

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра комп'ютерних наук

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
комп'ютерних наук,
кандидат технічних наук, доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

_____ Ірина МАШКІНА
(підпис, ім'я, прізвище)
« _____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Освітня програма 122.00.01 Інформатика

Тема: РОЗРОБКА 3D СЦЕНИ З ПЕРСОНАЖЕМ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ
АНІМАЦІЙНИХ І ІГРОВИХ ПРОЄКТІВ

Виконав

студент групи Інб1–21–4.0д

(шифр академічної групи)

Христенко Андрій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

(науковий ступінь, наукове звання)

СПІВАК С.М.

(прізвище, ініціали)

(підпис)

Київ — 2025

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра комп'ютерних наук

«Затверджую»
Завідувач кафедри
комп'ютерних наук,

(науковий ступінь, вчене звання)

_____ Ірина МАШКІНА
(підпис, ім'я, прізвище)
« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
«Розробка 3D–сцени з персонажем для реалізації
анімаційних та ігрових проєктів»

Виконавець — студент групи ІНб–1–21–4.0д,
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
освітньої програми 122.00.01 Інформатика
Христенко Андрій Володимирович

1. Вихідні дані: AVADA MEDIA містить інформацію про послуги дизайну 3D-персонажів. AGI Training пропонує навчальні курси та матеріали з 3ds Max, а Maxon є офіційним сайтом розробника 3D-програмного забезпечення. RizomUV присвячений інструментам для UV-розгортки 3D-моделей у реальному просторі, тоді як Adobe Substance 3D Painter описує програму для текстуровання 3D-моделей. Платформа Marmoset використовується для рендерингу та презентації 3D-моделей. В офіційному блозі Unreal Engine Blog розглядаються особливості ігрового движка Unreal Engine 4. Статті з Вікіпедії про жанр темного фентезі та про образ лицаря розкривають відповідну тематику в культурі та літературі. Публікація на LinkedIn авторства Alexis Lopez Lugo пояснює важливість етапу blocking у

3D-модельованні. Ресурс Professional 3D Services роз'яснює різницю між high poly та low poly 3D-моделями, а Autodesk описує процес ретопології як спосіб оптимізації моделей. Adobe HelpX роз'яснює техніку baking текстур, а також системні вимоги для програм Substance 3D Painter. Окремі системні вимоги наведені для 3ds Max 2025 (Autodesk), ZBrush (Maxon), Marmoset, а також для ігрового движка Unreal Engine 4.27 від Epic Games.

2. Основні завдання: Дослідити процес створення 3D–персонажів та 3D–сцен, а також, розглянути етапи створення 3D–об'єктів для реалізації анімаційних і ігрових проєктів. Дослідити та проаналізувати програмні засоби для реалізації кожного етапу створення 3D–об'єктів для анімаційних і ігрових проєктів. Створити 3D–модель персонажу та підготувати її для анімації та експорту у ігровий рушій Unreal Engine 4. Розробити 3D–сцену з персонажем у середовищі ігрового рушія Unreal Engine 4 для реалізації анімаційних та ігрових проєктів
3. Пояснювальна записка: *Обсяг — до 45 стор. формату А4 комп'ютерного набору з дотриманням вимог стандарту і методичних рекомендацій кафедри.*
4. Графічні матеріали: *Презентація, розроблена 3D–модель персонажу, Розроблена 3D–схема, Відео презентація моделі.*
5. Додатки: *поетапна розробка елементів моделі.*
6. Строк подання роботи на кафедру: «___» _____ 2025 р.

Науковий керівник

Кандидат педагогічних наук__

_____ СПІВАК С.М.

_____ дата

Виконавець:

Христенко А.В.

_____ дата

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня бакалавра: 44 стор., 7 табл., 20 рис., 19 джерел.

Мета роботи — дослідити процеси та етапи створення 3D-персонажів та 3D-сцен, створити 3D-модель персонажу та підготувати її для анімації та експорту у ігровий рушій Unreal Engine 4, а також, розробити 3D-сцену з персонажем у середовищі ігрового рушія Unreal Engine 4 для реалізації анімаційних та ігрових проєктів.

Об'єкт дослідження — процеси та етапи створення 3D-персонажів та 3D-сцен, з подальшою їх анімацією та експортом у ігровий рушій Unreal Engine 4, для реалізації анімаційних та ігрових проєктів.

Предмет дослідження — розробка 3D-сцени з персонажем для реалізації анімаційних та ігрових проєктів

Актуальність дослідження — Ігрова і анімаційна індустрії все частіше переходять з 2D об'єктів і персонажів на 3D аналоги, адже це вразі полегшує процес роботи з ними і є просто більш дешевим при тому не менш якісним варіантом. Сфера 3D постійно розвивається і адаптується до сучасних вимог користувача надаючи все більш якісну і реалістичну картинку. Також постійно створює нові і адаптує старі програми для створення 3D-об'єктів, все щоб зацікавити нових людей до себе у сферу. З цього можна вважати, що створення 3D-об'єктів, а саме персонажів і сцен є актуальною задачею яка буде затребувана найближчими роками.

Завдання роботи — Дослідити процес створення 3D-персонажів та 3D-сцен, а також, розглянути етапи створення 3D-об'єктів для реалізації анімаційних і ігрових проєктів. Дослідити та проаналізувати програмні засоби для реалізації кожного етапу створення 3D-об'єктів для анімаційних і ігрових проєктів. Створити 3D-модель персонажу та підготувати її для анімації та експорту у ігровий рушій Unreal Engine 4. Розробити 3D-сцену з персонажем у

середовищі ігрового рушія Unreal Engine 4 для реалізації анімаційних та ігрових проєктів.

Короткий зміст роботи: Робота включає у себе дослідження етапів створення 3D-персонажів та 3D-сцен (створення high/low-poly моделі, ретопологія, UV-розгортка, запікання текстуровання, експорт моделі), програмні застосунки які використовують для створення 3D-персонажів і 3D-сцен (3ds MAX, ZBrush, Riom UV, Toolbag 5, MixAMO, Adobe Substance 3D Painter). Поетапне створення моделі 3D-персонажу. Після створення, модель було імпортовано у ігровий рушій Unreal Engine 4 в середині якого зроблено 3D-сцену з 3D-персонажем.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: 3D-моделювання, Blocking, Персонаж, Low poly, High poly, Retopology, UV-розгортка, Baking, Текстуровання, Substance Painter, ZBrush, 3ds Max, Рендеринг, Unreal Engine, Темне фентезі, Лицар.

ЗМІСТ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	1
ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА	2
РЕФЕРАТ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП	7
Чим 3D персонажі відрізняються від 2D	8
Основні переваги 3D–графіки:	8
1 ЕТАПИ СТВОРЕННЯ 3D ПЕРСОНАЖА	9
1.1 Етапи створення 3D сцен	10
Висновки розділу 1	11
2 ПРОГРАМИ, ЯКІ БУЛИ ДОСЛІДЖЕНІ ТА ВИКОРИСТАНІ	12
2.1 Список використаних програм	12
2.2 Глибокий аналіз програм	13
2.2.1 3ds MAX	13
2.2.2 ZBrush	14
2.2.3 RizomUV	16
2.2.4 Adobe Substance 3D Painter	19
2.2.5 Marmoset Toolbag5	20
2.2.6 Unreal Engine 4	21
Висновки розділу 2	23
3 СТВОРЕННЯ 3D–ПЕРСОНАЖА І 3D–СЦЕНИ	24
3.1 Концептуалізація та планування	24
3.1.1 Концепція	24
3.1.2 Планування	25
3.1.3 Програми для зберігання референсів PureRef	25
3.1.4 План роботи над 3D–моделью	26
3.2 Моделювання 3D–персонажу	27
3.2.1 High–poly	27
3.2.2 Low–poly	30
3.2.3 UV–Розгортка	31
3.2.4 Запікання	33
3.2.5 Текстурування персонажа	34
3.2.6 Вигляд моделі з різних програм	35
3.2.7 Rigg і анімація у Mixamo	37
Висновки розділу 3	38
4 ЕКСПОРТ МОДЕЛІ У ІГРОВИЙ РУШІЙ UNREAL ENGINE 4 ТА СТВОРЕННЯ 3D–СЦЕНИ	40
4.1 Експорт моделі	40

	8
4.2 Імпорт моделі у сцену — створення сцени	40
Висновки розділу 4	41
ВИСНОВКИ	42
-- Список джерел	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44

ВСТУП

Мета дослідження — дослідити процеси та етапи створення 3D–персонажів та 3D–сцен, створити 3D–модель персонажу та підготувати її для анімації та експорту у ігровий рушій Unreal Engine 4, а також, розробити 3D–сцену з персонажем у середовищі ігрового рушія Unreal Engine 4 для реалізації анімаційних та ігрових проєктів.

Об’єкт дослідження — процеси та етапи створення 3D–персонажів та 3D–сцен, з подальшою їх анімацією та експортом у ігровий рушій Unreal Engine 4, для реалізації анімаційних та ігрових проєктів.

Завдання дослідження:

1. Дослідити процес створення 3D–персонажів та 3D–сцен, а також, розглянути етапи створення 3D–об’єктів для реалізації анімаційних і ігрових проєктів.
2. Дослідити та проаналізувати програмні засоби для реалізації кожного етапу створення 3D–об’єктів для анімаційних і ігрових проєктів.
3. Створити 3D–модель персонажу та підготувати її для анімації та експорту у ігровий рушій Unreal Engine 4.
4. Розробити 3D–сцену з персонажем у середовищі ігрового рушія Unreal Engine 4 для реалізації анімаційних та ігрових проєктів.

Методи дослідження — Порівняння, аналіз.

Практичне значення — Оптимізація процесів розробки. У ході дослідження відпрацьовуються техніки створення моделей, освітлення, текстуровання й анімації, що дозволяє скоротити час і ресурси на виробництво аналогічних сцен у майбутньому. Детальний опис процесу створення персонажу і сцени може слугувати інструкціями (або елементами методики)

Галузь застосування — Геймдев, Мультиплікація.

Кваліфікаційна робота: 3D–сцена з 3D–персонажем для реалізації анімаційних і ігрових проєктів

Актуальність: Ігрова і анімаційна індустрії все частіше переходять з 2D об’єктів і персонажів на 3D аналоги, адже це вразі об’легшує процес роботи з

ними і є просто більш дешевим при тому не менш якісним варіантом. Сфера 3D постійно розвивається і адаптується до сучасних вимог користувача надаючи все більш якісну і реалістичну картинку. Також постійно створює нові і адаптує старі програми для створення 3D-об'єктів, все щоб зацікавити нових людей до себе у сферу. З цього можна вважати, що створення 3D-об'єктів, а саме персонажів і сцен є актуальною задачею яка буде затребувана найближчими роками.

Предмет: розробка 3D-сцени з персонажем для реалізації анімаційних та ігрових проєктів

3D-персонажі — це віртуальні істоти, що населяють вигадані світи комп'ютерних ігор та кіно всесвітів. Крім того, вони часто використовуються в рекламі бізнесу і своєю харизмою завойовують для брендів цілі армії шанувальників [1].

3D-сцени — це віртуальний простір у якому знаходяться 3D-об'єкти. Зазвичай базова 3D-сцена складається з трьох об'єктів: камера, 3D-об'єкт і штучне світло. Правильне налаштування яких дає бажану спостерігачем картинку.

Порівняння 2D і 3D-персонажів:

2D — це плоскі персонажі, що мають тільки ширину і висоту, а у 3D моделей додається третя характеристика — глибина. Тобто тривимірні зображення об'ємні, і їх можна подивитися з усіх боків.

Основні переваги 3D-графіки:

Можливість обертання — Модель 3D-персонажу можна розглянути під різними кутами: збоку, ззаду, зверху. У той час як двомірну картинку можна просто наблизити чи віддалити.

Швидкість налаштування — Готова модель легко піддається коригуванням, тому додавання нових функцій і можливостей не складе труднощів.

Свобода анімації — 3D-персонажами легко керувати. Вони вже змодельовані у тривимірному просторі, а отже їх не потрібно перемальовувати у різних позах, щоб зобразити рух [1].

1 ЕТАПИ СТВОРЕННЯ 3D ПЕРСОНАЖА

Концепція — є основою для подальшого розвитку проєкту. На цьому етапі здійснюється збір референсів, формулювання креативних ідей та створення попередніх ескізів. Замовнику пропонуються декілька візуальних варіантів персонажа, з яких обирається й затверджується остаточний ескіз майбутньої моделі. Після погодження базового зображення виконуються додаткові ілюстрації, що демонструють різні пози, міміку, елементи спорядження, одяг, кольорову палітру та інші візуальні характеристики. Ці матеріали також проходять етап узгодження із замовником.

Створення високополігональної (high-poly) моделі передбачає побудову максимально деталізованої цифрової скульптури персонажа. На цьому етапі відтворюються найдрібніші елементи зовнішності, оскільки подальше доопрацювання геометрії буде обмеженим. Процес створення high-poly моделі є трудомістким і тривалим; його тривалість значною мірою залежить від складності об'єкта.

Ретопологія (створення low-poly моделі) є критично важливою для інтеграції персонажа в ігрові або інтерактивні середовища. Оскільки моделі з мільйонами полігонів є надто ресурсоемними для реального часу, на основі первинної high-poly сітки створюється нова геометрія з оптимізованою кількістю полігонів. Це дозволяє забезпечити прийнятний рівень продуктивності при збереженні візуальної якості.

Розгортка UV-сітки — це процес трансформації тривимірної геометрії в площину для коректного накладання текстур. Особлива увага приділяється тим ділянкам моделі, які потребують високої деталізації — їм надається більше площі на UV-мапі.

Запікання текстур (baking) полягає в перенесенні інформації з деталізованої сітки на текстурну карту, яка може бути використана для low-poly

моделі. У цьому процесі геометричні та матеріальні властивості high-poly моделі зберігаються в 2D-зображеннях, що дозволяє значно полегшити візуалізацію.

Текстурування персонажа включає створення та накладання текстур, які надають моделі фотореалістичності. У цьому процесі застосовуються технології рельєфного відображення, зокрема Bump mapping, Normal mapping та Parallax Occlusion Mapping. Також використовується метод MIP-текстурування, який передбачає застосування декількох версій однієї текстури з різною роздільністю для підвищення ефективності рендерингу.

Такелаж (rigging) та скінінг (skinning) — завершальний етап підготовки моделі до анімації. Він передбачає створення скелетної структури (опорно-рухового каркасу) та прив'язку 3D-моделі до неї. Кількість кісток залежить від складності анімаційного задуму і може варіюватися від 20 до 100 і більше. [1]

1.1 Етапи створення 3D сцен

Наповнення сцени — на цьому етапі додаються усі складови сцени, це можуть бути: 3D-персонажі, 3D-об'єкти середовища, текстури, анімації. Усі вони розміщуються і налаштовуються в залежності від того як мають бути предсавленні (статична сцена, сцена з рухом).

Налаштування світла — важливий етап при створенні 3D-сцен. Під час нього перевіряється коректність роботи normal-maps (карт імітації освітлення) реакція текстур моделі на різні види освітлення, але головне це презентація самої моделі, адже правильно налаштоване світло, може “оживити” навіть не саму реалістичну модель, або передати певне емоційне становище в залежності від відтінку. Тож головною задачею цього етапу є бажаний вигляд відповідної сцени.

Налаштування камери — у різних програмних застосунках цей етап відрізняється проте не змінює свій принцип. У статичній сцені камера фіксується, або автоматично самою програмою, або вручну користувачем. Під час динамічних

сцен де використовуються рух у просторі, камері задають або ключові точки, або шлях який вона проходить відповідно до timeLine-ну.

Висновки розділу 1

У результаті опрацювання першого розділу було проведено комплексний теоретичний аналіз процесу створення 3D-персонажів і 3D-сцен, що є основою для анімаційних та ігрових проєктів. Розглянуто сутність тривимірної графіки, її відмінності від двовимірної (2D) графіки, а також визначено переваги 3D-моделювання, серед яких — реалістичність візуалізації, гнучкість роботи з об'єктами та можливість їх повторного використання. Досліджено логіку побудови 3D-персонажа, що включає послідовні етапи: створення концепції, blocking (базове формування об'єму), high-poly моделювання, low-poly, ретопологію, UV-розгортку, запікання текстурних карт, текстурування, ригінг, скінінг та анімацію. Також проаналізовано типову структуру 3D-сцени, її складові компоненти та роль освітлення, матеріалів і камер у формуванні візуального простору. Розділ сформував теоретичне підґрунтя для реалізації практичної частини дослідження, дозволивши усвідомити взаємозв'язок між етапами виробництва та засобами їх реалізації в цифровому середовищі.

2 ПРОГРАМИ, ЯКІ БУЛИ ДОСЛІДЖЕНІ ТА ВИКОРИСТАНІ

2.1 Список використаних програм

- Створення high-poly моделі — Zbrush, 3ds Max
- Ретопологія — 3ds Max
- Розгортка — RizomUV
- Текстурування персонажа — Adobe Substance 3D Painter
- Такелаж та скінінг персонажа — Mixamo (Adobe)
- Створення 3D-сцени / імпорт у ігровий рушій — Unreal engine4

Див [Таб. 2.1.]

Таблиця 2.1

Список використаних програм

Назва програми	Використано для етапу	Короткий опис
ZBrush, 3ds Max	Створення high-poly моделі	Використовуються для високополігонального моделювання персонажів і об'єктів.
3ds Max	Ретопологія	Застосовується для створення оптимізованої топології моделей. Low-poly
RizomUV	Розгортка	Програма для створення UV-розгортки для подальшого текстурування.
Toolbag 5	Запікання	Програма для запікання high-poly на low-poly
Adobe Substance 3D Painter	Текстурування персонажа	Дає змогу малювати текстури безпосередньо на 3D-моделі з реалістичними ефектами.
Mixamo (Adobe)	Такелаж та скінінг персонажа	Автоматизує створення скелета та прив'язку моделі для анімації.
Unreal Engine 4	Створення 3D-сцени / Імпорт у рушій	Ігровий рушій для створення інтерактивного 3D-середовища з анімацією.

2.2 Глибокий аналіз програм

2.2.1 3ds MAX

3ds Max — це програмне забезпечення для 3D-моделювання, анімації, візуалізації та візуалізації, яке використовується для створення 3D-активів для ігор, фільмів, архітектурних і дизайнерських проєктів. Він розроблений і продається компанією Autodesk і дозволяє користувачам створювати детальні 3D-моделі, анімувати об'єкти та персонажів, а також створювати фотореалістичні візуалізації для широкого спектру використання, від відеоігор до архітектурної візуалізації. 3ds Max пропонує набір інструментів для моделювання твердих поверхонь, текстурювання та візуалізації, що робить його популярним програмним забезпеченням для архітекторів, інженерів і дизайнерів продуктів. Його потужні механізми візуалізації, такі як Arnold і V-Ray, і розширені можливості моделювання дозволяють користувачам створювати надзвичайно реалістичне середовище та анімацію. [2]

3ds Max широко використовується в архітектурі, дизайні продуктів та іграх. Архітектори та дизайнери використовують його для створення детальних моделей будівель, інтер'єрів і продуктів, тоді як розробники ігор використовують його для проєктування та анімації активів, таких як персонажі та середовище. Механізми візуалізації 3ds Max дозволяють користувачам створювати фотореалістичні зображення, що робить його критичним інструментом у процесі попередньої візуалізації для архітектурних фірм і дизайнерських агентств. Крім того, 3ds Max використовується в деяких секторах кіно- та телеіндустрії для VFX і анімації, зокрема під час створення статичних середовищ або об'єктів. [2]

Ключові функції 3ds Max

1. Інструменти моделювання: 3ds Max чудово підходить для моделювання твердих поверхонь, що робить його ідеальним для створення таких об'єктів, як будівлі, транспортні засоби та інші механічні конструкції.
2. Стек модифікаторів: цей інструмент неруйнівного редагування дозволяє користувачам застосовувати зміни до моделі, не змінюючи остаточно базовий об'єкт. Стек модифікаторів дозволяє користувачам повернутися до попередніх етапів процесу проєктування, що робить його дуже гнучким.

3. Інтеграція механізму візуалізації: 3ds Max інтегрується з такими популярними механізмами візуалізації, як V-Ray, Arnold і Corona, які дозволяють користувачам створювати високоякісні фотореалістичні зображення.
4. Сценарії та автоматизація: 3ds Max підтримує MAXScript, мову сценаріїв, яка дозволяє користувачам автоматизувати повторювані завдання та створювати власні інструменти для оптимізації робочого процесу.
5. Інструменти анімації: 3ds Max надає базові можливості анімації та налаштування персонажів за допомогою CAT (Character Animation Toolkit), який підходить для простішої анімації. [2]

Причиною використання — на даний момент програмне забезпечення від Autodesk 3ds MAX є одним з провідних фаворитів затребуваних серед роботодавців.

Мінімальні системні вимоги — Див [Таб. 2][14].

Таблиця 2.2

Мінімальні системні вимоги 3ds MAX

Операційна система	Microsoft Windows 10, версія 1809 або вище. Microsoft Windows 11
CPU	64-bit Intel or AMD multi-core processor with SSE4.2 instruction set
GPU	DirectX 11-сумісна відеокарта з мінімум 4 ГБ відеопам'яті
RAM	Мінімум 4 ГБ оперативної пам'яті (рекомендовано 8 ГБ або більше)
Місце на диску	9 ГБ вільного місця на диску для встановлення
Вказівний пристрій	Миша

2.2.2 ZBrush

Maxon ZBrush — це відзначений премією «Оскар» і провідний інструмент для цифрової скульптури, моделювання та малювання. Його настроювані інструменти та функції, включаючи понад 200 власних пензлів, дозволяють працювати з багатокутниками так само, як із справжньою глиною. [3]

ZBrush — це цифрове програмне забезпечення для ліплення, моделювання та малювання, яке використовується для створення високодеталізованих 3D-моделей. Він пропонує плавні, інтуїтивно зрозумілі функції, які дозволяють моделювати 3D-форми так само, як ліпити зі справжньої глини. Інтуїтивно зрозуміла система пензлів, яку люблять 3D-художники та індустрії в усьому світі, адаптується до вашого стилю, дозволяючи вам творити з точністю та контролем. [3]

ZBrush — це провідний інструмент для цифрового ліплення, який активно використовують у різних творчих індустріях. У розробці ігор ZBrush дозволяє створювати високодеталізовані персонажі, об'єкти та середовища — від концепт-арту до ігрових ресурсів і промо-матеріалів. У сфері 3D-друку він дає змогу моделювати складні форми з урахуванням опорних структур, що забезпечує якісний друк. У промисловому дизайні ZBrush використовують для точного моделювання виробів — від ювелірних прикрас до компонентів техніки. Крім того, ZBrush широко застосовується у візуальному дизайні: для створення реалістичних моделей, ефектів, концепт-артів та наукових візуалізацій.

Ключові функції ZBrush

1. **Dynamic Sculpting Brush System** — Пропонує природні відчуття, схожі на пензлі, для цифрових художників із широко налаштованими пензлями, які забезпечують як творчу гнучкість, так і точність. Легко формуйте все, від дрібних деталей до яскравих текстур, завдяки реалістичній чутливості до тиску.
2. **Dynamesh** — Інструмент, який функціонує як цифрова глина. Це забезпечує швидкий і творчий дизайн із гладкими поверхнями та деталями. Розширюйте свій дизайн вільно, не турбуючись про структуру моделі.
3. **PolyPaint** — Легке фарбування на високоякісній поверхні без складної підготовки, такої як текстурування чи УФ-картування.
4. **Live Boolean** — Дозволяє миттєво переглядати та коригувати зміни між моделями. Відрегулюйте будь-яку частину на сітці та побачите, як це миттєво вплине на вашу модель перед виготовленням.
5. **Червоне зміщення в ZBrush** — Створюйте приголомшливі візуалізації без потреби у зовнішньому програмному забезпеченні чи тривалих процесах експорту й імпорту. Продемонструйте реалістичне освітлення, матеріали та візуальні ефекти у своїй 3D-візуалізації.

6. ZModeler — Трансформує багатокутне моделювання за допомогою унікального раціоналізованого підходу. Почніть із простих форм коробок і створюйте складні 3D–моделі без зусиль. [3]

Причини використання — більш гнучка і динамічна робота з полігональною сіткою моделі, що дозволила виправити помилки утворенні під час етапу “блокінгу”. Дозволило перевірити якість наявних текстурних карт завдяки вбудованим матеріалам та можливості оглянути модель з вже накладеними текстурами у сцені з вільною камерою і штучним освітленням.

Мінімальні системні вимоги — Див [Таб. 3][15].

Таблиця 2.3

Мінімальні системні вимоги ZBrush

Операційна система	64–розрядні версії Windows 10 або 11. (32–розрядні операційні системи більше не підтримуються.)
CPU	64–розрядний процесор Intel або 64–розрядний процесор AMD.
GPU	Повинна підтримувати OpenGL 3.3 або вище та Vulkan 1.1 або вище.
RAM	4 ГБ (настійно рекомендується 6+ ГБ).
Місце на диску	20 ГБ вільного місця на жорсткому диску для ZBrush та його робочого диска.
Вказівний пристрій	Миша або планшет, сумісний з Wacom (WinTab API).

2.2.3 RizomUV

RizomUV Real Space — це програмне забезпечення для створення UV–розгортки, розроблене для професіоналів у сферах 3D–моделювання, промислового дизайну, архітектури та прототипування. Воно дозволяє створювати точні UV–розгортки з урахуванням реальних масштабів, фізичних розмірів і властивостей матеріалів об’єктів. [4]

RizomUV Real Space оптимізований для галузей, де критично важливими є реальні вимірювання, таких як проєктування продуктів, архітектура та виробництво, де точність і масштаб відіграють ключову роль. Натомість RizomUV Virtual Spaces орієнтований на галузі, пов’язані з іграми, візуальними ефектами

(VFX) та анімацією, де UV–розгортка відбувається у віртуальному середовищі без урахування фізичних розмірів. [4]

RizomUV Real Space спеціально розроблений для створення UV–карт, які служать орієнтирами для реальних об'єктів. На відміну від RizomUV Virtual Spaces, що адаптує UV–координати до стандартного квадрату, не зберігаючи фактичних розмірів об'єкта, Real Space підтримує справжні габарити та масштаб об'єкта в UV–просторі. Це надзвичайно важливо для виробництва, друку та інших сфер, де необхідне точне масштабування. [4]

Наприклад, якщо розгортати площину розміром 4×4 метри в RizomUV Virtual Spaces, програма зменшить її до 1×1 метра у UV–просторі. Це спотворює реальний масштаб об'єкта, що неприйнятно для застосувань у реальному світі. Натомість RizomUV Real Space залишить площину розміром 4×4 метри в UV–просторі, що гарантує правильне накладення текстур, візерунків або позначень і точне відображення пропорцій фізичного об'єкта. [4]

Ключові функції Rizom UV

Розгортання (Flattening)

Незалежно від того, чи працюєте ви зі складною сіткою або моделлю, яка містить нечотирикутні полігони, RizomUV залишається стійким. Він здатен швидко розгортати моделі з понад мільйоном полігонів за лічені секунди, враховуючи реальні розміри об'єкта, створюючи ідеально плоскі, не перекриваючіся UV–карти.

Якщо модель складається з кількох частин (островів), RizomUV ефективно та швидко розмістить їх у виділеному UV–просторі.

Аналіз розтягування (Stretch Analysis)

Real Space використовує передові алгоритми, подібні до методу скінченних елементів, для створення UV–карт із мінімальним розтягуванням. Для розгортних поверхонь розтягування відсутнє, а для криволінійних поверхонь — воно зведене до мінімуму.

Ми ретельно розробили карту теплового розтягування (stretch heat map), яка точно відповідає вашим вимогам. Real Space точно виявляє та показує зони нейтрального розтягування — де довжини в 3D-моделі відповідають довжинам у UV-просторі. Якщо є будь-яка розбіжність між 3D та UV-представленням елемента, вона відображається миттєво й може бути точно виміряна за допомогою теплової карти або шкали розтягування (stretch bar).

Обмеження (Constraints)

Надання UV без розтягування не завжди відповідає потребам проєкту. У деяких випадках необхідно мінімізувати розтягування, дотримуючись певних умов, наприклад: фіксація вершин у певних точках, орієнтація чи вирівнювання ребер.

RizomUV має всі необхідні інструменти для цього: горизонтальне/вертикальне вирівнювання, вирівнювання з розривами, жорстке та м'яке закріплення вершин (pinning).

Пакування (Packing)

RizomUV застосовує передові методи оптимізації розташування UV-островів у заданому просторі. Цей простір може мати відкриті або закриті межі, що дозволяє симулювати фізичні обмеження та форми, наприклад, аркуші або стрічки.

Ви можете заблокувати положення та орієнтацію окремих островів, щоб алгоритм пакування розмістив решту навколо них, або згрупувати кілька островів для складніших макетів. Також повністю налаштовуються параметри відступів (padding) і полів (margin), що дозволяє адаптувати їх до ваших вимог.

Експорт (Export)

Real Space підтримує імпорт полігональних сіток у форматах OBJ, FBX та USD.

Результати розгортання можна експортувати як у растрових, так і у векторних форматах. Контури UV можна експортувати у формати DXF та PostScript, а растрові UV — у BMP, PNG, JPG і TIFF.

Класичні формати, обмежені 32-бітовими offset-ами, мають ліміт 4 ГБ (65 535×65 535 пікселів), що може створювати проблеми. RizomUV Real Space долає ці обмеження завдяки підтримці формату BigTIFF, що дозволяє створювати надвеликі зображення — особливо корисно для лазерного текстурювання та інших високоточних виробничих процесів.[4]

Причина використання — Дуже зручний, функціональний вузьконаправлений софт спеціалізований під етап “розгортки”. Має дуже зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволив швидко виконати поставлену задачу.

Мінімальні системні вимоги — Див [Таб. 4][4].

Таблиця 2.4

Мінімальні системні вимоги Rizom UV

Операційна система	Windows 10 / 11 — (64-розрядна)
CPU	64-розрядний процесор Intel або 64-розрядний процесор AMD.
GPU	Відеокарта з 2 ГБ відеопам'яті DirectX V.11
RAM	4 ГБ оперативної пам'яті
Місце на диску	150–300 МБ місця на диску після встановлення
Вказівний пристрій	Миша

2.2.4 Adobe Substance 3D Painter

Substance 3D Painter — це програмне забезпечення для 3D-малювання, яке дозволяє користувачам текстурувати та додавати матеріали безпосередньо до 3D-сіток у режимі реального часу. Для порівняння, Substance 3D Designer — це переважно програмне забезпечення для створення матеріалів, яке генерує текстури з процедурних шаблонів у графах на основі вузлів. [5]

Ключові функції Substance 3D Painter

1. Потужний рушій фарби — Малюйте за допомогою динамічних пензлів, інструментів проекції, частинок, у тому числі стилів пензля Photoshop.

2. Розумні маски та матеріали — Застосуйте реалістичні деталі поверхні, від тонкого напилення до надзвичайного зношення та багато іншого.
3. Удосконалене створення матеріалів — імітація поведінки матеріалів у реальному світі, таких як блиск, анізотропія, прозоре покриття, розсіювання під поверхнею тощо.
4. Простий експорт — легко експортуйте в будь-який рендерер або ігровий движок. Створюйте власні стилі експорту, щоб вставити Painter у ваш тривимірний проєкт.
5. Піктограма — Автоматичні UVs — Імпортні моделі не потребують особливої підготовки до текстурування.
6. Підтримка VFX — Painter підтримує мультитайлове малювання (UDIMS), Alembic, импорт з камери та сценарії Python і сумісний із довідковою платформою VFX.

Причина використання — Зручна робота з матеріалами, їх створення та налаштування, велика бібліотека готових матеріалів. Інсталяція та налаштування текстурних карт. Огляд моделі у вікні програми та якісний рендерінг у сцені з текстурами і штучним освітленням.

Мінімальні системні вимоги — Див [Таб. 5][16].

Таблиця 2.5

Мінімальні системні вимоги Substance 3D Painter

Операційна система	Windows 10 64-розрядна версія Версія 22H2
CPU	Intel Core i5 AMD Ryzen 5
GPU	NVIDIA GeForce RTX 2060 Super
RAM	16 GB
Місце на диску	SSD з 30 ГБ доступного простору
Вказівний пристрій	Миша

2.2.5 Marmoset Toolbag5

Marmoset Toolbag — це комплексне творче програмне забезпечення для 3D-художників. Створюйте передове мистецтво для ігор, фільмів, продуктів тощо за допомогою провідного в галузі механізму обробки текстур Toolbag, інтуїтивно зрозумілих інструментів текстурування та малювання, а також фізично точних засобів рендерінгу з трасуванням променів і растру [6]

Ключові функції Toolbag5

1. EDIT — Працюйте з комфортом у зручному для вас інтерфейсі, використовуючи легкий та зручний редактор Toolbag.
2. BAKE — Випікайте широкий спектр карт з високою точністю завдяки блискавично швидкому режиму реального часу Toolbag.
3. TEXTURE — Малюйте фізично точні матеріали та використовуйте інтуїтивно зрозумілі інструменти текстурування в проєктах текстурування Toolbag.
4. RENDER — Створюйте захопливі рендери з високою швидкістю, використовуючи потужні рішення Toolbag для рендерингу.
5. LIBRARY — Отримайте доступ до світу безкоштовного контенту завдяки вбудованій бібліотеці Toolbag — матеріали, текстури, кисті та багато іншого!
6. VIEWER — Експортуйте, завантажуйте та діліться інтерактивними сценами Toolbag за допомогою переглядача Marmoset, що працює на WebGL. [6]

Причина використання — Вдобний у використанні інструмент з вбудованою функцією “запікання моделі” що дозволило швидко зробити нову текстурну карту для Low-poly моделі.

Мінімальні системні вимоги — Див [Таб. 6] [17].

Таблиця 2.6

Мінімальні системні вимоги Toolbag5

Операційна система	Windows 10 версії 22H2
CPU	64-розрядний процесор Intel або AMD
GPU	виділений графічний процесор із сумісністю з DirectX 12 (DX12)
RAM	8 GB
Місце на диску	10 ГБ місця на SSD
Вказівний пристрій	Миша

2.2.6 Unreal Engine 4

Unreal Engine 4 (UE4) — це високопродуктивний ігровий рушій, розроблений компанією Epic Games, що забезпечує повний цикл створення інтерактивного 3D-контенту. Рушій базується на мові програмування C++ та має вбудовану систему візуального програмування Blueprints, яка дозволяє створювати ігрову логіку без написання коду. UE4 відзначається високою якістю графіки,

реалістичними фізичними моделями, широким інструментарієм для художників, дизайнерів та програмістів, а також підтримкою розробки для різних платформ.

Unreal Engine 4 широко застосовується у сферах, де потрібна високоякісна 3D-візуалізація, інтерактивність та симуляція. До таких галузей належать розробка відеоігор, архітектурна та інженерна візуалізація, кіновиробництво, промисловий і продукт-дизайн, а також освітні технології. У цих напрямках рушій використовується для створення віртуальних середовищ, реалістичних симуляцій, навчальних систем, візуальних ефектів, презентаційних матеріалів і прототипів, що вимагають високого рівня деталізації та динаміки.

Ключові функції Unreal Engine 4

1. Blueprints — система візуального програмування, що дозволяє створювати ігрову логіку без залучення програмного коду.
2. Cascade / Niagara — інструменти для створення та керування системами частинок і візуальних ефектів.
3. Material Editor — вузловий редактор для створення складних фізично коректних матеріалів.
4. Реалістичне освітлення — підтримка глобального освітлення, фізично коректної симуляції світла, тіней та трасування променів у реальному часі.
5. Фізичний рушій PhysX — забезпечує реалістичну симуляцію взаємодії об'єктів у тривимірному середовищі.
6. Sequencer — інструмент для створення анімацій, кат-сцен і кінематографічного контенту.
7. Інструменти для створення ландшафтів — можливість побудови великих відкритих просторів із застосуванням генерації рослинності.
8. VR/AR підтримка — інтегровані засоби для створення продуктів віртуальної та доповненої реальності.
9. Кросплатформеність — підтримка розробки для різних операційних систем і апаратних платформ, зокрема Windows, Linux, Android, iOS, PlayStation, Xbox та інших. [7]

Причина використання — було використано старішу модель через несумісність мого ПК з більш новою версією через високих системних потреб. Тому використано старішу версію як Альтернативу.

Мінімальні системні вимоги — Див [Таб. 7] [18].

Мінімальні системні вимоги Unreal Engine 4

Операційна система	Windows 10 64-bit
CPU	Чотириядерний процесор Intel або AMD, 2,5 ГГц або швидше
GPU	Відеокарта, сумісна з DirectX 11 або DirectX 12
RAM	8GB
Місце на диску	25–40GB залежно від комплектації
Вказівний пристрій	Миша

Висноки розділу 2

У другому розділі було здійснено системний аналіз інструментів, які застосовуються для реалізації кожного етапу створення 3D-персонажа та сцени в межах сучасного виробничого процесу. Розглянуто функціональні можливості, технічні особливості та доцільність використання програмного забезпечення ZBrush (для скульптингу високополігональних моделей), 3DS Max (для базового моделювання), RizomUV (для створення UV-розгортки), Adobe Substance 3D Painter (для текстурювання та запікання карт), Mixamo (для автоматичного ригінгу та анімації), Marmoset Toolbag (для перевірки результатів запікання та візуалізації) і Unreal Engine 4 (як кінцевого середовища для інтеграції об'єктів і побудови сцени). Окремо проаналізовано вимоги до апаратної частини ПК, ключові функції програм, сфери у яких застосовуються ці програми. Проведене дослідження дозволило сформулювати ефективний технологічний pipeline, визначити взаємозв'язок між інструментами та закласти основу для їх послідовного використання на практичному етапі.

3 СТВОРЕННЯ 3D–ПЕРСОНАЖА І 3D–СЦЕНИ

3.1 Концептуалізація та планування

Концепція — це фундамент майбутнього проєкту. На цьому етапі збираються референси, висуваються ідеї та створюються попередні ескізи. У результаті замовник отримує кілька варіантів того, як може виглядати проєкт, і з ним затверджується ескізи майбутньої моделі.

Планування — на цьому етапі групуються усі надбані референси проєкту у єдину картину, після чого робота ділиться на етапи. Для кожного з них розставляються дедлайни для їх виконання. Також визначається перелік програм та інструментів які буде використано для реалізації. Це потрібно для легшого моніторингу прогресу, розуміння аспектів виконавчої частини і полегшення ґрунтування звітних даних.

3.1.1 Концепція

Ідея і ключові слова:

Ідея персонажу: лицар у сетінгу Dark Fantasy.

Ідея 3D–сцени примітивний перевал персонажу.

Пояснення ключових слів:

“Dark Fantasy — Dark Fantasy (укр. темне фентезі) — це піджанр фентезійної літератури, кінематографа та інших форм мистецтва, який поєднує традиційні елементи фентезі з похмурою, часто песимістичною атмосферою, що притаманна жахам та готичній естетиці. На відміну від класичного героїчного фентезі, де домінують мотиви добра, надії та перемоги, dark fantasy фокусується на морально амбівалентних персонажах, внутрішніх конфліктах, темних сторонах людської природи, а також зображенні світу як жорстокого, трагічного або навіть приреченого.” [8]

“Лицар — це узагальнений образ озброєних воїнів, що є уособленням певної системи морально–етичних норм, військової доблесті та соціальної ієрархії в художніх, міфологічних та культурних наративах. У науковому контексті поняття «лицар» виходить за межі суто історичного феномена та розглядається як

культурно–семіотичний символ, що поєднує риси воїна, захисника, служителя ідеалів честі, вірності й обов’язку.” [9]

Джерела які використовувались для пошуку референсів:

- Google Photos — універсальний інструмент для пошуку зображень, зокрема референсів 3D персонажів з різних сайтів.
- Pinterest — візуальна платформа з добірками референсів, концептів і натхнення для 3D персонажів.
- DeviantArt — спільнота художників, де можна знайти авторські концепти та ілюстрації 3D персонажів.
- ArtStation — професійна платформа для митців, що пропонує високоякісні концепти та рендери 3D персонажів.
- Sketchfab — онлайн–галерея 3D–моделей, де можна переглядати персонажів у режимі 360°.
- TurboSquid — маркетплейс готових 3D–моделей, який можна використовувати для референсів і вивчення деталей.

3.1.2 Планування

3D–Персонаж: (Dark fantasy Лицар).

Аксесуари: обладунки, меч, шарф, одяг, взуття.

3D–Сцена: Перевал пригодників.

Довкілля: Багаття, трава, коробки.

Етапи планування створення 3D–персонажу і 3D–сцени:

1. Поділити модель персонажу на складові працюючи над ними окремо, але в середовищі однієї сцени.
2. Створити 3D–модель персонажу. Підготувати її до анімації і експорту.
3. Створити 3D–сцену з довкіллям у середовищі ігрового рушія з використанням додаткових асетів і імпортованої моделі персонажу створену протягом роботи.

3.1.3 Програми для зберігання референсів PureRef

PureRef — це програма для зручного розміщення, організації та перегляду референсів у середовищі однієї інтерактивної дошки. Окрім розміщення і

збереження зображень у високій якості, є можливість робити нотатки і планування.

Цю програму в нашому дослідженні було використано для створення дошки референсів з додатковими нотатками у яких було розписано ключові етапи створення оснащення 3D-персонажу. Скріншот з програми надано нижче [рис 3.1]

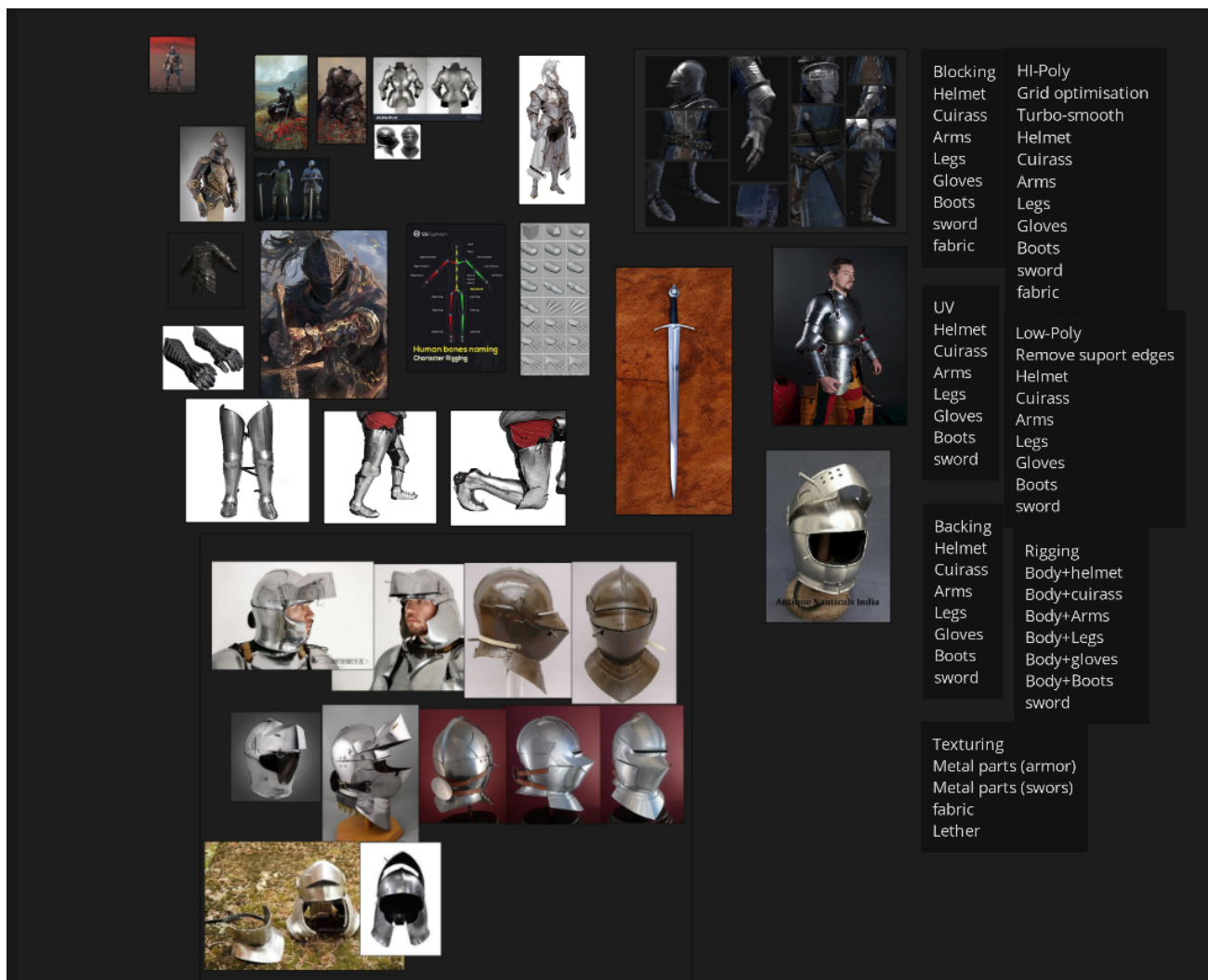


Рисунок 3.1. Інтерактивна дошка референсів у програмі PureRef

3.1.4 План роботи над 3D-моделью

Модель персонажу поділено на такі складові:

Обладунок:

- Голова:
Шолом: каска, верхнє / середнє / нижнє забрало, горжет.

- Тулуб:
Кіраса(Cuirass), гамбесон (Gambeson), Кольчуга (Chainmail).
- Руки:
Наплічники (Pauldrons), ручні плити (Rerebraces), Налокітники (Elbow ceps), Поножі (Vambraces) — захист передпліччя. Рукавиці (Gauntlets) — захист кистей і пальців.
- Ноги:
Ку́аси (Cuisses), Наколінники (Poleyns), Гомілкові щитки (Greaves), Сабатони (Sabatons), штані, черевики.

Акcesуари: Меч, шарф, пояс, пластини та інша деталізація.

Кожна зазначений обладунок і акcesуар проходили наступні етапи створення 3D–моделі:

- Blocking — Формування основної форми.
- High–poly — Додавання деталей, згладжування.
- Remesh — Виправлення нормалей.
- Low poly — Спрощена копія моделі для запікання і подальшої анімації.
- UV — розгортка — Створення UV–map для накладення текстур.
- Запікання — Створення High–poly текстури для Low–poly моделі.

Примітки: кожен з цих етапів виконувався паралельно для кожної частини моделі. Високополігональні частини моделі: шарф, рукавиці, кольчуга виконувались окремо. Етапи: Rigging і Animation виконуються після створення усіх частин моделі.

Детальний опис кожної частини розписано у додатках (див у додатках А), надалі усі етапи буде узагальнено і продемонстрував загальний результат кожного етапу, або його проміжну частину.

3.2 Моделювання 3D–персонажу

3.2.1 High–poly

High–poly — це 3D–об'єкт з великою кількістю полігонів, що дозволяє досягти високого рівня деталізації. Полігони, подібно до частин пазлу, об'єднуються в полігональну сітку для створення повноцінної 3D–фігури. Збільшення кількості полігонів дозволяє додавати більше деталей та особливостей до моделі, забезпечуючи високу візуальну точність. [11]

Блокінг (Blocking) — у 3D-моделюванні є критичним етапом, на якому встановлюються основні форми, зосереджуючись на пропорціях і силуеті, а не на деталях. Цей процес служить попереднім ескізом моделі, забезпечуючи структуру для вдосконалення та надбудови. [10]

Оскільки ключові деталі персонажу Dark Fantasy лицар не є органічними більшу частину роботи було створено у 3ds MAX [Рис. 3.2]. Більшість частин обладунку було створено наступним чином Box > Convert To Editable Poly > Edges > “Delete half” > Modifier: Symmetry (створено симетричний бокс в якого можна корегувати підоб’єкти: (vertex/ edge /polygon) > “процес створення моделі” > Swift Loop (додавання support edge) > Modifier Turbosmooth (згладжування).

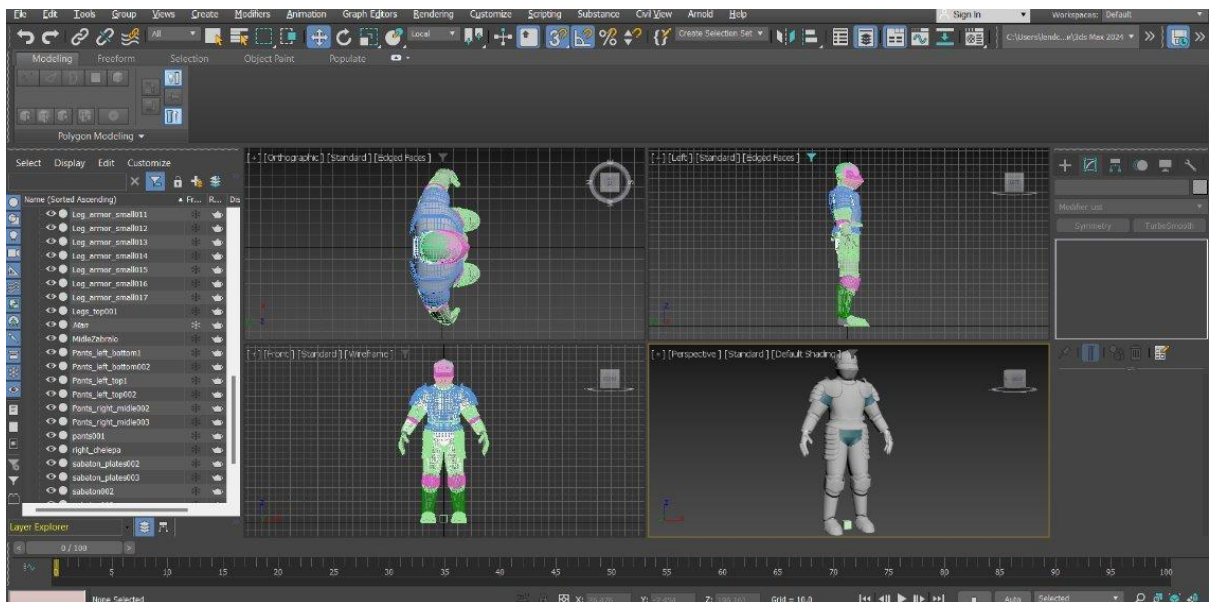


Рисунок 3.2. Скріншот моделі у середовищі 3ds-max на етапі blocking (без згладжування)

Створення Кольчуги: Кольчуга створена за допомогою функції *nanomesh*, яка нанесена на полігони основи, що розміщує задалегідь створений меш. Результатом цього є створена високодеталізована модель кольчуги [Рис. 3.3.].



Рисунок 3.3. Деталізована кольчуга створена за допомогою Array

Створення Шарфу — Шарф створений з боксу, який після dynamesh був підлаштований під шию лицаря та для більшої реалістичності пропущений через симуляцію тканини та dynamics [3.4.]

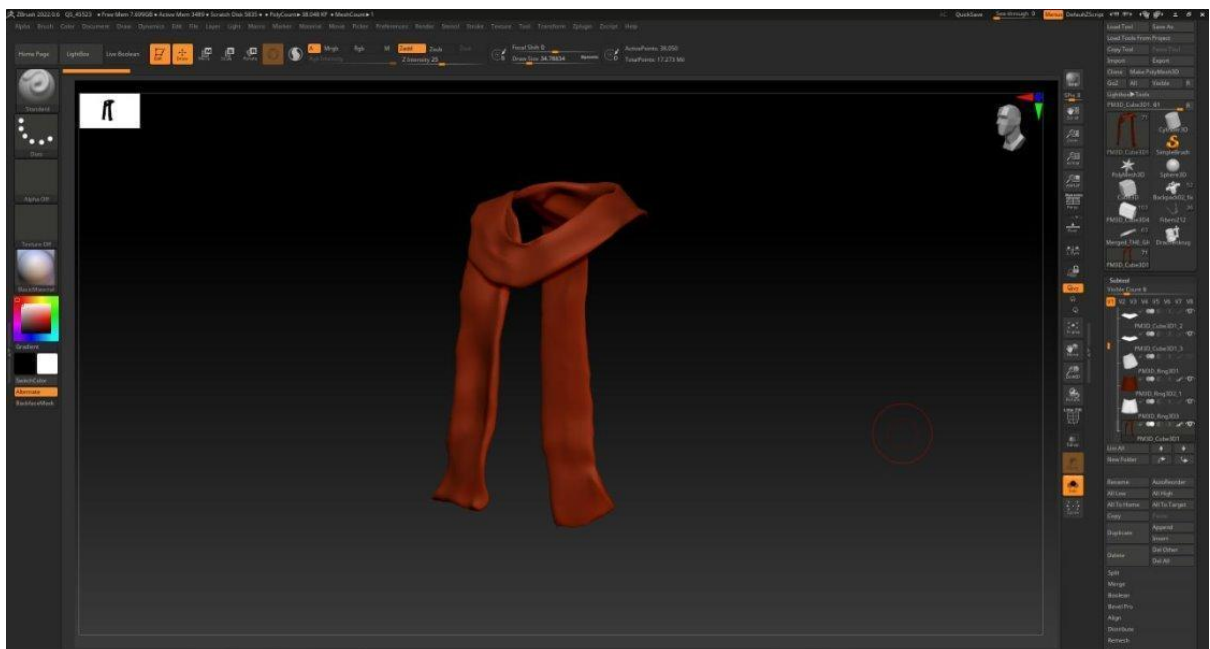


Рисунок 3.4. Створення шарфу симуляцією тканини

Скульптинг (Sculpting) — Спосіб створення 3D моделей за концепцією схожою на створення речей із глини, основні інструменти цієї техніки- це нарощування полігонів, згладжування, піддатливість моделі.

Цю техніку було використано для редагування моделі створеної після blocking для того щоб згладити контур моделі, та придати їй більш реалістичний вигляд. Для цього було використано інструменти іншого програмного застосунку ZBrush [Рис. 3.5.-3.7.]



Рисунок 3.5-3.6. порівняння моделі blocking з high-Poly версією у ZBrush після згладжування

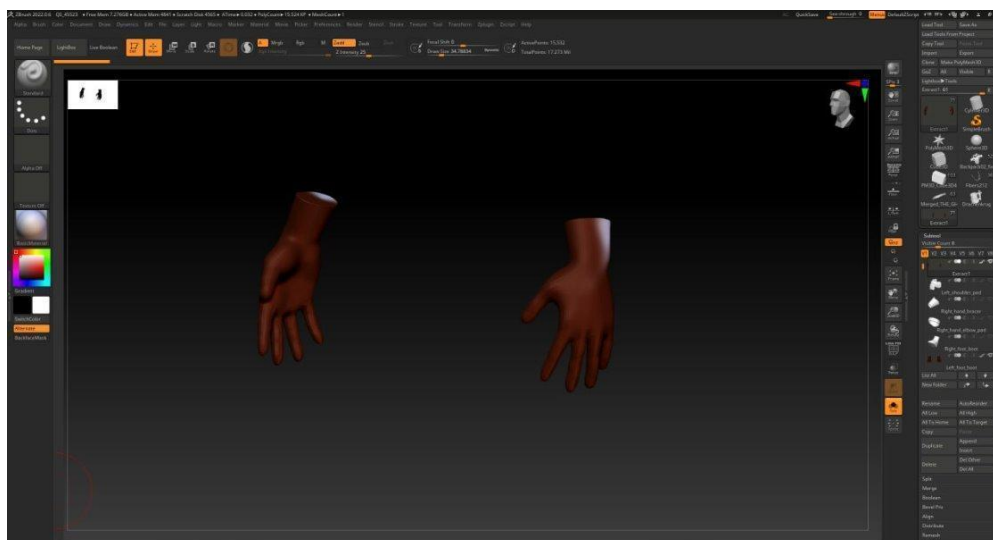


Рисунок 3.7.. Рукавиці створені за допомогою skulpting

3.2.2 Low-poly

Low-poly — моделі мають меншу кількість полігонів, що робить їх більш простими та стилізованими. Вони мають геометричний вигляд з грубими краями і плоскими поверхнями. Такі моделі використовуються в комп'ютерних іграх, мультфільмах та анімації, де потрібна оптимізація та швидкий рендерінг [11].

Ретопологія — це процес 3D-моделювання, у якому топологія розташування вершин, ребер і граней у 3D-сітці оптимізується або переробляється для, більш легкого експорту і роботою з 3D-моделью [12].

На цьому етапі було зпрощено модель (прибрано TurboSmooth) і нормалізовано нормалі завдяки модифікатору (Edit Normals), також було прибрано Support edge. Виправлено геометричні недоліки і артефакти. Кожній деталі було задано власний колір (не текстуру) для полегшення етапу текстурирования. Результат [Рис. 3.8.].



Рисунок 3.8. Low-poly модель кожної частини моделі після ретопології

3.2.3 UV–Розгортка

Головна задача цього етапу “розгорнути модель на площині” утворивши UV–тар це полегшить процес текстурування і подальшу роботу з деталізацією. Кожна деталь має поділитись мінімум на дві частини внутрішню і зовнішню які розділятимуться “швом”. У цьому місці буде стик текстури тому важливо його приховати, через це шов має йти по внутрішньому краю моделі. Більш важливі частини (великі, або ті на які треба зробити акцент) треба додатково розділити для того щоб текстура не розтягувалась по великій поверхні. Слід зазначити, що найкращий спосіб розгорнути одягу, це подивитись де знаходиться шов у аналогу з реального світу адже принцип їх задачі той самий, об’єднати плоскі частини об’єкту у об’ємний як і у текстильній промисловості.

Незважаючи на те що більшість програм автоматично створюють UV–розгортку методом кожному полігону (графічний полігон) у реальності це не є ефективним адже у більшості випадків сусідні полігони можуть візуалізувати одну й ту саму частину (утворювати чанки — сукупність полігонів що візуалізують один елемент), що ускладнить процес текстурувати адже шов лежимо на кожному ребрі, через що текстура буде накладатися на кожен полігон окремо. Тому перед тим як створити UV–розгортку треба зламати усі ребра моделі створені автоматично, щоб з’єднати їх у шви власноруч [3.9–3.10].

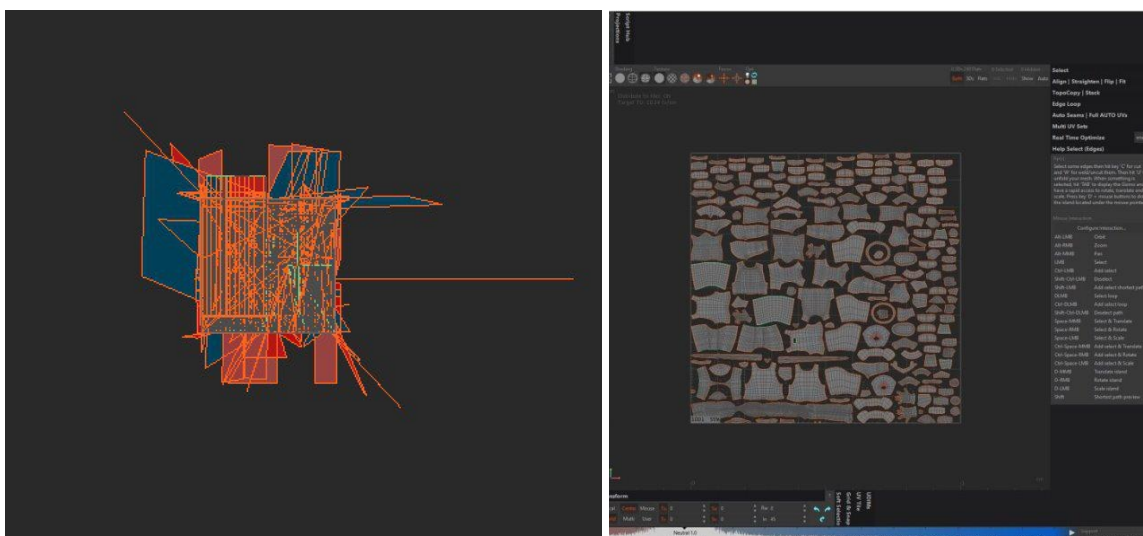


Рисунок 3.9.–3.10. Зламана UV–розгортка, власноруч створена UV–розгортка

3.2.4 Запікання

Запікання — це назва процесу збереження інформації, пов'язаної з 3D-сіткою, у файл текстури (бітове зображення). У більшості випадків цей процес включає іншу сітку. У цьому випадку інформація про першу сітку переноситься на UV-програми другої сітки, а потім зберігається в текстурі. [3.11.]

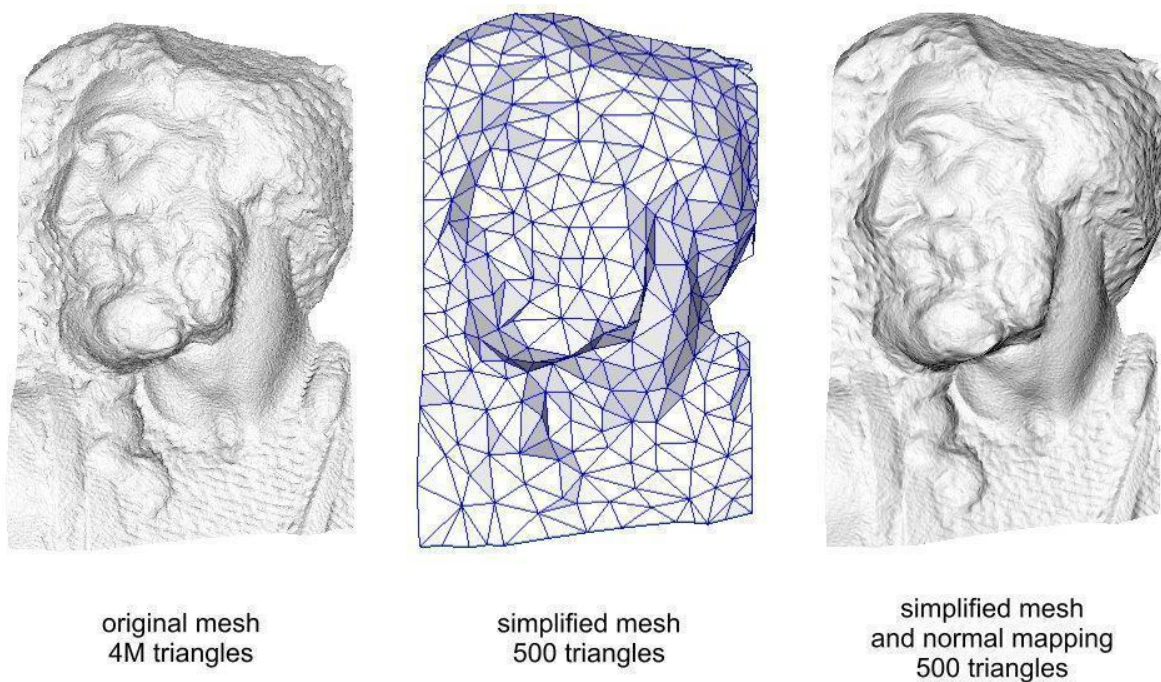


Рисунок 3.11. Опис принципу роботи запікання текстур [13]

Для коректного запікання треба мати Low Poly модель, High-Poly модель, кількість об'єктів має співпадати в обох файлах. У кожній деталі Low-poly має бути префікс “Low_”, а у High-poly відповідно “High_”. Назви деталей також мають співпадати.

Для цього було створено окремі файли (Final_Low_poly.fbx саме до нього робилась UV-розгортка і Final_High_poly.fbx) редагуємо їх за потреби відповідно до умов зазначених раніше. Після чого створюємо окремий файл для запікання, де будуть обидві наші моделі одночасно (не забуваємо переконатись, що обидва об'єкти правильно відцентрові) та імпортуємо цей файл у середовище Marmoset Toolbag 5, після чого натискаємо кнопку Bake і отримуємо запечену High-poly на Low-poly. Результат у [Рис 3.12-3.13]

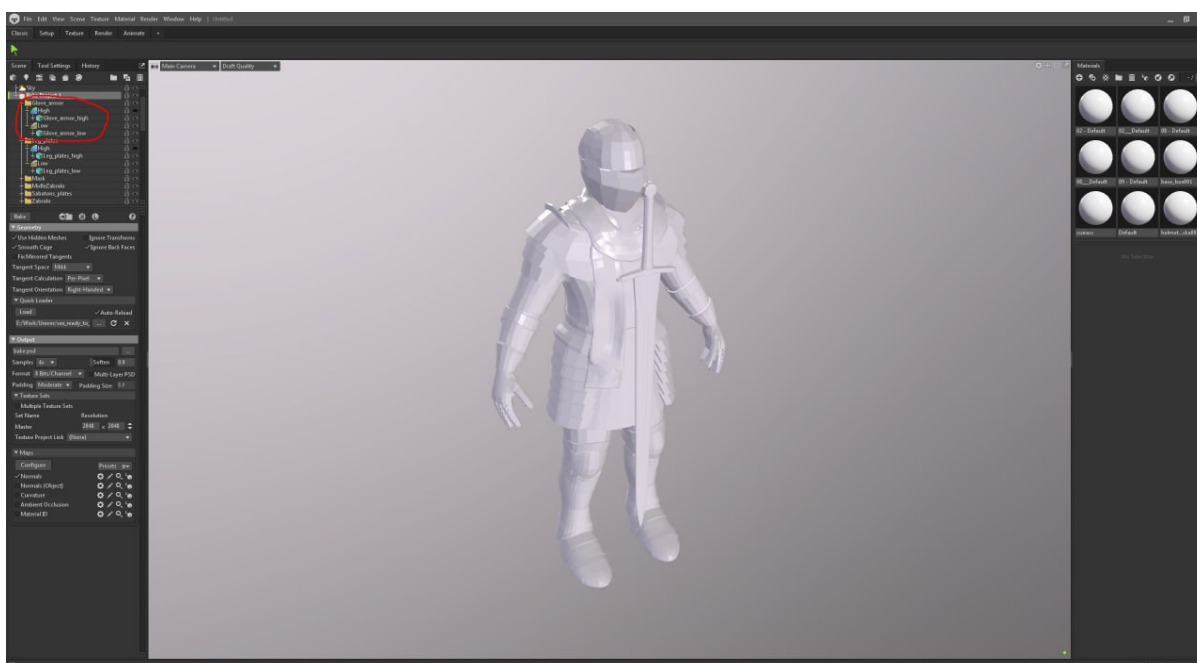


Рисунок 3.12. Low/High-Poly моделі у середовищі Toolbag одна в одній

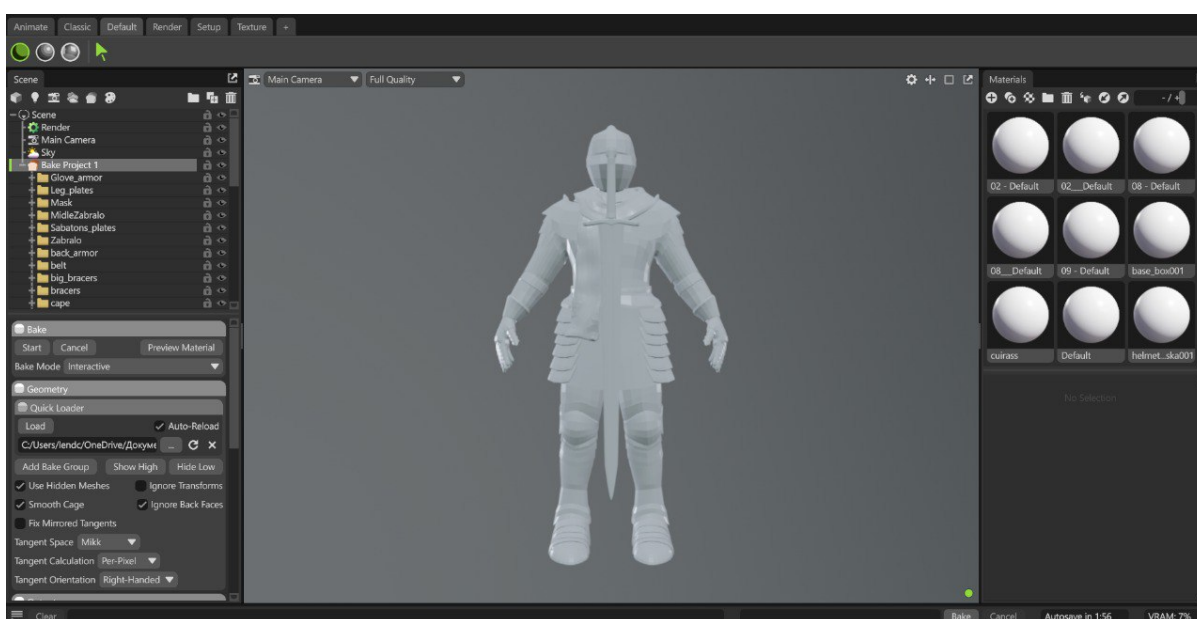


Рисунок 3.13. Нова текстура Low-poly з новими Normal-maps і Alpha-maps, але зі старую UV-map

3.2.5 Текстурування персонажа

Додавання Smart material в секцію layers > Накладання “чорної маски” > В режимі масці обираємо поверхні до яких цей матеріал має застосуватись. Результат [Рис. 3.14.-3.15.].

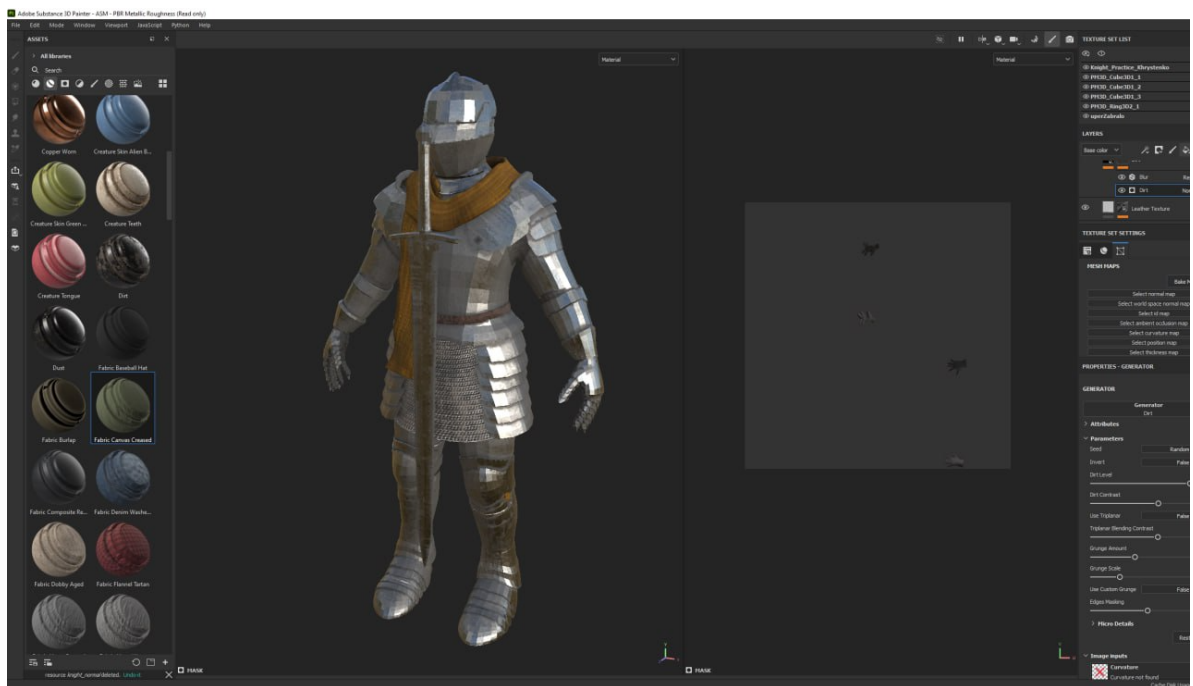


Рисунок 3.14. Тестові текстури у середовищі програми Substems Painter

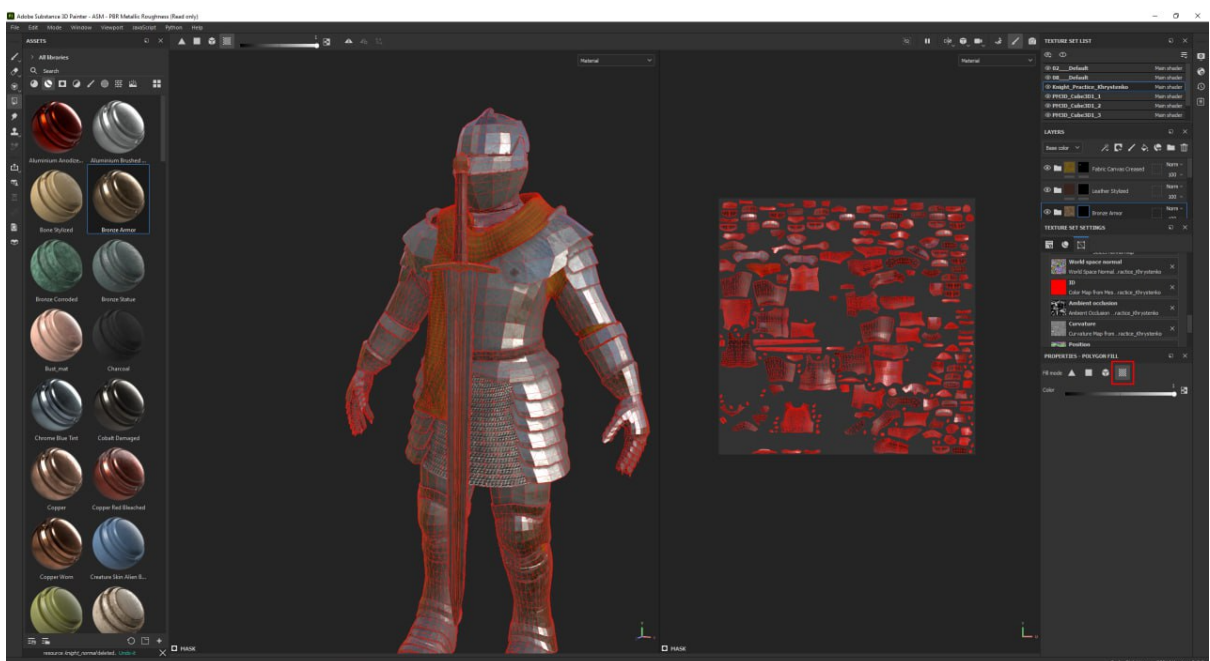


Рисунок 3.15.. Фарбування моделі по "чанках" за допомогою UV-тар

3.2.6 Вигляд моделі з різних програм



Рисунок 3.16. Вигляд моделі у середовищі 3ds-Max



Рисунок 3.17. Рендер з Adobe Substance 3D Painter

3.2.7 Rigg і анімація у Mixamo

Експорт зробленої моделі у форматі FBX > завантаження на сайт Mixamo > Налаштування ключових точок > процедурна генерація кісток > автоматичний скінінг за алгоритмом > Модель з скелетом завантажена на сайт і може бути просто імпортована без анімації, або можна обрати потрібну з готового списку анімацій та імпортувати її разом із моделлю вже з скелетом у потрібну програму для редагування/рендеру/симуляції результат: [Рис.3.18.-3.19.]. Більш детально про це написано у інших наших дослідженнях [19].

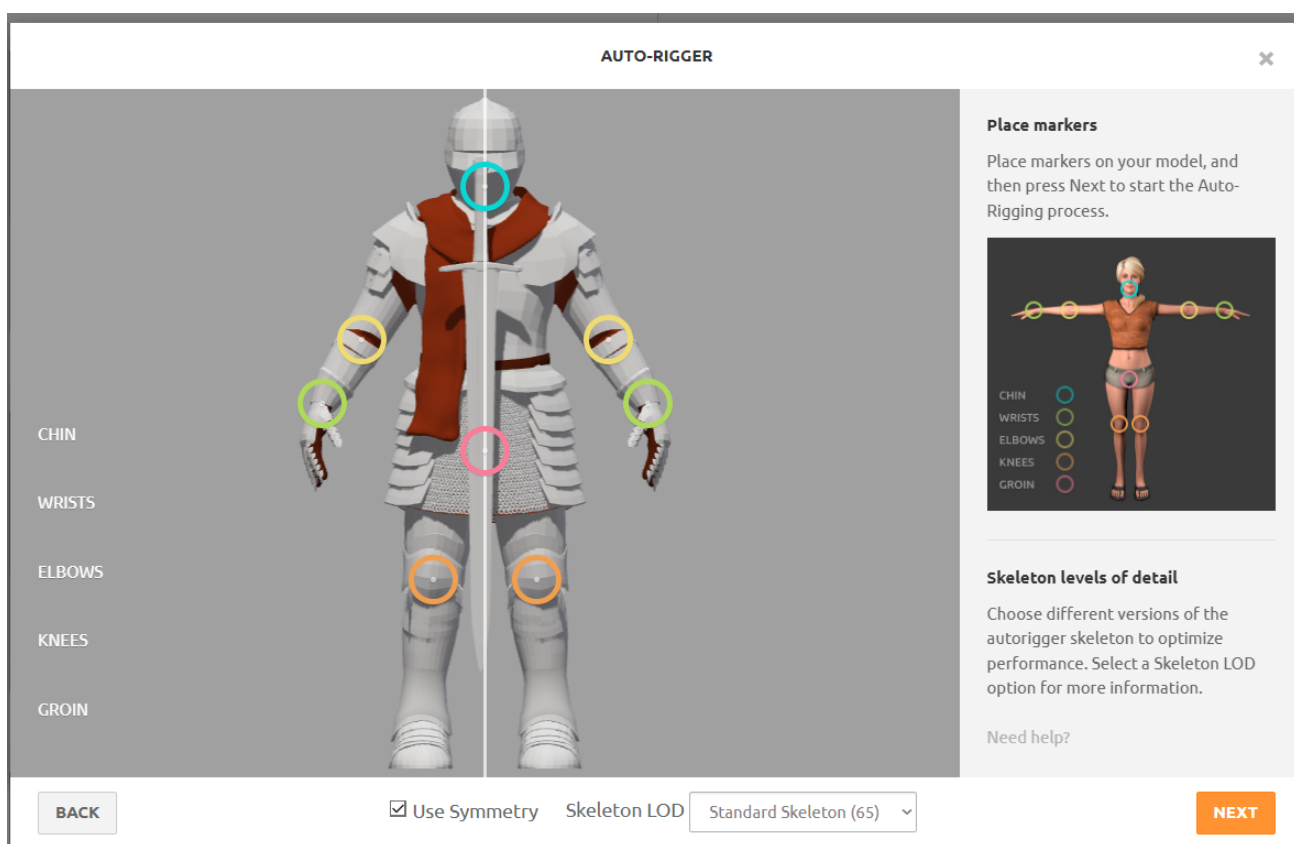


Рисунок 3.18. Розставлення ключових точок для створення кісток

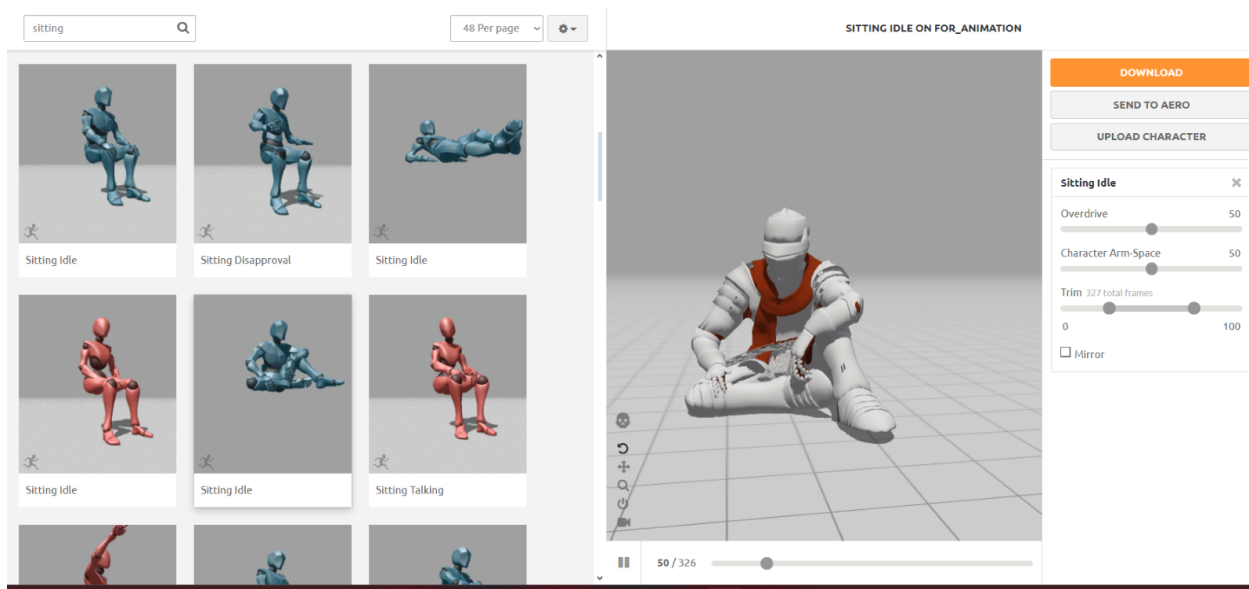


Рисунок 3.19. Анімована модель

Висновки розділу 3

У межах третього розділу було реалізовано повний цикл створення 3D-персонажа на основі власної концепції, з дотриманням сучасної виробничої послідовності. На етапі *blocking* було сформовано базові об'єми кожної частини моделі, після чого в середовищі ZBrush виконано деталізацію *high-poly* поверхні методом цифрового скульптингу. Далі у 3DS Max проведено ретопологію моделі — зменшено кількість полігонів, нормалізовано нормалі та усунуто артефакти. На цьому ж етапі було створено *low-poly* копії всіх частин персонажа. UV-розгортку реалізовано в RizomUV, з урахуванням правильного розташування швів і пропорційної площі текстуровання. Запікання карт *normal*, *AO* та *curvature* здійснювалося в Toolbag 5. Текстуровання відбулося у середовищі Adobe Substance 3D Painter із використанням PBR-матеріалів. Завершальним етапом став автоматичний такелаж (*rigging*) і скінінг персонажа у Mixamo для забезпечення можливості анімації. У результаті було створено технічно придатну, оптимізовану й текстуровану 3D-модель персонажа, підготовлену для подальшої інтеграції у 3D-сцену.

4 ЕКСПОРТ МОДЕЛІ У ІГРОВИЙ РУШІЙ UNREAL ENGINE 4 ТА СТВОРЕННЯ 3D–СЦЕНИ

4.1 Експорт моделі

Для успішного експорту у ігровий рушій Unreal Engine 4 потрібно підготувати наступні файли:

- Low-poly модель після запікання до якого зроблено Rigg у форматі *.Fbx.
- Файл з матеріалами і картами текстур у форматі *.Fbx.
- Файл з анімацією персонажу у форматі *.Fbx.

4.2 Імпорт моделі у сцену — створення сцени

У разі відсутності проблем з імпортуванням, отримаємо 3D–модель з анімацією і текстурами.

Перед тим як створити 3D–сцену треба зробити наповнення для неї, для прискорення цього процесу було використано деякі готові безкоштовні асети з сайтів для розміщень 3D моделей таких як: багаття, трава, коробки. Це дозволить нам змодельювати початкову сцену для нашого персонажу, що зробить її більш живою. Результат [Рис. 4.1.]



Рисунок 4.1. 3D–сцена зроблена у середовищі Unreal Engine 4

У результаті, отримуємо готову 3D–сцену з персонажем, що рухається, має якісний реалістичний вигляд який повністю відповідає вимогам для 3D–персонажів для реалізацій анімаційних і ігрових проєктів.

Висновки розділу 4

У четвертому розділі було реалізовано фінальний етап роботи — експорт 3D–персонажа у рушій Unreal Engine 4 та побудову повноцінної 3D–сцени. Для коректного експорту було підготовлено три окремі файли у форматі .fbx: low–poly модель з ригом, файл з текстурами та матеріалами, а також файл з анімацією персонажа. Після імпорту всіх необхідних ресурсів до середовища Unreal Engine 4 було розпочато створення сцени. Для наповнення середовища використано базові 3D–об’єкти (багаття, трава, коробки), що були взяті з відкритих бібліотек безкоштовних асетів. Налаштовано освітлення з урахуванням реакції текстур (normal maps) на джерела світла, що дозволило досягти необхідної візуальної атмосфери. Також виконано налаштування камери для фіксації ракурсу сцени. У результаті створено інтерактивну сцену з анімованим персонажем, яка відповідає базовим вимогам для демонстрації в ігровому або анімаційному проєкті.

ВИСНОВКИ

Досліджено процеси створення 3D–персонажів та 3D–сцен, а також розглянуто етапи створення 3D–об'єктів для реалізації анімаційних і ігрових проєктів, що дозволило розробити власні концепцію та модель майбутнього 3D персонажу і 3D сцени. Зокрема було досліджено наступні етапи створення 3D–об'єктів: концепція, high–poly, low–poly, ретопологія, карти текстур, текстурування, запікання, ріггінг і анімація.

Досліджено та проаналізовано програмні засоби для реалізації кожного етапу створення 3D–об'єктів. Відповідно до потреб етапів розробки 3D сцени та 3D персонажу було досліджено і використано наступні програмні застосунки: PureRef, 3ds–max, Zbrush, Rizom UV, Marmoset toolbag, Adobe substance painter, сайт–ресурс Mix Amo.

Створено 3D–модель персонажу (модель лицаря у сетінгу Dark Fantasy) та здійснено його підготовку (створення High/Low–poly моделі, розроблено текстури:UV/Alpha/Normal–maps, накладено матеріали, виконано запікання моделі, створення Rigg) до анімації і експорту у ігровий рушій Unreal Engine 4.

Розроблену 3D–модель персонажу експортовано у розроблену 3D–сцену у середовище ігрового рушія Unreal Engine 4 (налаштування: світла, камери і зовнішнього середовища), що дозволило презентувати модель персонажу та перевірити коректність експорту моделі у ігровий рушій з усіма її складовими.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. І.В Машкіна, ВО Абрамов, ТІ Носенко, ЄВ Іваніченко. Навчально-методичний посібник до виконання і захисту кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальностей 122 Комп'ютерні науки для здобувачів вищої освіти денної форми навчання, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка. Київ, 2024.- 43 с.
2. Теоретичні та практичні аспекти використання математичних методів та інформаційних технологій в освіті й науці: моногр. / за заг. ред. О. Литвин. — К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2021. — 332 с.
3. Kiv A. E. The development and use of mobile app AR Physics in physics teaching at the university [Electronic resource] / Arnold E. Kiv, Vladyslav V. Bilous, Dmytro M. Bodnenko, Dmytro V. Horbatovskyi, Oksana S. Lytvyn, Volodymyr V. Proshkin // Proceedings of the 4th International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2021). Kryvyi Rih, Ukraine. May 11, 2021 / Edited by : Svitlana H. Lytvynova, Serhiy O. Semerikov // CEUR Workshop Proceedings. – 2021. – Vol. 2898. – P. 197-212. – Access mode : <http://ceur-ws.org/Vol-2898/paper11.pdf>
4. AVADA MEDIA
URL: <https://avada-media.ua/services/dizayn-personazhey-3d/> (дата звернення: 04.06.2025).
5. AGI Training
URL: <https://www.agitraining.com/3ds-max/classes/what-is-3ds-max> (дата звернення: 04.06.2025).
6. Maxon
URL: <https://www.maxon.net/en> (дата звернення: 04.06.2025).
7. RizomUV
URL: <https://www.rizomuv.com/real-space/> (дата звернення: 04.06.2025).
8. Adobe Substance 3D Painter
URL: <https://www.adobe.com/products/substance3d/apps/painter.html> (дата звернення: 04.06.2025).
9. Marmoset
URL: <https://marmoset.co> (дата звернення: 04.06.2025).
10. Unreal Engine Blog
URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/welcome-to-unreal-engine-4> (дата звернення: 04.06.2025).
11. Вікіпедія — Темне фентезі
URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Темне_фентезі (дата звернення: 04.06.2025).
12. Вікіпедія — Лицар
URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Лицар> (дата звернення: 04.06.2025).
13. LinkedIn — Alexis Lopez Lugo

URL:

https://www.linkedin.com/posts/alexis-lopez-lugo_the-blocking-phase-in-3d-modeling-is-a-critical-activity-7282048270229557248-WnRM#:~:text=4mo-,The%20blocking%20phase%20in%203D%20modeling%20is%20a%20critical%20step,to%20refine%20and%20build%20upon. (дата звернення: 04.06.2025).

14. Professional 3D Services

URL:

<https://professional3dservices.com/blog/high-poly-vs-low-poly-3d-models-difference.html#:~:text=High%20poly%203D%20models%20are,a%203D%20model%20so%20realistic.> (дата звернення: 04.06.2025).

15. Autodesk — Retopology

URL:

<https://www.autodesk.com/solutions/retopology#:~:text=Retopology%20is%20a%20process%20in,a%20more%20efficient%203D%20model.> (дата звернення: 04.06.2025).

16. Adobe HelpX — Baking

URL:

<https://helpx.adobe.com/substance-3d-bake/getting-started/what-is-baking.html#:~:text=Baking%20is%20the%20name%20of,then%20saved%20into%20a%20texture.> (дата звернення: 04.06.2025).

17. Autodesk — 3ds Max 2025 System Requirements

URL:

<https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-3ds-Max-2025.html> (дата звернення: 04.06.2025).

18. Maxon — ZBrush Requirements

URL:

https://www.maxon.net/en/requirements/zbrush-requirements?srsId=AfmBOopithy13gSfwP04Yesuha2dT7TsRRy7CAhbM_g4cdkgVOz4QKTF (дата звернення: 04.06.2025).

19. Adobe HelpX — Substance 3D Painter Requirements

URL:

<https://helpx.adobe.com/substance-3d-painter/getting-started/system-requirements.html> (дата звернення: 04.06.2025).

20. Marmoset — System Requirements

URL: <https://docs.marmoset.co/docs/system-requirements/> (дата звернення: 04.06.2025).

21. Epic Games — Unreal Engine Specifications

URL:

https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/hardware-and-software-specifications?application_version=4.27 (дата звернення: 04.06.2025).

22. Теза на ІТ конференції 2025 (Сторінка 99)

URL:

<https://zcit.kubg.edu.ua/index.php/journal/issue/view/13/23>