

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Фізико-математичний факультет
Кафедра інформатики та прикладної математики

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

_____ Моїсеєнко Н.В.

«__» _____ 2024 р.

Реєстраційний № _____

«__» _____ 2024 р.

РОЗРОБКА КОМПЛЕКТУ 3D-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ
ІГРОВОГО ОТОЧЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНІЙ RPG-ГРІ

Кваліфікаційна робота

ступінь вищої освіти «бакалавр»

спеціальності

014 Середня освіта (Інформатика)

Чорного Даниїла Денисовича

Керівник:

кандидат фізико-математичних наук,

доцент

Моїсеєнко Наталя Володимирівна

Оцінка:

Національна шкала _____

Шкала ECTS _____ кількість балів _____

Члени комісії

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Чорний Даниїл Денисович, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело. Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ Й ПРОГРАМИ СУЧАСНОГО ТРИВИМІРНОГО	
МОДЕЛЮВАННЯ	7
1.1 Тривимірне моделювання та його види	7
1.2 Огляд програм для створення тривимірних моделей.....	11
1.3 Опис програмного пакету для створення тривимірної комп'ютерної графіки Blender	21
Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ	
КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ.....	27
2.1 Створення тривимірних моделей для гри.....	27
2.2 Створення скелету для моделі робота та анімації	33
2.3 Налаштування сцени, освітлення та рендеру	41
Висновки до розділу 2	43
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46

ВСТУП

Актуальність теми. Вже давно живучи в комп'ютеризованому світі, логічно задаватися питанням, як це впливає на нашу культуру та суспільство. Цивілізований світ занепокоєний тим, чи сприяють комп'ютерні технології соціальній згуртованості, чи навпаки призводять до ізоляції людей. Ризик втрати реальності вже деякий час є предметом суперечливих дебатів. Кожен новий засіб мас-медіа переживав на шляху свого становлення етап несприйняття й активної критики. Комп'ютер як засіб навчання, Інтернет, комп'ютерні ігри теж не стали винятком. Останні, наприклад, викликають найбільше нарікань, зокрема через їхню «пасивність» і «безглуздість». Однак є дослідження, які доводять, що ігри мають дивовижний ефект підвищення інтелекту. Багато з них зараз є надзвичайно складними, багат шаровими та цікавими, що тренує вміння мислити в контексті, розвиває навички стратегічного моделювання, дозволяє практикувати «багатозадачність», яка необхідна нам у сучасному робочому світі, що характеризується постійною мінливістю, де є необхідність координувати багато речей і тримати все під контролем. Дослідження також показують, що діти, які взаємодіють із комп'ютерними технологіями, значно краще оперують символами, пов'язують їх з чуттєвим змістом та орієнтуються в просторі. Всупереч поширеній думці у них розвиваються також соціальні навички. Багатокористувацькі рольові ігри (role-playing game – RPG), наприклад, аж ніяк не розділяють, а навпаки є унікальним соціальним досвідом, де слід навчитись швидко розвивати дружбу та формувати альянси.

Світ комп'ютерних ігор є світом тривимірних моделей (3D-моделей), саме через створення моделей подібних до тих, що оточують нас у повсякденному житті, можна побачити реальний світ у зовсім новому світлі, познайомитись із ним ближче. «Прямим наслідком цього є зростання попиту на фахівців, які здатні створювати необхідний контент за допомогою

редакторів тривимірної графіки...Саме тому, важливим є набуття майбутніми педагогами (вчителями та викладачами інформатики) необхідних компетенцій і компетентностей для якісного створення та використання освітнього 3D контенту» [1]. Питання навчання здобувачів вищої освіти комп'ютерної графіки досліджували вітчизняні науковці Брюханова Г.В. [2], Гевко І.В. [3], Горобець С.М. [4], Корчевський Д.О. [5].

Під час розробки ігор лівова частка часу припадає саме на створення моделей, анімації деталей сцени та ігрових персонажів. Завдяки цьому досягається такий рівень реалістичності сцен, що може посперечатись навіть з ігровим кіно. Сьогодні важко знайти сферу життя де не використовувалось би тривимірне моделювання. 3D-графіка займає однаково впевнені позиції як в ігровій та кіноіндустрії, так і в наукових дослідженнях. Завдяки можливості створювати максимально точні моделі об'єктів, детально відображати їх сутність, особливості будови і специфіку роботи до найдрібніших деталей тривимірна графіка як спосіб моделювання за допомогою спеціального програмного забезпечення з часом набуватиме ще більшої актуальності, що й визначило вибір теми дослідження: «Розробка комплекту 3D-моделей для реалізації ігрового оточення в комп'ютерній RPG грі».

Мета дослідження – створення комплекту тривимірних моделей для комп'ютерної гри.

Відповідно до мети дослідження сформульовано такі **завдання**:

1. вивчити основи процесу тривимірного моделювання;
2. розглянути актуальні програмні засоби для моделювання тривимірних об'єктів, з'ясувати їх можливості та особливості роботи, обрати найбільш прийнятні інструменти розробки тривимірних моделей ігрових об'єктів;
3. розробити тривимірні моделі об'єктів, персонажів і оточення для комп'ютерної гри та перевірити правильність їх роботи.

Об'єкт дослідження – моделювання об'єктів.

Предмет дослідження – моделювання та анімація тривимірних об'єктів для комп'ютерної гри.

Предмет, мета і завдання дослідження обумовили вибір комплексу наукових методів дослідження:

- теоретичний аналіз наукової та навчальної літератури;
- аналіз програмного забезпечення;
- узагальнення отриманих результатів;
- розробка та анімація моделей тривимірних об'єктів.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи – 48 сторінок. Обсяг основного тексту на 45 сторінках. Робота містить 26 рисунків, 1 таблицю.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ Й ПРОГРАМИ СУЧАСНОГО ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

1.1 Тривимірне моделювання та його види

У комп'ютерній графіці тривимірна модель – це цифрове зображення поверхні або об'єкта, створене за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. 3D-модель представляє фізичне тіло через набір точок у тривимірному просторі, які з'єднані різними геометричними об'єктами, такими як трикутники, лінії, криві поверхні тощо. У деяких випадках 3D-модель може передавати розмір, форму і текстуру об'єкта. Процес створення такого зображення називається 3D-моделюванням [6].

Тривимірне моделювання є частиною багатьох творчих професій. Інженери та дизайнери використовують 3D-моделі як частину процесу проектування, створюючи нові продукти або переробляючи вже існуючі. Архітектори створюють 3D-моделі для візуального представлення будівель, ландшафтів та інтер'єрів замість або на додаток до створення традиційних архітектурних моделей.

Ігрові дизайнери широко використовують 3D-моделі для створення 3D-активів і персонажів для консольних, комп'ютерних і мобільних ігор.

Кінематографісти використовують 3D-моделі для створення спецефектів, зображення героїв і різних об'єктів в анімаційних фільмах та ігровому кіно.

Медична індустрія покладається на 3D-моделі для візуалізації анатомії тіла, створення індивідуальних медичних рішень, таких як протези чи зубні імплантати, візуалізації результатів пластичної хірургії та багато іншого.

У науці та освіті вони використовуються в найрізноманітніших сферах: від збереження історичних та археологічних знахідок до візуалізації хімічних сполук, геологічних моделей та багато іншого.

Існує безліч способів створення тривимірних моделей, але більшість з них можна звести до двох основних: створення моделі в програмному забезпеченні для 3D-моделювання або перетворення реального об'єкта в цифрову модель за допомогою 3D-сканера.

Перевагою методу тривимірного моделювання є те, що його можна використовувати для проектування чогось, чого ще не існує – чогось абсолютно унікального, наприклад, фантастичної істоти у відеогрі. Або чогось, що вже існує, але недоступне для сканування.

Залежно від конкретного об'єкта, який має бути створеним, та його призначення, можна обрати одну з існуючих технік та програм моделювання, які можна використовувати для створення моделі з нуля, зокрема:

- параметричне моделювання;
- полігональне моделювання;
- цифрове формотворення / ліплення.

Параметричне 3D-моделювання або CAD (Computer Aided Design) – найпоширеніший метод, який використовується інженерами та дизайнерами для створення реалістичних комп'ютерних моделей майбутніх деталей та вузлів [7, 8]. Майже кожен сучасний продукт, з яким ми маємо справу щодня, був створений за допомогою тривимірного CAD-моделювання.

За допомогою цього методу дизайнер створює 3D-модель об'єкта, яка може мати всі параметри реального об'єкта: Матеріал, вага, розмір, оптичні параметри, фізичні параметри тощо. Ці моделі можуть бути надруковані на 3D-принтері або верстаті з числовим програмним керуванням, а також можуть бути використані для складних симуляцій. Наприклад, можна створювати збірки деталей, щоб побачити, як вони підходять одна до одної, перевірити, як вони реагують на сили, що діють на них, спостерігати, як через них протікають рідини, використовувати симуляції для оцінки того, як вони виготовляються, і багато іншого (Рис. 1.1.).

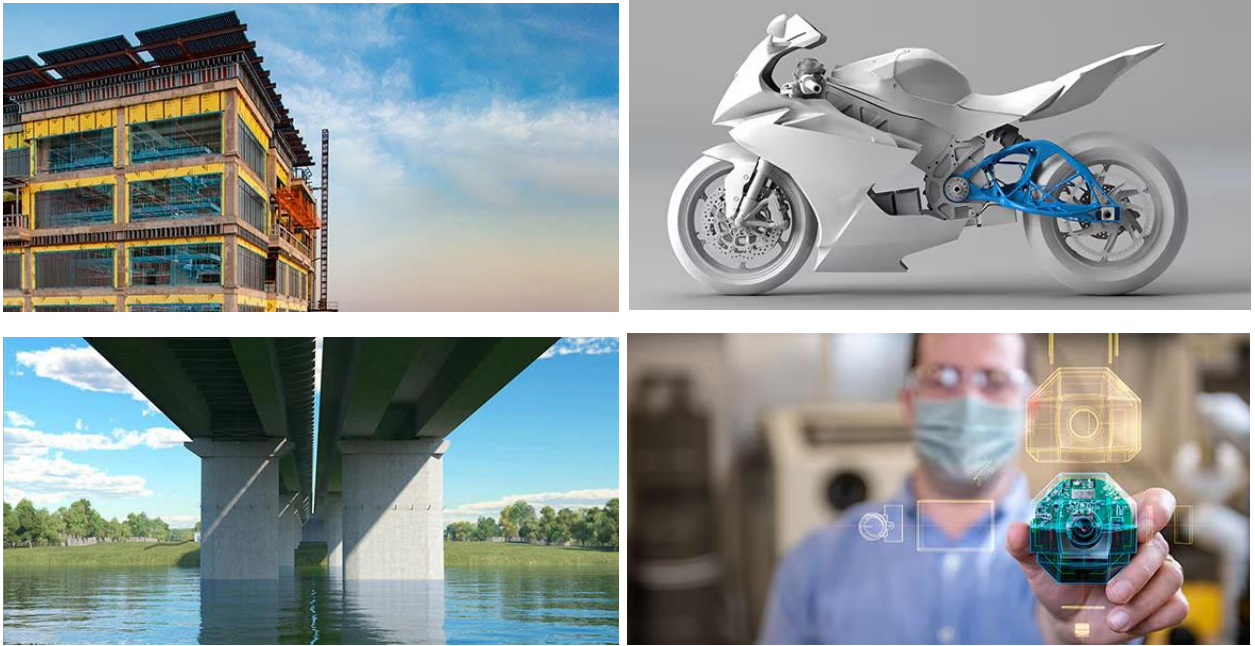


Рис. 1.1. Види CAD-моделювання [9].

Техніка *полігонального моделювання* лежить в основі майже кожної відеогри або науково-фантастичного фільму, які коли-небудь бачив світ [10]. Полігональна модель будується з полігонів: плоских двовимірних фігур, трикутників або квадратів, які модифікуються для побудови 3D-сітки. На відміну від CAD-моделювання, ця техніка є концептуальною, а не розмірною (Рис. 1.2). Студії анімації та відеоігор використовують полігональне моделювання для створення всього – від персонажів фільмів та ігор до різноманітних 3D-активів, таких як зброя, броня, транспортні засоби та цілі віртуальні світи.

Цифрове ліплення як метод моделювання також використовується 3D-спеціалістами в іграх та анімаційних фільмах, найкраще підходить для створення гіперреалістичних об'єктів з органічними та плавними формами. Він також використовується для створення прототипів моделей для дизайну, ескізів та 3D-друку. Процес дуже схожий на ліплення/різьблення з реальних матеріалів, таких як глина або камінь. Використовуючи пензликові інструменти для ліплення, можна маніпулювати полігональною сіткою об'єкта, переміщуючи, перетягуючи та скручуючи різні частини його геометрії

або додаючи додаткові геометричні елементи, щоб імітувати органічну структуру [12].



Рис. 1.2. Полігональна модель, виконана засобами ZBrush та 3Ds Max [11].



Рис. 1.3. Модель, виконана засобами цифрового скульптинга [13].

Цифровий скульптинг вимагає більше художніх навичок і є складнішим ніж полігональне моделювання. Ось чому обидва методи часто використовують у поєднанні: об'єкт спочатку моделюється, а потім детально допрацьовується 3D-спеціалістом, який надає йому остаточної форми.

Незалежно від того, який метод ляже в основу створення тривимірної моделі, важливо вибрати правильне програмне забезпечення для моделювання, яке матиме всі необхідні інструменти для реалізації проекту [14, 15].

1.2 Огляд програм для створення тривимірних моделей

Фаворитами в індустрії відеоігор і серед тих, хто займається 3D-моделюванням або 3D-анімацією (професіоналів і досвідчених користувачів) є програми зі спеціальними функціями для кожного етапу пост-обробки. Зокрема програмне забезпечення Autodesk Maya, більш відоме як Maya, має багато прихильників завдяки користувацькому інтерфейсу, що легко налаштовується.

Autodesk Maya – це професійне 3D-програмне забезпечення для створення реалістичних персонажів та ефектів, тривимірних об'єктів і сцен, анімації, композитингу та візуалізації.

За допомогою цікавих, інтуїтивно зрозумілих інструментів анімації можна «оживити» комп'ютерних персонажів, створити реалістичні ефекти – від вибухів до імітації тканин.

Робота, яку можна виконати в Maya, зазвичай підпадає під нижче названі категорії.

Створення моделей. Полігони, нерівномірні раціональні B-сплайни (NURBS) та поверхні розбиття – це різні типи об'єктів з різними способами моделювання. Кожен з них має свої сильні сторони, і різні художники надають перевагу роботі з різними типами.

Полігони дозволяють моделювати поверхню шляхом створення та зміни форми низки простих граней поверхні. NURBS дозволяють легко створювати

плавні, криві поверхні з високим рівнем контролю.

Поверхні поділу дозволяють редагувати поверхні на високому рівні з мінімальними накладними витратами даних, водночас дозволяючи працювати з підрозділами поверхні так, ніби вони зроблені з полігонів. Монтаж персонажів. Більшість анімацій включають персонажів, артикульовані моделі, такі як людина, тварина, робот або будь-що інше, що рухається за допомогою артикуляції. Maya дозволяє визначати внутрішні скелети персонажів і прив'язувати до них шкіру для створення реалістичних рухів з деформаціями.

Анімація. Майже все, що ви можете собі уявити в Maya, можна анімувати за допомогою клавіш.

Динаміка, рідини та інші імітовані ефекти. Maya містить повний набір інструментів для імітації ефектів реального світу, таких як вогонь, вибухи, рідини, волосся і хутро, фізика зіткнення об'єктів і багато іншого.

Малювання та ефекти фарб. Maya включає неймовірну систему використання графічного планшета (або миші) для малювання на 2D полотнах, малювання безпосередньо на 3D моделях, малювання для створення геометрії, скриптового малювання та практично безмежні інші можливості.

Освітлення, затінення та рендеринг. Якщо ви хочете відрендерити нерухоме зображення або відео вашої сцени чи анімації, ви можете створити їх за допомогою одного з рендерів на ваш вибір [16].

Основні функції Autodesk Maya.

Інструмент Vifrost. Створення фізично точних симуляцій в єдиному візуальному середовищі програмування

USD у Maya. Швидке завантаження та редагування великих наборів даних, безпосередня робота з даними за допомогою нативних інструментів

Швидке відтворення. Швидший перегляд анімацію і створення меншої кількості плейбластів завдяки буферизованому відтворенню у Viewport 2.0.

Unreal Live Link. Трансляція даних анімації з Maya в Unreal у режимі реального часу за допомогою плагіна Unreal Live Link для Maya.

Редактор часової шкали. Використання неруйнівного нелінійного

редактора кліпів для загального редагування анімації.

Редактор діаграм. Створення, відображення та зміна анімаційних кривих за допомогою графічного представлення анімації сцени.

Моделювання багатокутників. Створення 3D-моделі, з використанням геометрії на основі вершин, ребер і граней.

Моделювання NURBS. Створення 3D-моделі на основі геометричних елементарних об'єктів і намальованих кривих.

Конфігурація персонажів. Створення вдосконалених скелетів для реалістичного вигляду.

Інтегрований модуль візуалізації Arnold. Використання модуля візуалізації Arnold для відображення змін у сцені в реальному часі, разом зі змінами освітлення, матеріалів і камер.

ZBrush як програмне забезпечення для цифрового моделювання відомий своєю здатністю працювати з високополігональними моделями, тобто моделями з особливо великою кількістю полігонів. Програма ідеально підходить для використання в поєднанні з Artex Studio. Схожими альтернативами є 3D-Coat або Autodesk Mudbox.

ZBrush – це провідне програмне забезпечення для цифрового скульптурного моделювання. Воно надає доступ до різноманітних робочих процесів і безмежних творчих можливостей [17].

DynaMesh є ідеальним рішенням для *створення скульптур довільної форми*, оскільки усуває будь-яку необхідність зосереджуватися на топологічних обмеженнях. Змінійте загальну форму моделі за допомогою натискання або розтягування, додавання різних частин геометрії, щоб об'єднати їх в одну, або навіть видаляйте геометрію подібно до того, як це можна зробити за допомогою булевих операцій. DynaMesh перерозподіляє полігони моделі так, щоб вони мали однаковий розмір для узгодженого мазка пензля за командою.

Динамічна система пензлів для скульптури. Основний робочий процес у ZBrush базується на системі пензлів, які також можна модулювати за

допомогою натискання пера на графічному планшеті. ZBrush відтворює природне відчуття справжнього пензля або скульптурного інструменту, використовуючи тиск на кінчик пера, щоб трансформувати ваш цифровий мазок у різні способи. Існують пензлі, якими можна затискати, рухати, нарощувати поверхню, врізатися в неї, прорізати модель і багато іншого. Ви навіть можете використовувати інші 3D-моделі як пензлі, вставляючи їхню геометрію у свою поверхню.

Dynamics, яка дозволяє:

- стискати, розширювати, надувати або драпірувати будь-яку поверхню під дією сили тяжіння;

- використовувати маскування, щоб закріпити частину сіті для створення цікавої точки або використовувати маску, щоб створити унікальну взаємодію, яка дозволить поверхні котитися самій по собі;

- створювати реалістичні складки тканини – навіть на площині з низькою роздільною здатністю.

Спеціальні пензлі Dynamics надають унікальні можливості для взаємодії з поверхнею тканини. Наприклад, можна вибрати, де будуть лежати складки, або просто захопити геометрію, щоб вільно переміщати її в робочому просторі і створювати складки в реальному часі. Пензель ClothTwister імітує скручену тканину. ClothWind дозволяє рухатися в потрібному напрямку. ClothPinchTrails створить шов із защемленою тканиною, де б не пройшов пензель по поверхні.

Хоча ZBrush найбільш відомий завдяки створенню органічної скульптури, не варто недооцінювати його можливості для роботи з твердими поверхнями. Система ZModeler розроблена спеціально для низькополігонального моделювання з легкодоступними та інтуїтивно зрозумілими елементами керування для створення отворів, додавання крайових петель, видавлювання полігонів та багато іншого.

Gizmo 3D дозволяє легко керувати 27 деформаторами в ZBrush. Його функції дозволяють інтерактивно згинати, розтягувати, сплющувати,

скручувати, розрізати, звужувати та багато іншого. Деформатори Gizmo 3D роблять робочий процес зручним, таким, що дозволяє легко перемикатися з одного деформатора на інший.

Кожен деформатор має унікальний набір функцій, які дозволяють швидко змінювати форму, що неможливо за допомогою мазків пензля. Один унікальний деформатор, Project Primitive, дає можливість використовувати кілька примітивів для зміни форми сіті, врізання в поверхню, нарощування з іншої сіті та багато іншого. Project Primitive не лише пропонує новий, унікальний спосіб поєднання декількох геометричних фігур разом, але й дає змогу взяти щось просте, як сфера, і перетворити її на ракетний корабель, автомобіль, літак, людський бюст і багато чого іншого.

Аналізуючи програмне забезпечення для моделювання CAD, слід звернути увагу на SOLIDWORKS – галузевий стандарт програмного забезпечення для механічного проектування. SOLIDWORKS використовується інженерами та дизайнерами для моделювання деталей та вузлів і включає в себе функції моделювання, а також інструменти для креслення та складання. Інші програмні рішення для CAD – AutoCAD, Fusion 360 або Rhinoceros – використовуються багатьма студіями в якості стандартних. Кожен, хто хоче створити 3D-модель, ймовірно, буде працювати принаймні з однією з цих програм.

Розробники *AutoCAD* позиціонують його як засіб для розкриття творчого потенціалу за допомогою функцій автоматизації, спільної роботи та машинного навчання. Рекомендована цільова аудиторія – це архітектори, інженери та будівельники, які можуть використовувати AutoCAD для проектування й коментування 2D-геометрії та 3D-моделей із твердими тілами, поверхнями й сітчастими об'єктами. Доступна також автоматизація таких завдань, як порівняння креслень, заміна блоків, підрахунок об'єктів, створення розкладів тощо [18].

AutoCAD пропонує такий спеціалізований набір інструментів:

– архітектурний інструментарій;

- механічний набір інструментів;
- map 3D інструментарій;
- інструментарій механічних, електричних та сантехнічних робіт;
- електричний інструментарій;
- інструментарій Plant 3D (орфографія і ізометрія трубопроводів).

AutoCAD підтримує декілька інтерфейсів API для налаштування і автоматизації. До них відносяться AutoLISP, Visual LISP, VBA, .NET і ObjectARX. ObjectARX є C++ бібліотекою класів, яка також була базою для розширення продуктів AutoCAD в конкретних областях, для створення продуктів, таких як AutoCAD Architecture, AutoCAD Electrical, AutoCAD Civil 3D, або сторонніх AutoCAD-додатків.

AutoCAD сертифікований для роботи в сімействі операційних систем Microsoft Windows. AutoCAD підтримує використання обчислювальних ресурсів багатопроцесорних і багатоядерних систем. Також є версія AutoCad для Linux.

В рамках представленої роботи більш детальний огляд цього програмного забезпечення для цифрового моделювання не видається доцільним.

Cinema 4D – це професійне програмне рішення для 3D-моделювання, анімації, симуляції та рендерингу. Воно має швидкий, потужний, гнучкий і стабільний набір інструментів, що робить 3D-робочі процеси більш доступними та ефективними для дизайнерів, фахівців з анімації, VFX, AR/MR/VR, розробки ігор і всіх видів візуалізації. Cinema 4D дає можливість самостійного моделювання чи роботи в команді.

Полігональне моделювання, як зазначалось вище, це створення моделі з полігонів – будівельних блоків 3D, які з'єднуються разом, для втілення уявного об'єкту. За допомогою набору інструментів полігонального моделювання Cinema 4D надає можливість створювати все – від автомобілів до істот.

Першим кроком у більшості 3D-проектів є створення об'єктів. Параметричне моделювання зі свого боку дозволяє зберігати 3D-візуалізацію

гнучкою до кінця реалізації проекту, тобто зміни в сцені або об'єкти можна вносити в будь-який момент. Cinema 4D пропонує широкий спектр параметрів моделювання, які дозволяють художникам вносити практично будь-які зміни «в останню хвилину», тобто модель можна змінювати в процесі створення на будь-якому етапі.

Набір інструментів MoGraph від Cinema 4D не має аналогів у 3D-індустрії. Спочатку створений для моушн-дизайну та телевізійної графіки, він швидко зарекомендував себе в багатьох інших сферах 3D-візуалізації. MoGraph можна використовувати для швидкого і легкого розподілу рослинності по всій сцені або навіть для створення мережі доріг і багато чого іншого. З MoGraph художники та архітектори можуть зберігати гнучкість своїх візуалізацій аж до останньої деталі, що дозволяє їм отримувати результати, які вони шукають (Рис.1.4)

В Cinema 4D є можливим моделювання за допомогою деформаторів, завдяки яким доступне згинання, стискання або скручування об'єкту без зміни його геометрії. Деформатори працюють «неруйнівно» і ідеально підходять для створення складних об'єктів, які можна модифікувати в будь-який момент. Це ідеальне рішення для робочого процесу, коли виробничі вимоги ставлять перед розробником нестандартні завдання.

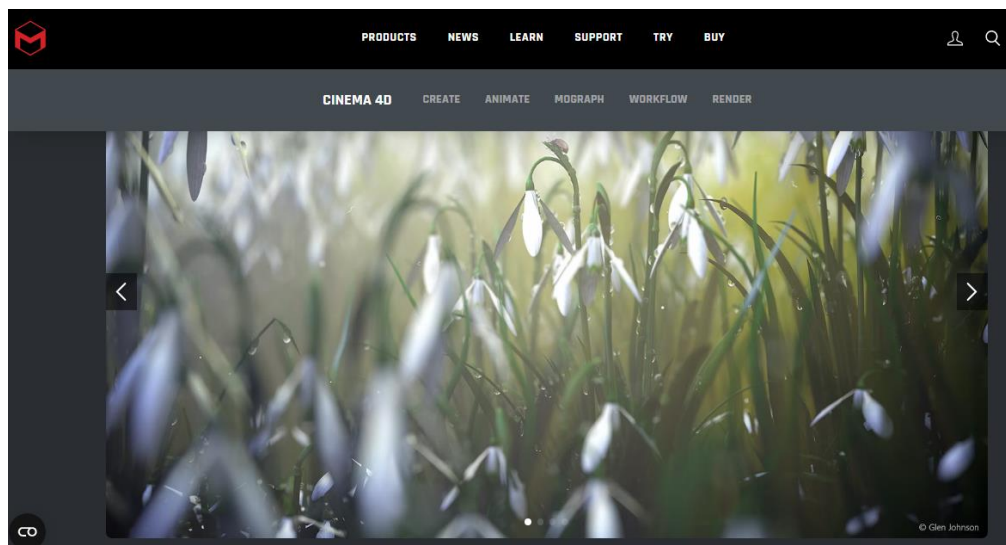


Рис. 1.4. Модель створена MoGraph від Cinema 4D [19]

Створення складних тривимірних об'єктів можливе в Cinema 4D також за допомогою сплайнів і генераторів. Для цього досить взяти контур з технічного креслення і помістити його в генератор, щоб створити 3D-об'єкт, і в будь-який час модифікувати його, змінюючи налаштування в Диспетчері атрибутів.

З інструментом OpenVDB стає доступним створення складних моделей, шляхом додавання або видалення базових фігур за допомогою булевих операцій. Завдяки конструктору об'ємів і мешеру на основі OpenVDB у Cinema 4D можливе створення анімованих ефектів зростання через перетворення шумів і нових полів MoGraph в реальну геометрію. Об'ємне моделювання пропонує повністю процедурний спосіб створення органічних об'ємів або об'ємів з твердою поверхнею способом об'єднання кількох примітивів і полігональних об'єктів за допомогою булевих операцій, таких як об'єднання, віднімання і перетин. Щоб швидко створювати складні фігури, а також згладжувати або змінювати форму результату за допомогою воксельних модифікаторів, слід додавати або забирати сплайни, клони, поля тощо. За допомогою VDB remeshing можна швидко перетопологізувати сіті, щоб ефективніше додавати деталі за допомогою потужного набору інструментів для скульптування Cinema 4D.

Повністю інтегрована система Sculpt у Cinema 4D уможливорює збільшення рівня деталізації будь-якого об'єкта. Це особливо стане в нагоді при моделюванні органічних поверхонь. Натиснувши Subdivide (Розділити), переходимо до збільшення рівня деталізації, перетворивши сіть на цифрову глину. Фактично це ліплення з сітки за допомогою інтуїтивно зрозумілих інструментів, які дозволяють тягнути, розгладжувати, сплющувати, різати та затискати поверхню. Розширені опції симетрії, штампи, трафарети і маски, прислужаться для створення складних скульптур і деталей поверхні [20].

Основні властивості найбільш популярних засобів моделювання наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Порівняння інструментів моделювання

Інструмент моделювання	Autodesk Maya	AutoCAD	ZBrush	Cinema 4D	Blender 2.8
Розробник	Autodesk	Autodesk	Pixologic	MAXON Computer GmbH	Blender Foundation
Операційна система	Windows, macOS, Linux	MS Windows, Mac OS X & iOS, Android, Linux: працює під Ubuntu 12.04 чи новішим та Wine з Autodesk 2013	Microsoft Windows, Mac OS	Windows 10 або Mac OS X 10.11.6 або більш пізні версії	Windows, macOS, Linux, Amiga OS, Haiku, Morph OS
Мови програмування	C, Maya Embedded Language, Python, C#	AutoLISP, Visual Basic і C++	Си, Python, C++	Python, C++	Python
Особливості	Використовує динамічні вирішувачі, дозволяє швидко та легко створювати ефекти, гідні блокбастера. Імітація та рендеринг фотореалістичних рідин. Створить реалістичні ефекти комкування волосся та хутра для більш природного волосся. Створюйте реалістичні деформовані матеріали. Створюйте реалістичні симуляції	Спеціалізований набір інструментів: архітектурний інструментарій; механічний набір інструментів; map 3D інструментарій; інструментарій механічних, електричних та сантехнічних робіт; електричний інструментарій; інструментарій Plant 3D (орфографія і ізометрія трубопроводів	Генерація базової сітки моделі. Динамічне додавання та видалення полігонів. 3D Живопис і Текстурування Скульптинг у вільній формі. Нізкополігональне моделювання. Набір форм моделі. Доповнення фактичної топологією фігур. Манекени з великою різноманітністю фігур гуманоїдів і тварин. Перетворення полігонів в	Можливість роботи з параметричними та полігональними об'єктами. Розширена система матеріалів та текстур. Можливість тривимірного малювання. Вбудована система нелінійної анімації. Наявність системи динаміки твердих та м'яких тіл. Безліч інструментів анімації персонажів. Заснована на подіях система частинок.	Blender – це повністю інтегрований комплект створення 3D, який пропонує широкий діапазон основних засобів, включаючи Моделювання – Modeling, Рендеринг – Rendering, Анімація та Оснащення – Animation & Rigging, Редагування Відео – Video Editing, ефекти відео – VFX, Компонування – Compositing, Текстурування –

	жорстких і м'яких тіл. Набір інструментів для ключової, процедурної та скриптової анімації.		зручну базову сітку з чистими контурами ребер і потоком багатокутників. Карти навколишнього середовища.	Рендеринг волосся та хутра. Реалістична візуалізація та рендер скетчу. Наявність джерел світла IES, які дозволяють легко створювати природне освітлення. Підтримка профілів кольорів. Вбудований менеджер зображень. Підтримка OpenGL3. Наявність вбудованої мови програмування Python. Підтримка цих одиниць вимірювання. Наявність менеджера рендерингу. Імпорт та експорт файлів у різні формати	Texturing та багато типів симуляцій – Simulations. Крос-платформний з графічним інтерфейсом користувача OpenGL, який є уніфікованим на усіх головних платформах (а також кастомізованим за допомогою скриптів на Python). Високоякісна архітектура 3D, що дозволяє швидкий та ефективний робопотік. Активна підтримка спільноти. Малий розмір виконуваного файлу, який є факультативно портативний.
Модель ціноутворення	Платна, підписка	Платна	Платна, знижка за студентською реєстрацією Махон	Платна, знижка за студентською реєстрацією Махон	Безкоштовна Open source

Сучасний ринок професійних програмних рішень для тривимірного моделювання може задовольнити найвибагливішого клієнта, досить лише обрати програму, яка максимально підходить для реалізації конкретного проекту.

1.3 Опис програмного пакету для створення тривимірної комп'ютерної графіки Blender

Для реалізації мети даної роботи обрано Blender – це безкоштовний пакет для створення тривимірної графіки з відкритим вихідним кодом. Він підтримує весь конвеєр тривимірного моделювання:

- ригінг;
- анімацію;
- симуляцію;
- рендеринг;
- композитинг і відстеження руху;
- відеомонтаж і створення ігор.

Сказане вже великою мірою пояснює наш вибір. На користь Blender говорить також той факт, що досвідчені користувачі використовують його для реалізації сценаріїв Python, щоб налаштовувати програму та писати спеціалізовані інструменти; часто вони включаються до майбутніх випусків

Blender є кросплатформним і однаково добре працює на комп'ютерах з Linux, Windows та Macintosh. Його інтерфейс використовує OpenGL для забезпечення стабільної роботи. Для підтвердження конкретної сумісності у списку підтримуваних платформ вказані ті, що регулярно тестуються командою розробників. Як проект, керований спільнотою під Загальною публічною ліцензією, громадськість має можливість вносити малі та великі зміни до кодової бази, що веде до появи нових можливостей, оперативного виправлення помилок та покращення зручності використання.

Вимоги до апаратного забезпечення:

- мінімум 64-бітний чотирьохядерний процесор з підтримкою SSE4.2;
- 8 ГБ оперативної пам'яті;
- дисплей 1920×1080 Full HD;
- миша, трекпад або ручка + планшет;

- 2 ГБ VRAM відеокарта з підтримкою OpenGL 4.3;
- не старіше 10 років.

Рекомендовано:

- 64-бітний восьмиядерний процесор;
- 32 ГБ оперативної пам'яті;
- дисплей 2560×1440;
- миша з трьома кнопками або ручка + планшет;
- відеокарта з 8 ГБ VRAM.

Підтримувані відеокарти. Слід завжди встановлювати найновіші драйвери з веб-сайту виробника відеокарти. Ці вимоги стосуються базової роботи Blender'a, рендеринг циклів з використанням графічного процесора має вищі вимоги.

NVIDIA. GeForce 400 і новіші, архітектура графічного процесора Quadro Tesla і новіші, включаючи карти на базі RTX, з драйверами NVIDIA.

AMD. GCN 1-го покоління та новіші. Починаючи з Blender 2.91, архітектура Terascale 2 повністю застаріла, спробуйте використовувати Blender 2.90 (хоча вона і не підтримується, але все ще може працювати).

Intel. Архітектура Broadwell та новіші.

Apple. Apple Silicon: macOS версії 11.0 або новішої

Intel: macOS версії 10.15 або новішої

Незважаючи на те, що вимоги до Blender'a з часом оновлюються для запуску на найновішому обладнанні та драйверах, усі попередні версії Blender'a завжди будуть доступні. Як стверджує виробник: «Ваш старий комп'ютер може запускати Blender вічно» [21].

Blender 2.79 працює на всіх системах, що підтримують OpenGL 2.1 і вище, з найновішими графічними драйверами. Blender 2.76 та попередні версії потребують відеокарт з підтримкою OpenGL 1.4. Починаючи з Blender 2.93 LTS Windows 7 більше не підтримується. Microsoft припинила підтримку Windows 7 у січні 2020 року. Blender 2.76 підтримує Windows XP або новіші версії.

macOS

Blender 2.9x до 3.4 потребує macOS 10.13+.

Blender 2.8x потребує macOS 10.12+.

Blender 2.79 потребує macOS 10.9+

Blender постачається з потужним рушієм візуалізації, який забезпечує ультрареалістичну візуалізацію. *Рушієм виробничого рендеру* Blender'a на основі трасування променів є Cycles. В його основі лежить односпрямована трасування траєкторій з вибіркою за кількома значеннями важливості. Візуалізація здійснюється на багатоядерних процесорах з SIMD прискоренням. Візуалізація на графічному процесорі реалізується за допомогою:

NVIDIA: CUDA, OptiX

AMD: HIP

Intel: OneAPI

Apple: Metal

Можлива підтримка декількох графічних процесорів, уніфіковане ядро рендерингу для CPU та GPU.

Широкий набір інструментів *проектування та моделювання* у Blender'і дозволяє легко створювати, трансформувати, ліпити та редагувати моделі. Інструменти моделювання у Blender'і включають в себе:

- комбінації клавіш для швидкої роботи;
- підтримку N-Gon;
- зсув, руйнування та розчинення ребер;
- заливку сітки та мостів;
- Python-скрипти для кастомних інструментів та доповнень.

Модифікатори – це автоматичні операції, які впливають на об'єкт у неруйнівний спосіб. За допомогою модифікаторів можна автоматично виконувати багато ефектів, які інакше було б занадто довго оновлювати вручну (наприклад, поверхні розбиття), не впливаючи на базову геометрію об'єкта. Модифікатори змінюють спосіб відображення та рендерингу об'єкта,

але не його геометрію, яку ви можна редагувати безпосередньо. Є можливість додати кілька модифікаторів до одного об'єкта, щоб сформувати стек модифікаторів, і застосувати модифікатор, якщо є необхідність зробити його зміни постійними [22].

В Blender'і можна легко розгорнути сіть та використовувати текстури зображень або малювати власні безпосередньо на моделі. Blender дозволяє створювати швидке проектування куба, циліндра, сфери та камери; конформне та кутове розгортання (зі швами по краях та закріпленням вершин); малювання безпосередньо на сітці; кілька UV-шарів та експорт зображень UV-макетів.

Blender дозволяє художникам перетворювати нерухомих персонажів на вражаючу анімацію – чи то простий ключовий кадр, чи то складний цикл ходьби. Набір можливостей для анімації у Blender'і:

- редактор поз для анімації персонажів;
- нелінійна анімація (NLA) для незалежних рухів;
- кінематика прямого/зворотного руху для швидких поз;
- синхронізація звуку.

Перетворення моделі на персонажа, який можна позувати, не просте завдання, але не з набором інструментів для ригінгу, який пропонує Blender:

- скелет і автоматичне покриття шкірою (skinning);
- додавання ваги;
- функція дзеркала
- шари кісток і кольорові групи для організації B-сплайнових інтерпольованих кісток.

Клавіші Shape (Форма) використовуються для деформації об'єктів у нові форми для анімації. Іншою термінологією клавіші форми можуть називатися "морфінг-цілі" або "змішування фігур". Найпоширеніші випадки використання клавіш форми – це анімація обличчя персонажів, а також налаштування та вдосконалення скелетів. Вони особливо корисні для моделювання органічних м'яких частин і м'язів, де потрібен більший контроль над результуючою формою, ніж той, якого можна досягти за допомогою

комбінації обертання і масштабування. Інструмент «Траєкторії руху» (The Motion Paths tool) дозволяє візуалізувати рух точок у вигляді траєкторій на серії кадрів. Цими точками можуть бути вихідні дані об'єкта і з'єднання кісток.

Blender підтримує готове до виробництва відстеження камер та об'єктів, що дозволяє імпортувати необроблені кадри, відстежувати їх, маскувати області та реконструювати рухи камери в реальному часі у 3D-сцені. Усуває необхідність перемикатися між програмами.

Blender постачається з повноцінним вбудованим композитором. Це дозволяє обробляти рендери, не виходячи з Blender'a. Сюди входить:

- бібліотека вузлів для створення камерних ефектів, кольороподілу, віньеток та багато іншого;
- підтримка шарів візуалізації;
- повноцінний композитинг із зображеннями та відеофайлами;
- можливість рендерингу у багат шарові OpenEXR файли;
- багатопотоковість.

Висновки до розділу 1

У першому розділі на основі теоретичного аналіз наукової та навчальної літератури було визначено основи процесу тривимірного моделювання як процесу створення цифрового зображення поверхні або об'єкта, за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Перевагою саме цього методу тривимірного моделювання є можливість його використання для проектування чогось, чого ще не існує – чогось абсолютно унікального, наприклад, фантастичної істоти у відеогрі.

Було також розглянуто основні техніки моделювання, які можна використовувати для створення моделі з нуля, зокрема, параметричне моделювання і полігональне моделювання, а також цифрове формотворення чи, інакше кажучи, ліплення.

Практичному аналізу підпали актуальні програмні засоби (програмне забезпечення) для моделювання тривимірних об'єктів, серед них: Autodesk Maya, ZBrush, AutoCAD, Cinema 4D та ін.

Найбільш детально було охарактеризовано особливості роботи в тривимірному редакторі Blender та вивчено можливості цього програмного пакету для створення тривимірної комп'ютерної графіки. Саме його було обрано як найбільш прийнятний інструмент розробки тривимірних моделей ігрових об'єктів.

Blender добре підходить для приватного використання, є безкоштовним пакетом відкритим вихідним кодом, підтримує весь процес тривимірного моделювання завдяки уніфікованому конвеєру та гнучкому процесу розробки.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ

2.1 Створення тривимірних моделей для гри

Створення 3D-моделі для гри це складний процес який ділиться на декілька етапів. На першому етапі розробляється концепція. Він присвячений визначенню конкретних вимог до моделі. Це може включати розміри, стиль, функціональність та інші параметри.

Другий етап це моделювання. Спочатку створюється грубий 3D-скетч для визначення основних форм та пропорцій моделі. Після цього за допомогою спеціалізованих програм створюється деталізована геометрія моделі.

Третій етап полягає в текстурних роботах, тобто створенні на моделі UV-розгортки. Це процес визначення та розміщення текстурних координат на поверхні моделі. Потім створюються текстури для визначення кольорів, параметрів поверхні та інших атрибутів моделі.

Четвертий етап це ригінг або скелетна анімація. Завданням цього етапу є створення скелету для анімації моделі та прив'язка цього скелету до полігонів моделі.

П'ятий етап це власне анімація. Після створення скелету модель має бути анімована. В ході реалізації анімації має враховуватись стиль поведінки, ключові кадри анімації та плавні переходи між ними. Ці переходи називають інтерполяцією кадрів.

Заключні етапи це оптимізація та інтеграція моделі. Оптимізують модель за допомогою зменшення полігонів без погіршення якості. Після цього її експортують та інтегрують в ігровий двигун для подальшого використання.

В рамках виконання останнього завдання представленої роботи слід розробити тривимірну модель об'єктів і оточення для комп'ютерної гри, а також зробити анімацію. Створені моделі та анімація можуть бути використані

при розробці комп'ютерної гри для віртуальної реальності.

У якості гри проекту було обрано шахи. Згідно з *концепцією* модель має представляти шахову дошку з набором фігур класичної форми у футуристичному стилі з неонововою підсвіткою та двома роботами в тому ж стилі, які будуть виступати аватарами і служити для демонстрації ігрового процесу. Світлові елементи мають підкреслити витонченість форм ігрових фігур, зробити їх вигляд більш сучасним і донести ідею незмінної актуальності гри, що лишається популярною вже багато віків. Наступним після визначення концепції кроком став пошук референсів. За основу було обрано два зображення (Рис. 2.1).



Рис. 2.1 Референсні зображення проекту

Продемонструємо поетапне створення 3D-моделі однієї з фігур, а саме тури. Почнемо із додавання референсного фото шахів і створення на просторі 2D-кола з 32 ребер (Рис. 2.2).

Тепер перейдемо у режим редагування (Edit Mode), яке викликається на гарячу клавішу Tab, та заповнимо коло за допомогою інструменту Fill, який викликається на гарячу клавішу F, щоб створити перший полігон для основи нашої фігури. Fill – це інструмент режиму редагування який створює полігон між виділеними ребрами.

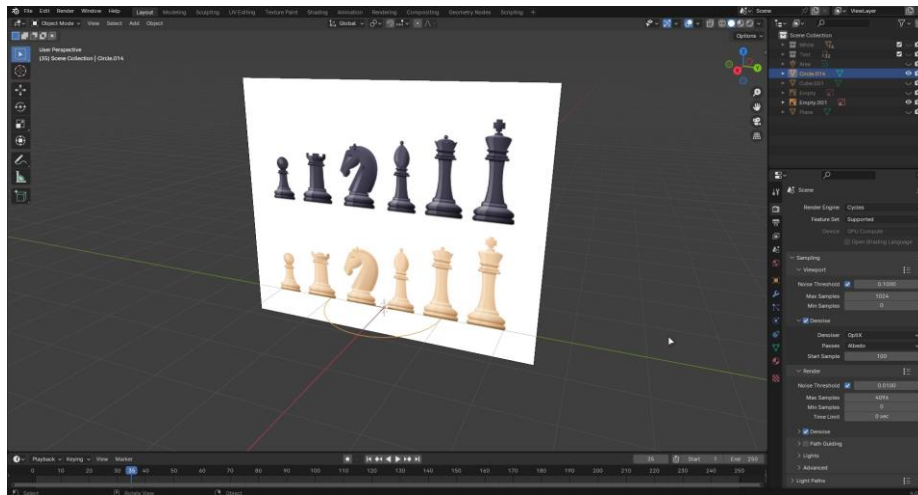


Рис. 2.2 Додавання референсного фото шахів і створення 2D-кола
Потім почнемо формувати основу фігури за допомогою інструментів Extrude та Scale. Extrude – це інструмент режиму редагування (викликається на гарячу клавішу E). Він дає змогу вдавлювати чи витягувати виділені полігони на моделі. Так ми зробимо коло об’ємним. Scale – це універсальний інструмент за допомогою якого можна збільшувати об’єкти, полігони та їх ребра (викликається на гарячу клавішу S) (Рис. 2.3).

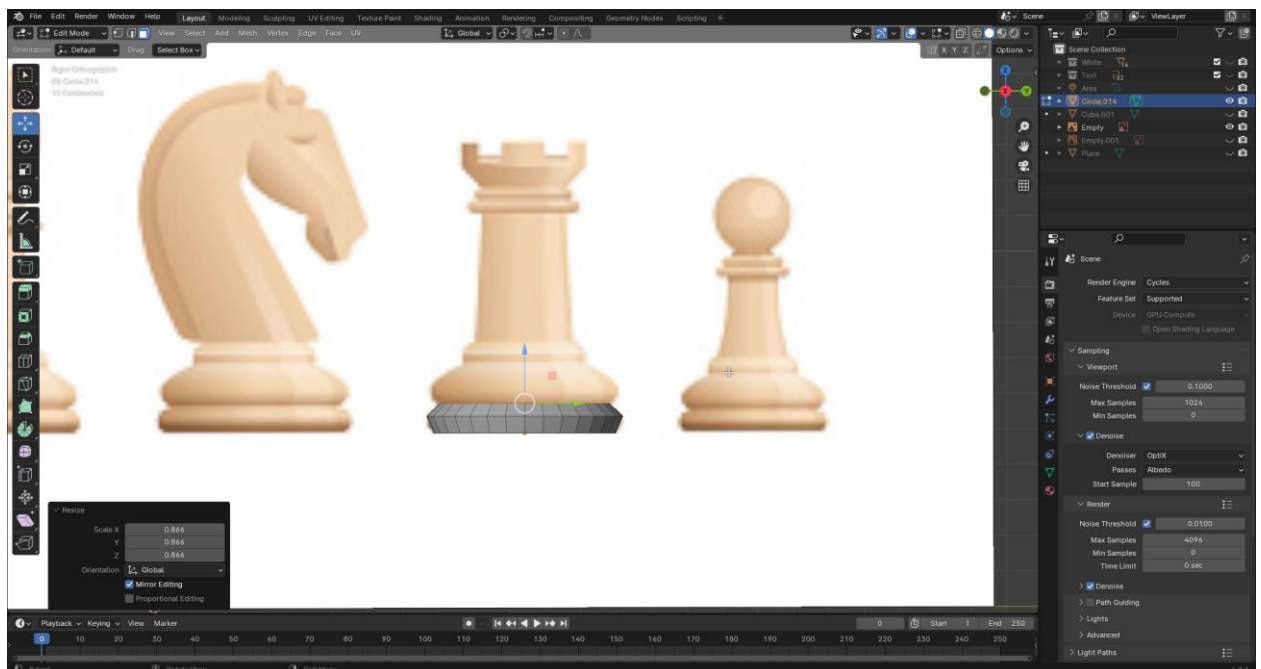


Рис. 2.3 Редагування полігонів

Після створення основи продовжуємо формування фігури повторюючи її обриси на референсному зображенні. Для повторення форми ми спочатку використовуємо Extrude, щоб створити колону, а потім використовуємо Scale

для збільшення чи зменшення радіусу деяких кілець (Рис. 2.4).

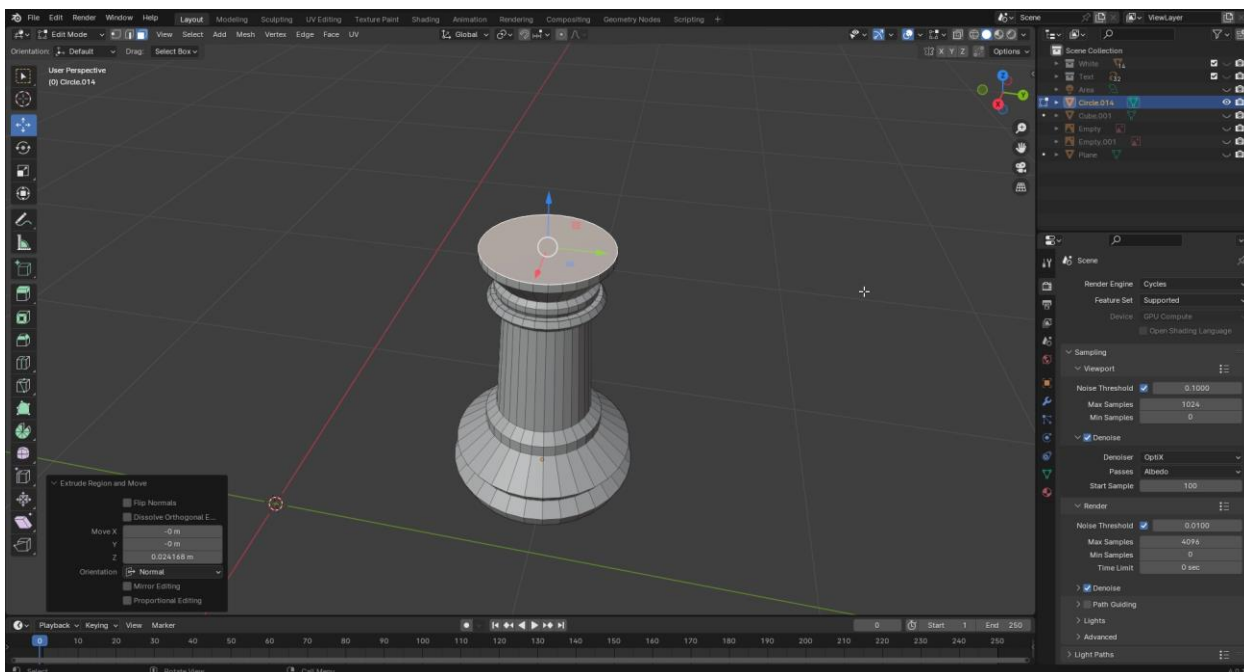


Рис. 2.4 Створення колони

3D-модель фігури майже готова. Залишилось зробити турі «корону». Для цього було використано інструменти Extrude і Scale, а також новий інструмент Inset. Це інструмент режиму редагування, завдяки якому полігон можна розділити на менші полігони (Рис. 2.5).

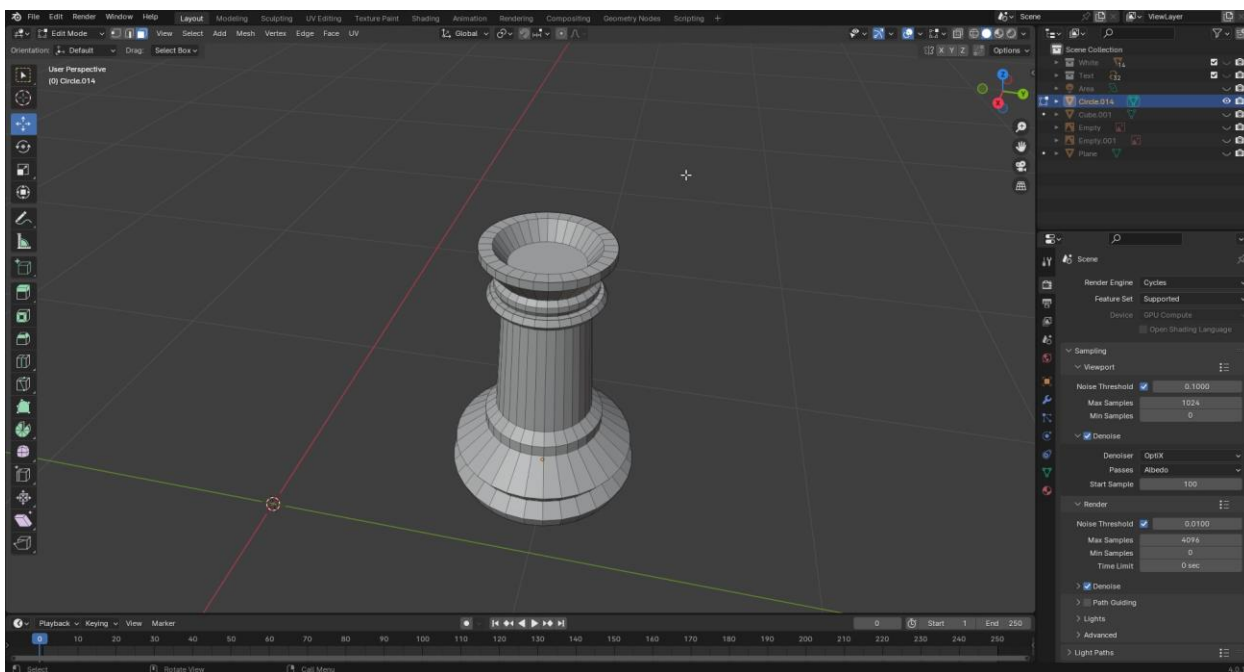


Рис. 2.5 Моделювання верхівки тури

Щоб зробити корону, виділимо полігони чотири через чотири і екструдуємо їх (Рис. 2.6).

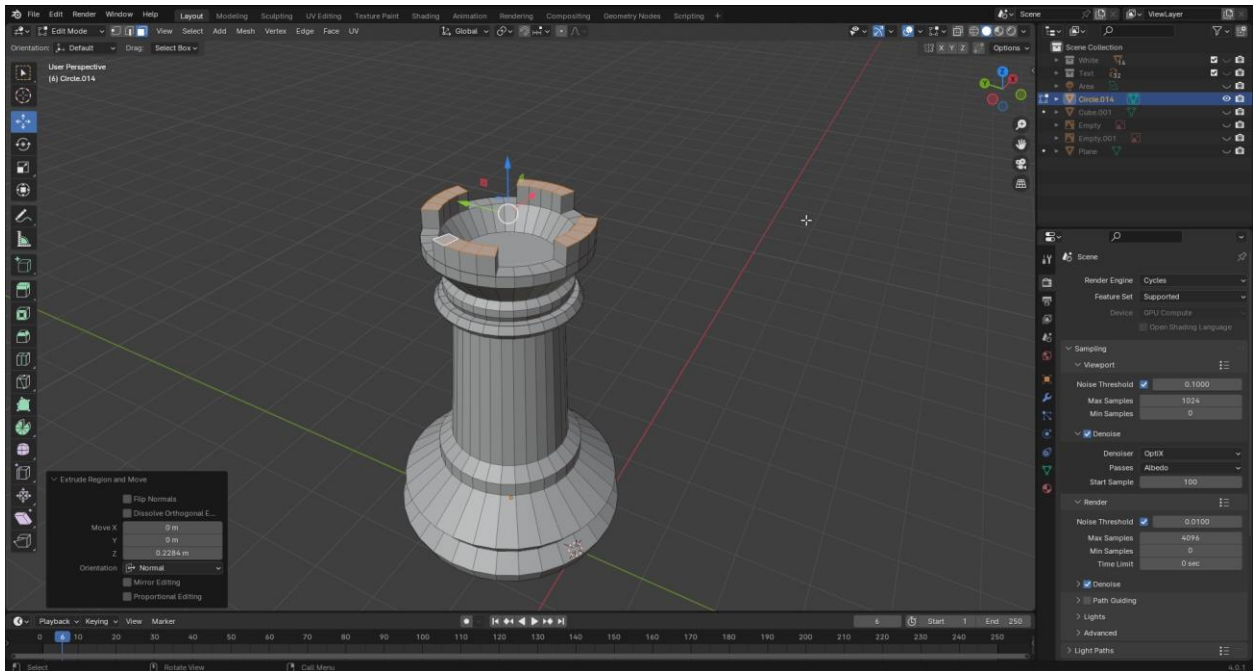


Рис. 2.6 Екструдування полігонів

Далі слід було трохи заокруглити модель. Для цього прислужився інструмент Bevel Edges, завдяки якому стає доступним режим редагування, що і дозволяє заокруглювати ребра на фігурі. Виклик інструменту здійснюється комбінацією клавіш Ctrl+B (Рис. 2.7).

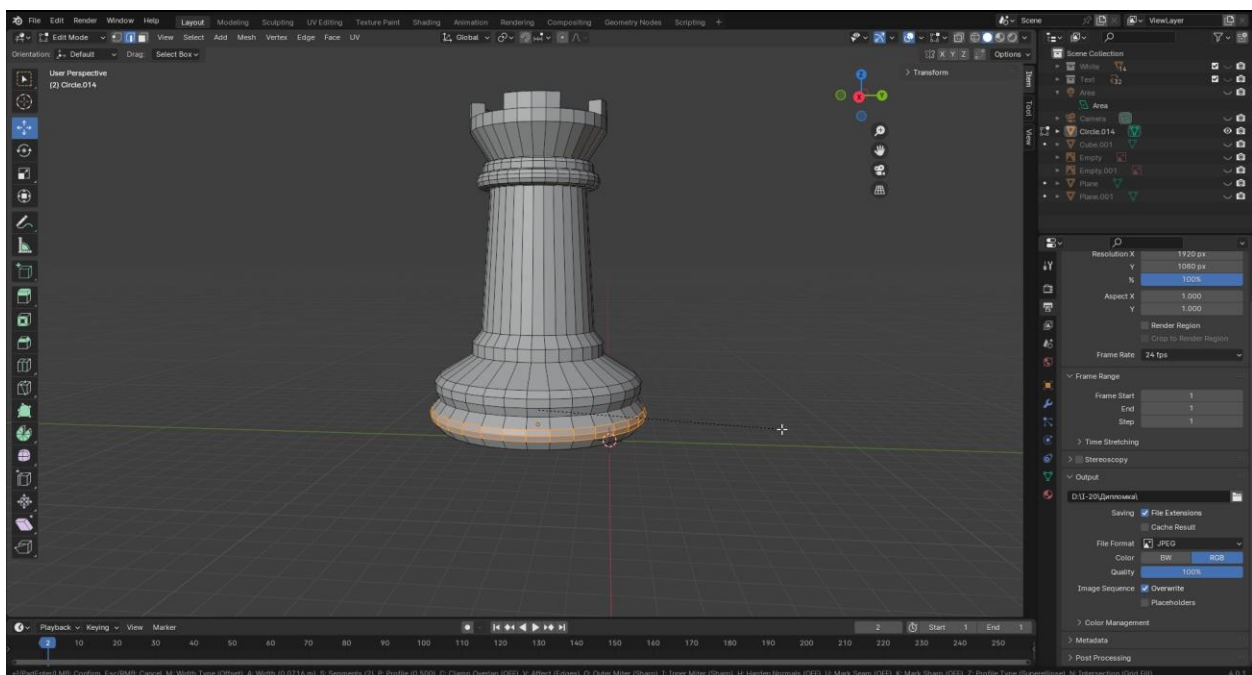


Рис. 2.7 Заокруглення ребер фігури

Модель тури сформована. Щоб переконатись у правильності створення моделі переводимо її в режим відображення Shade Smooth (викликається натисканням правої клавіші миші на моделі і вибиранням його у контекстному меню). Цей режим згладжує усі ребра на моделі. Якщо полігони розташовані неправильно, модель буде відображатись із вадами. Як видно на Рисунку 2.8 все було зроблено правильно.

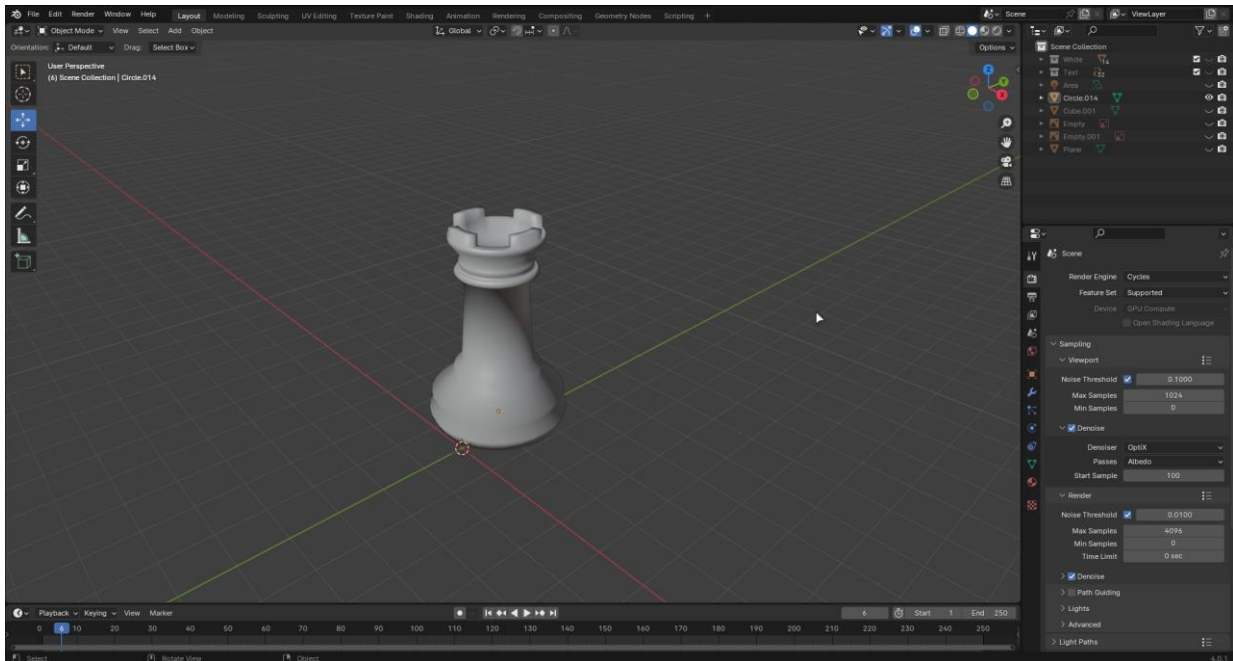



Рис. 2.8 Сформована модель тури

Наступним етапом стало текстурування моделі. Після переходу в режим сцени під назвою Material Review , на фігуру було накладено базовий матеріал, доступний у меню Material. В нашому випадку це глянцевий матеріал білого кольору.

Згідно з концепцією проекту модель повинна бути виконана у футуристичному стилі. Задля цього було вирішено додати до фігури елементи неонових освітлення. Реалізація задуму проходила в режимі редагування, де було виділено ті полігони, які будуть світитися. Наступним кроком було накладання на них матеріалу, який світиться блакитним кольором, і роботу над моделлю було завершено (Рис. 2.9).

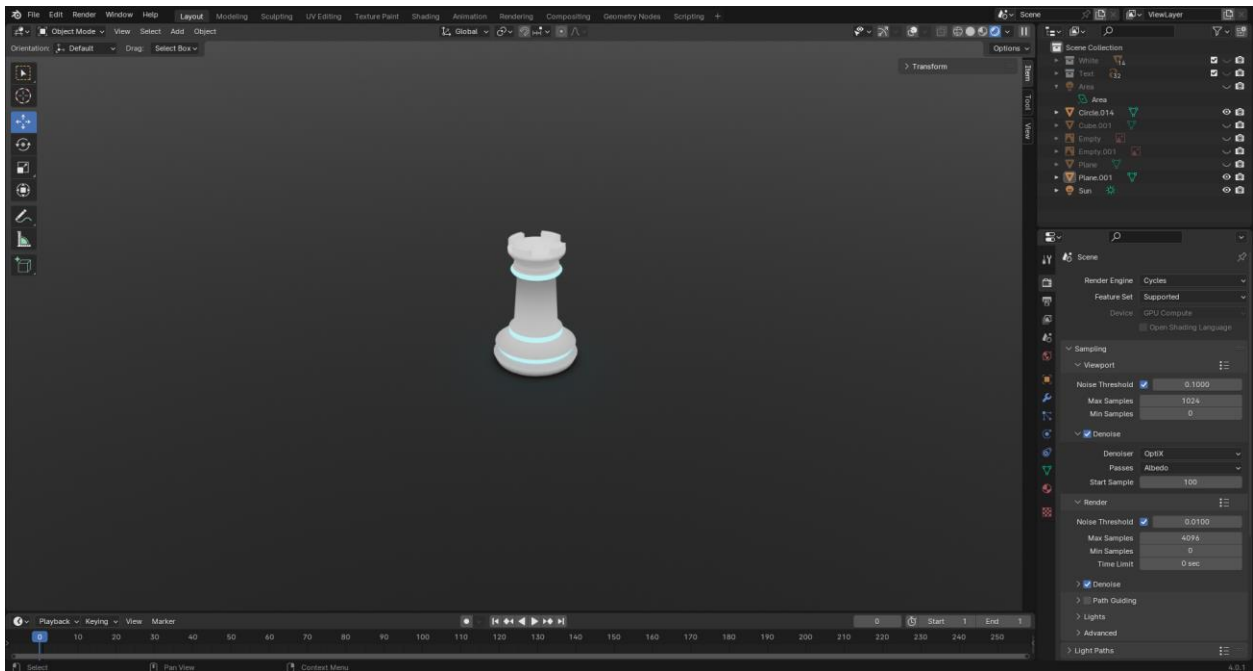
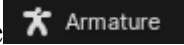


Рис. 2.9 Готова модель фігури тури

Інші фігуру, гральну дошку та двох роботів-гравців було створено в аналогічний спосіб, то ж у пункті 2.2 роботи переходимо до наступного етапу, а саме до створення скелету та анімації.

2.2 Створення скелету для моделі робота та анімації

Перед анімуванням треба створити скелет для роботів-шахістів. Цей процес називається ригінгом і може реалізуватись двома методами (автоматичним і ручним). Перший метод потребує менше часу і є порівняно нескладним, але не досить точним без наступного доопрацювання. Він більш підходить для анімування цільних моделей. Другий метод, навпаки, має перевагу в точності, однак займає більше часу. Для даного проекту, вважаємо за доцільне, використати другий метод, оскільки представлена модель складається з кількох частин.

Для початку створимо першу кістку скелета на сцені. Назва цього елемента Armature  (Рис. 2.10).

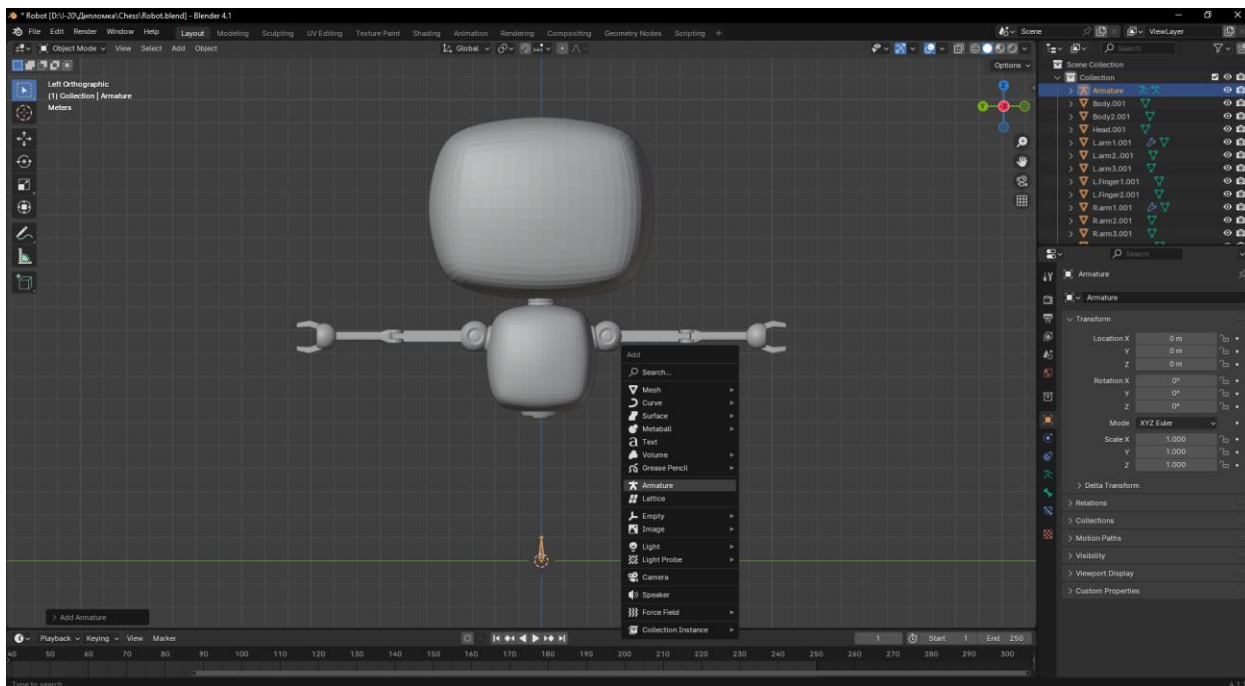


Рис. 2.10 Створення Armature на сцені

Для комфортної роботи зі скелетом заходимо в меню **Data**, що розташоване в правому стовпці, відкриваємо пункт **Viewport Display** та активуємо режим відображення скелету **In Front**. Цей режим дозволяє бачити скелет крізь об'єкти. Тепер переходимо у режим редагування. За допомогою інструментів **Scale** та **Extrude** створюємо кістки тулуба, шиї та голови (Рис. 2.11).

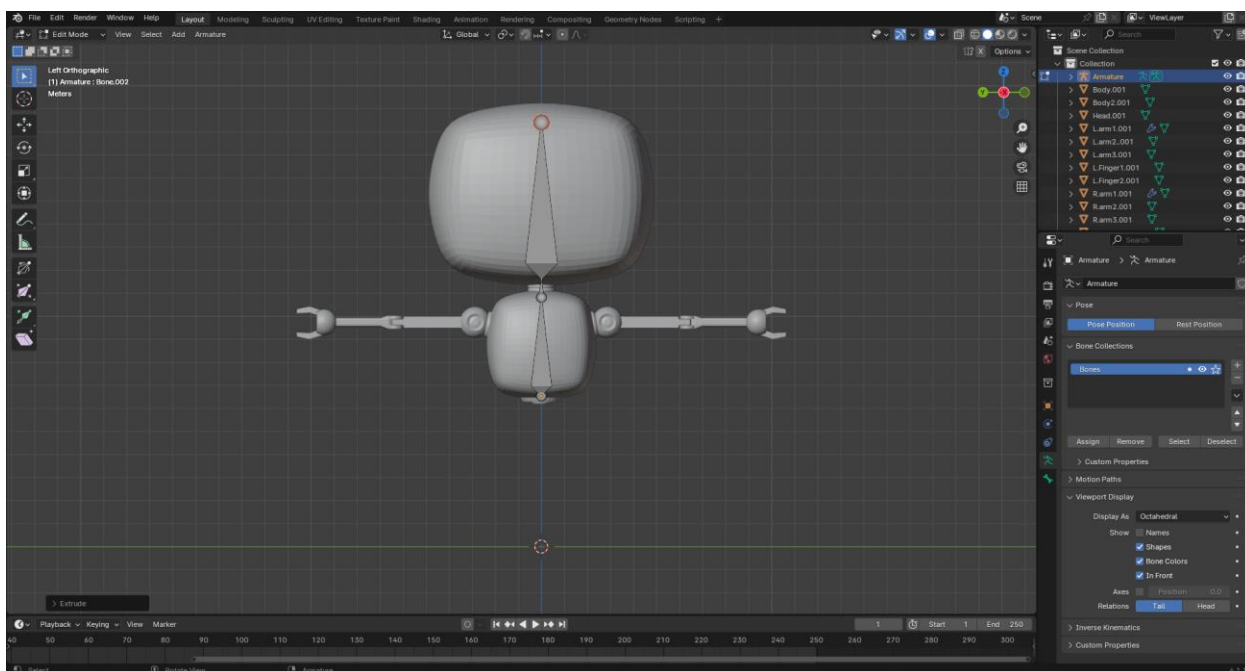


Рис. 2.11 Створення кісток тулуба, шиї та голови

Після цього переходимо до скелету рук. За допомогою комбінації клавіш Shift+A створюємо кістку плеча та підганяємо її за розмірами до параметрів робота. Далі «вибираємо» новостворену кістку і кістку тулуба, але спочатку саме кістку плеча, а потім тулуба. В цьому випадку послідовність виконання важлива, оскільки слід прив'язувати плече, а отже надалі і всю руку, та робити його дочірньою кісткою тулуба (а не навпаки). Потім наводимо курсор на сцену та натискаємо комбінацію клавіш Ctrl+P. У меню, що з'явилося, натискаємо пункт Keep Offset. Ми бачимо пунктирну лінію між тулубом і плечовою кісткою, а отже все було зроблено правильно й кістка плеча тепер прив'язана до тулуба (Рис. 2.12).

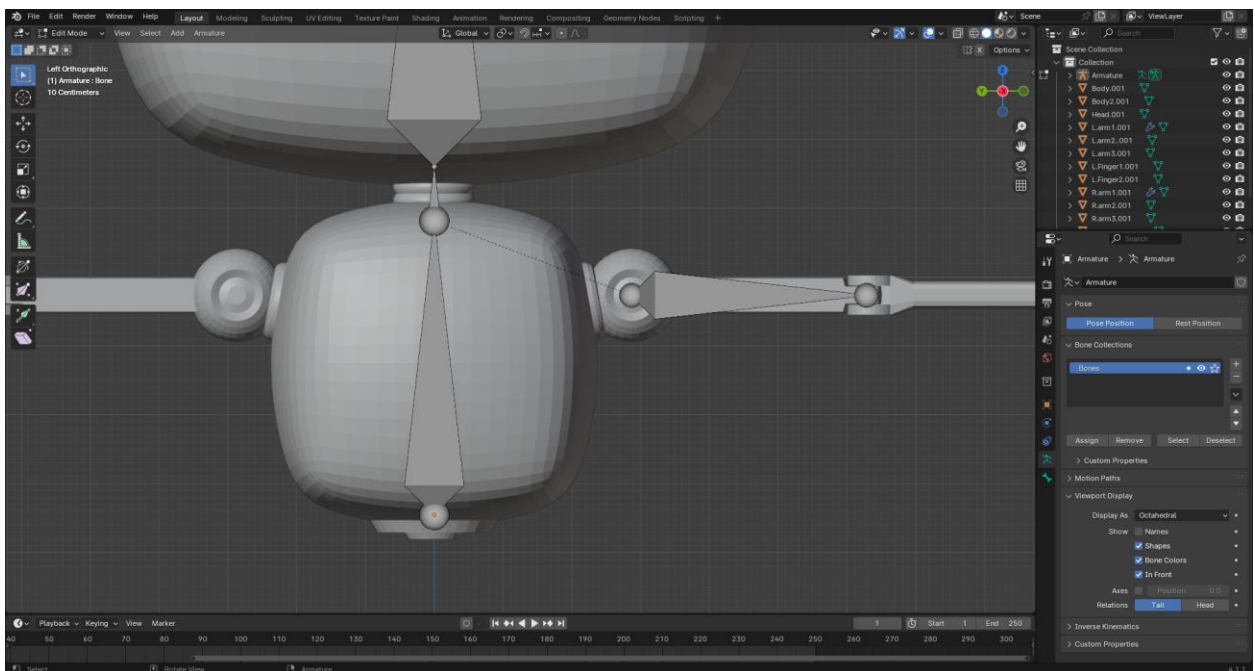


Рис. 2.12 Прив'язка кістки плеча до тулуба

Після створення скелету для всього робота потрібно додати ще декілька кісток для полегшення подальшої анімації. На руках треба створити дві додаткові кістки (скажімо, кістки пальців) для того, щоб робот міг тримати шахову фігуру. Потім додаємо ще одну кістку, яка буде відповідати за незалежне переміщення усієї моделі. Ставимо її там, де буде зручно, та прив'язуємо до неї кістку тулуба за допомогою Keep Offset. Отримуємо наступний результат (Рис. 2.13).

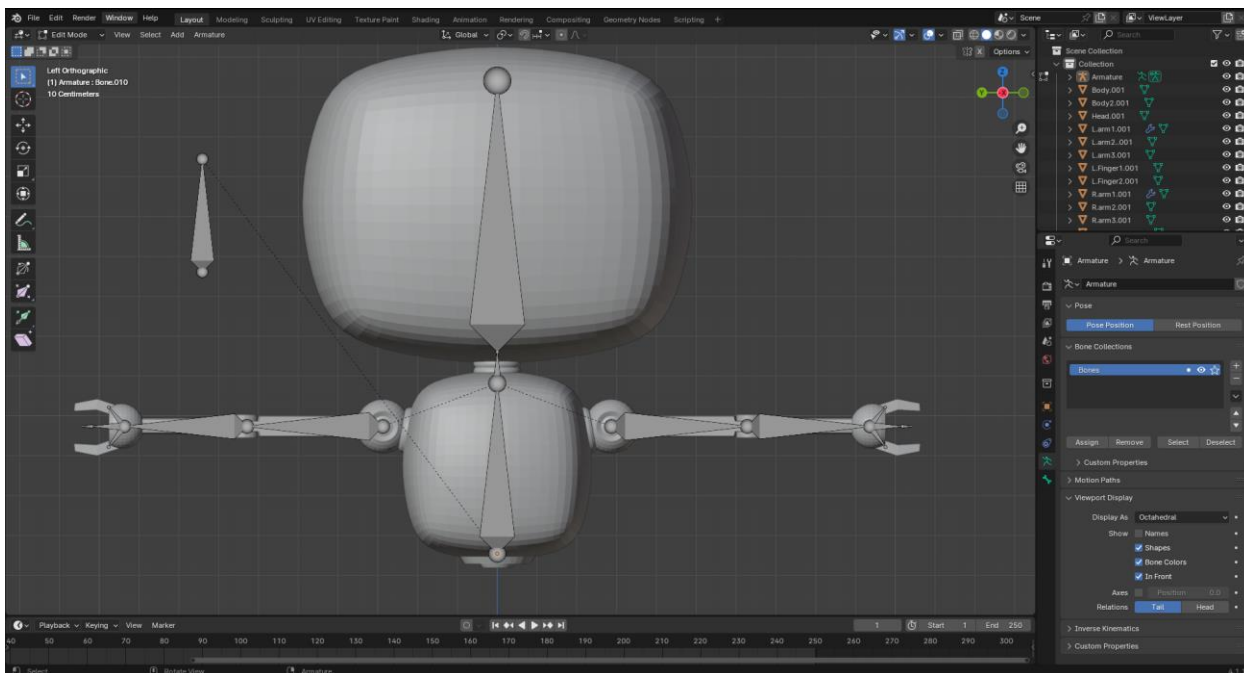


Рис. 2.13 Створення опорної кістки та кісток для тримання об'єктів

Наступним етапом є процес ригінгу. Переходимо в меню Pose Mode. Тепер «вибираємо» кістку голови та у списку об'єктів справа обираємо голову. Натискаємо Ctrl+P та в меню обираємо пункт Bone. В результаті голова є прив'язана до кістки голови. Так робимо з кожною кісткою, окрім додаткових, та перевіряємо прив'язку, ставлячи модель у якусь позу (Рис. 2.14).

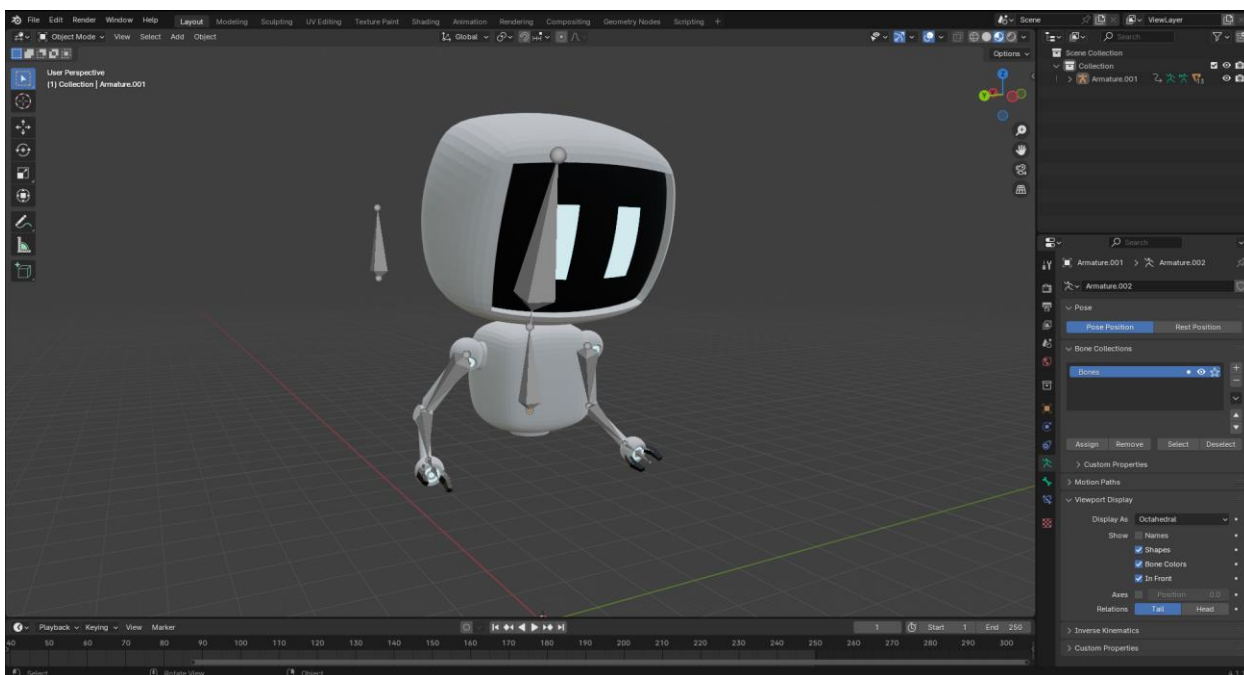


Рис. 2.14 Перевірка ригінгу

Виставляємо усі об'єкти на сцені (Рис. 2.15).

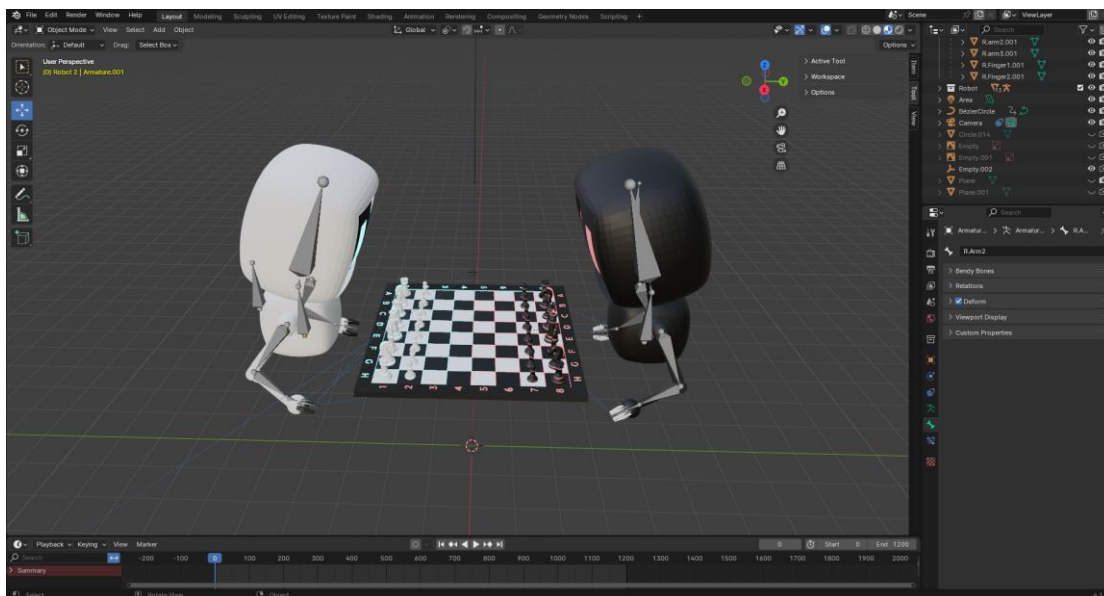



Рис. 2.15 Розміщення об'єктів на сцені

Перед початком створення анімації блокуємо рух ліктьового суглобу за двома осям Y та Z, оскільки нам треба, щоб лікоть згинався тільки по осі X. Для цього слід знайти в меню справа Bone  і в пункті Inverse Kinematics поставити блокування на ІК Y та ІК Z (Рис. 2.16)

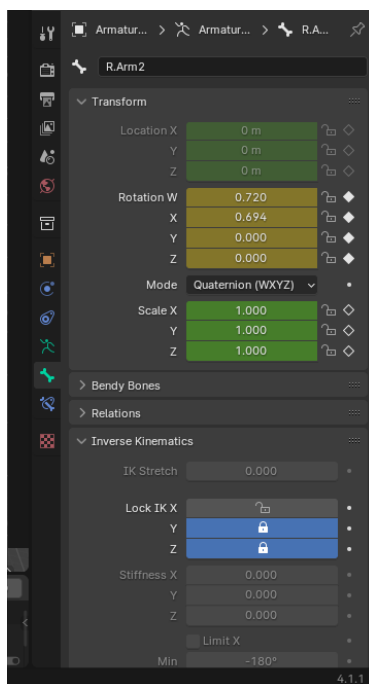


Рис. 2.16 Блокування осей Y та Z

Після цього заходимо в меню Tool та активуємо режим Auto ІК. Це режим автоматичної інверсивної кінематики, який використовується для полегшення анімування скелету. Без інверсивної кінематики кожна кістка рухається виключно окремо, а завдяки її використанню рух однієї кістки задіює суміжні кістки. Так рухи виглядають природньо (Рис. 2.17).

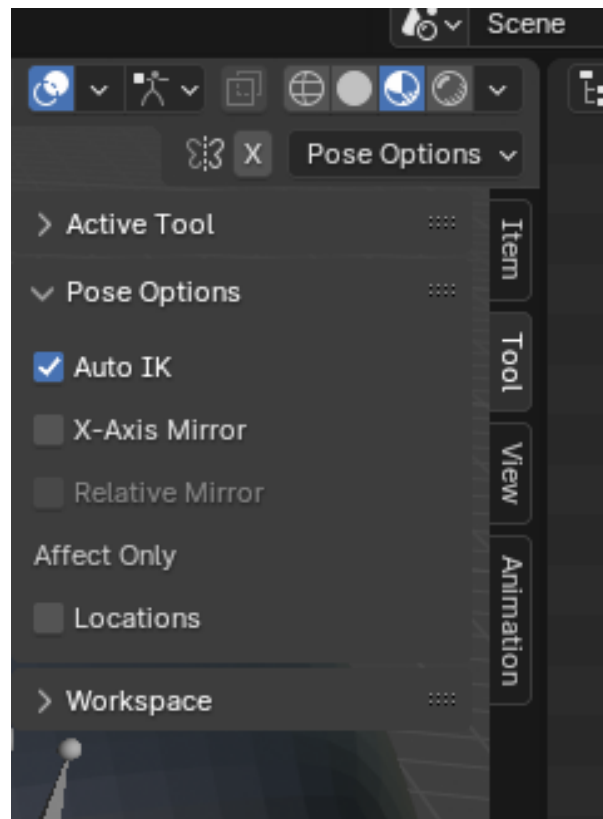


Рис. 2.17 Ввімкнення режиму автоматичної інверсивної кінематики

На наступному етапі переходимо до анімації. В нижній частині інтерфейсу знаходиться таймлайн. У верхній правій частині таймлайну є два пункти Start і End. Встановлюємо значення Start на 0 і End на 1200. Це означає, що в нашій анімації буде 1200 кадрів. Перший хід робитиме білий робот, тому виділяємо скелет та переходимо в режим Pose Mode. Ставимо таймлайн на нульовий кадр (Рис. 2.18).

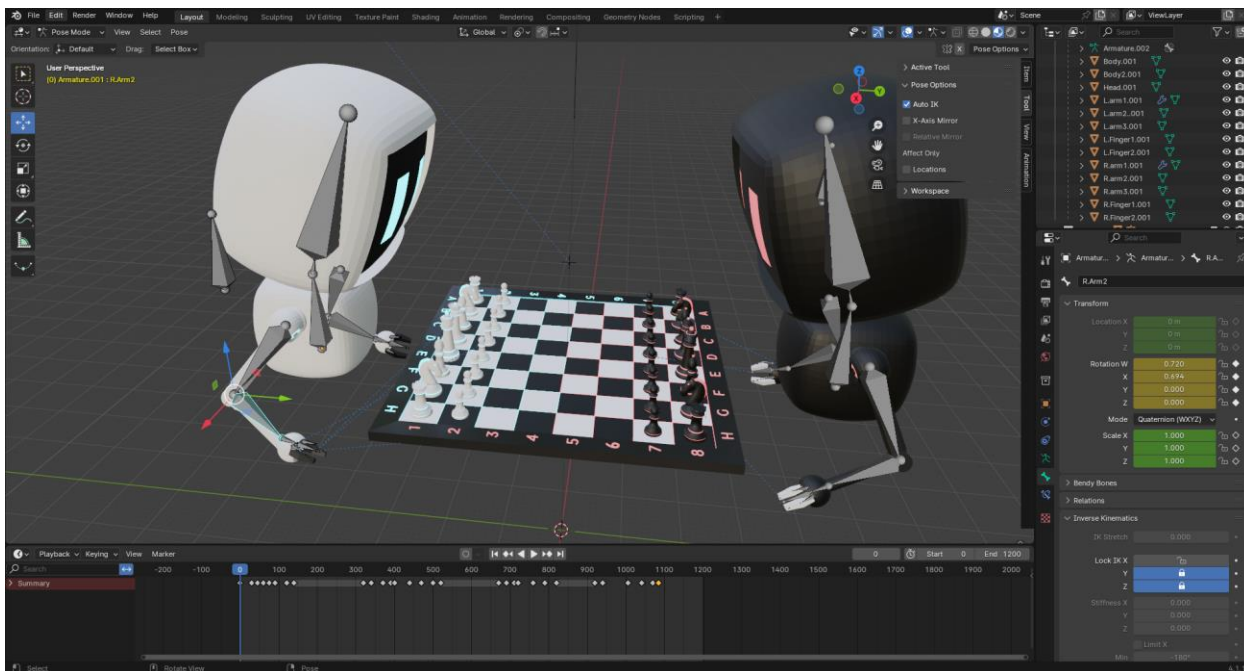



Рис. 2.18 Нульовий кадр

Тепер виділяємо кожну кістку та створюємо для них ключові кадри  за допомогою гарячої клавіші I. Ключові кадри повинні з'явитись на таймлайні. Далі переходимо на тридцятий кадр та піднімаємо руку робота й знову виділяємо всі кістки та робимо ключові кадри (Рис. 2.19).

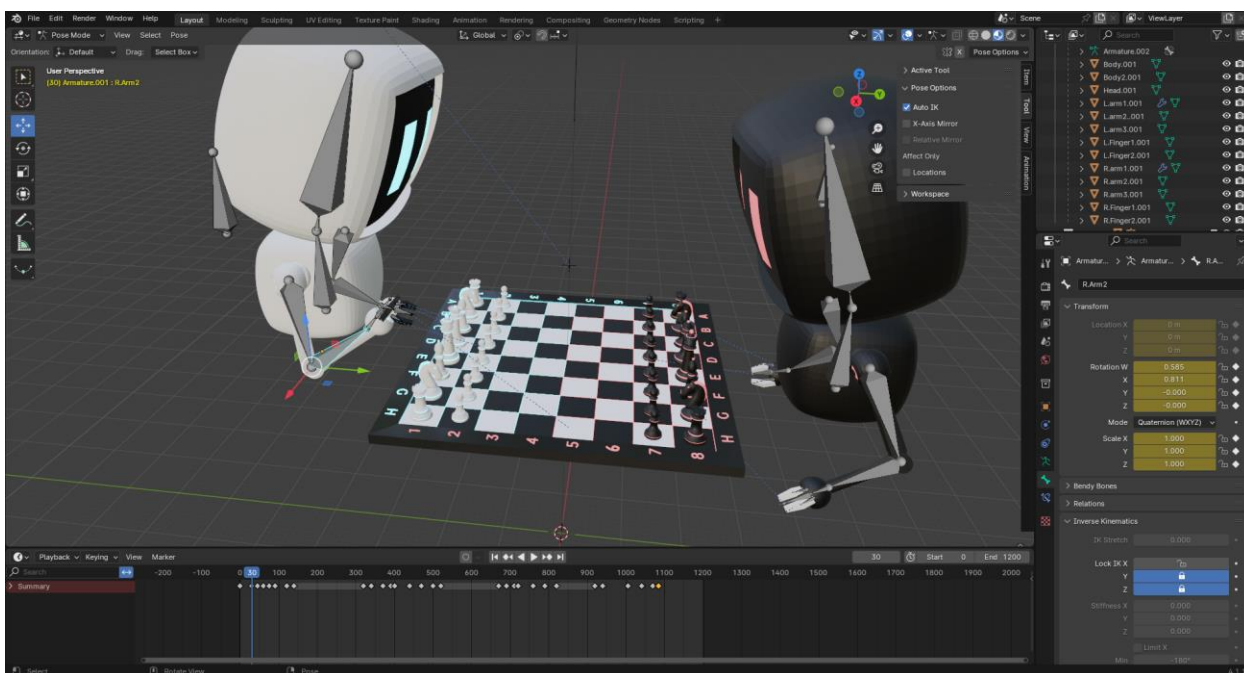




Рис.2.19 Кадр 30

Продовжуємо анімувати до моменту пересування шахової фігури. На кадрі 60 робот бере в руку пішака. Для цього використаємо метод Child Of. В Object Mode «вибираємо» пішака, заходимо в меню Constraints  та додаємо обмеження Child Of . В налаштуваннях обмеження в полі Target обираємо скелет і в полі Bone обираємо додаткову кістку, яку ми створили на руці робота (Рис. 2.20).

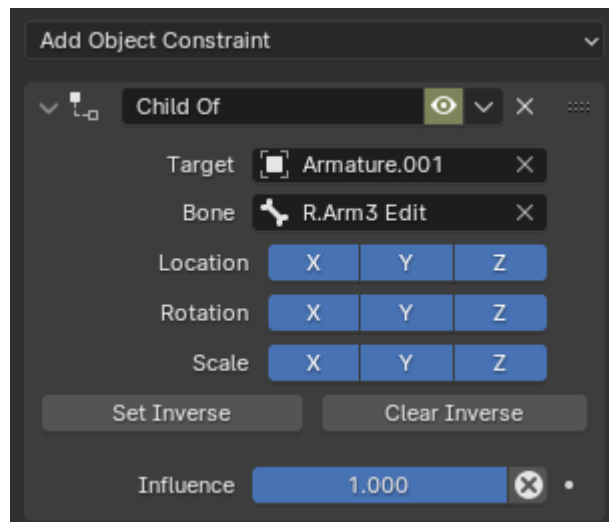




Рис. 2.20 Child Of

Тепер переходимо на кадр 59. Наводимо курсор на іконку око  в полі Child Of та натискаємо на неї, щоб око заплющилось  і, не відводячи курсору, натискаємо I і на кадрі 60 повторюємо ті самі дії, але із розплющеним оком. Тепер пішак стає прив'язаним до кістки «пальців» лише на кадрі 60, а на 59-му він буде стояти на дошці.





Анімацію слід продовжувати до моменту відпускання фігури роботом. Це відбувається на 90-му кадрі й на ньому ж має бути ключовий кадр для обмеження. Переходимо на кадр 91 і робимо ключовий кадр із заплющеним оком. Але ми побачимо, що пішак стане на своє початкове місце. Для того, щоб шахова фігура повернулась і залишилась на позиції переміщення (на клітинці зробленого ходу), треба знову перейти на кадр 90, навести курсор на сцену, натиснути гарячу клавішу K та в меню, що з'явилося, вибрати пункт Location, Rotation & Scale. Це збереже початкову позицію пішака. Після цього

на кадрі 91 «розплющуємо» око, але не робимо ключовий кадр, і знову натискаємо К та вибираємо пункт Visual Location, Rotation & Scale. Після цього знову перейдемо на кадр 90, а потім на кадр 91 і побачимо, що тепер пішак не повертається до своєї початкової позиції, а залишається на клітинці ходу, який зробив робот.

Згідно з усіма викладеними вище рекомендаціями потрібно довести анімування до завершення.

2.3 Налаштування сцени, освітлення та рендеру

Після створення анімації треба налаштувати задній фон та освітлення. У Blender є декілька типів освітлення сцени:

- Point  – точка освітлення, яка дає світло навколо себе (схоже на світлячків);
- Sun  – симуляція сонця (повністю освітлює сцену);
- Spot  – пучок світла;
- Area  – джерело світла, яке виконує роль софтбоксу (направляється на певну територію, але дає не настільки концентроване освітлення як Spot Light).

В нашому проєкті було використано Area Light з потужністю 10000W та чорний колір фону. Колір фону виставляється через меню Surface в налаштуваннях сцени за допомогою ноди Background (Рис. 2.21).

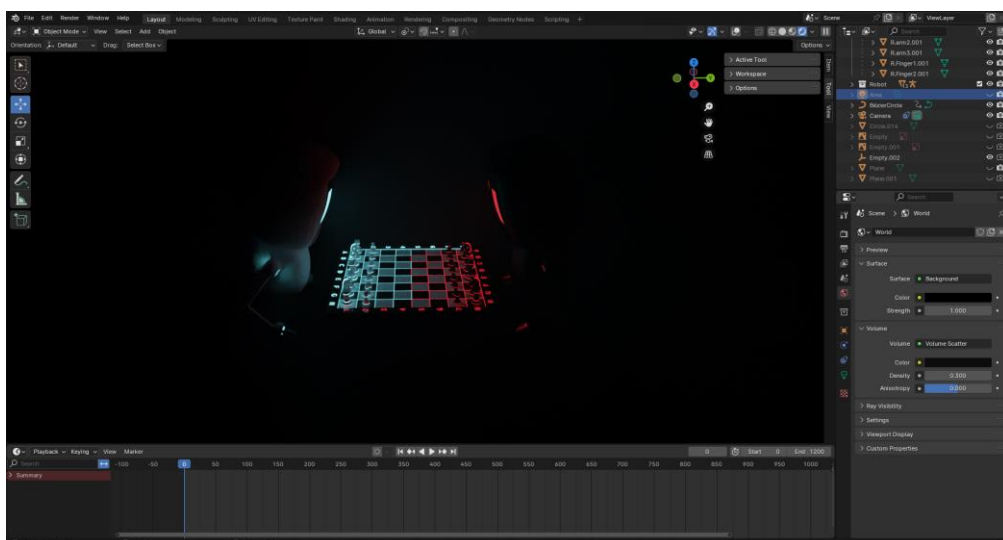


Рис 2.21. Налаштуваннях сцени

Аби додати специфічного антуражу для реалізації концепції та авторського задуму повною мірою, на сцені було зроблено симуляцію туману. Зроблено це було через ноду Volume Scatter в меню Volume у налаштуваннях сцени із значеннями Density: 0.300 та Anisotropy: 0 (Рис. 2.22).

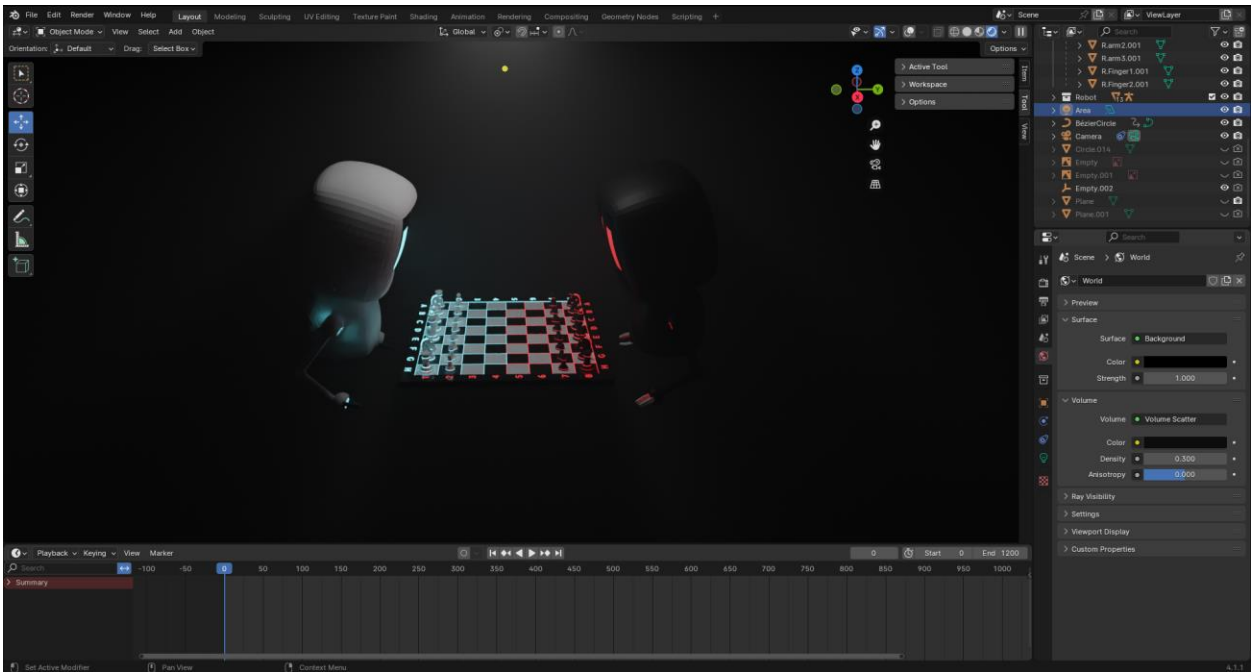


Рис. 2.22 Налаштування освітлення

Наступним кроком стало налаштування рендеру відео. Його було зроблено у форматі 1920 на 1080 (16:9) на двигуні Cycles. Cycles надає найкращу якість зображення, але при цьому потребує більше ресурсів комп'ютера. Рендер буде відбуватись на відеокарті Geforce RTX 3060 Та оскільки в ній є ядра CUDA які прискорюють процес рендерингу. Кожен кадр буде створений з 1024 фреймів для зменшення часу рендерингу. В налаштуваннях виставляємо створення відео на кодеку H.264 із фреймрейтом 30 кадрів у секунду в середній якості. Кількість кадрів від 0 до 1200 із кроком 1 кадр. Також для рендеру потрібно було виставити об'єкт Camera. В нашому проєкті її налаштування Focal Length 33mm (Рис. 2.23).

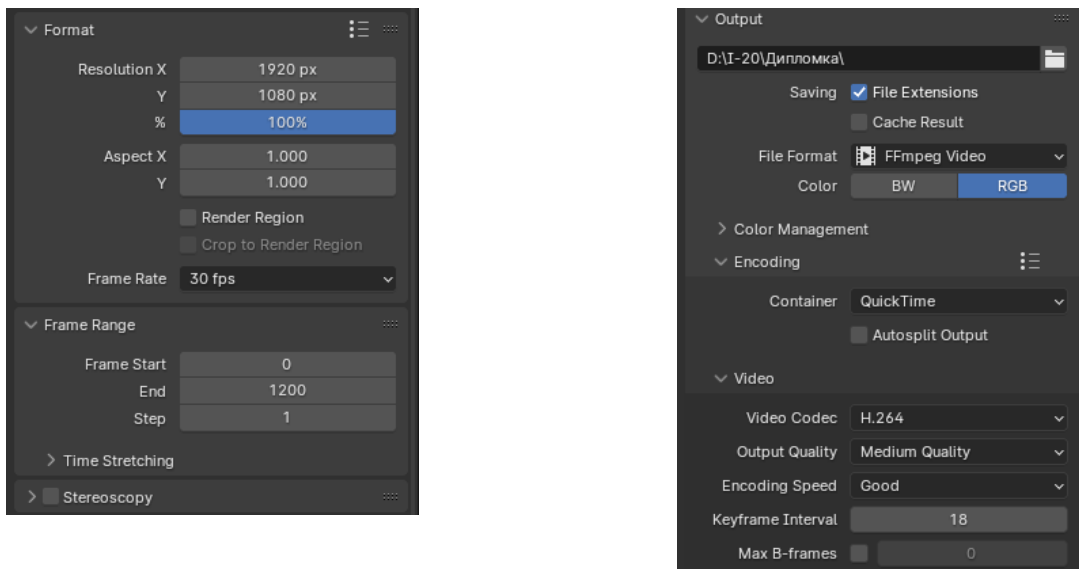


Рис. 2.23 Налаштування рендерингу

Процес рендерингу зайняв 7 годин та після цього ми отримали ось такий [результат](https://drive.google.com/file/d/1D0y4p6hfMEOzK8gPeivCwquSkj9hLUN2/view?usp=sharing):
<https://drive.google.com/file/d/1D0y4p6hfMEOzK8gPeivCwquSkj9hLUN2/view?usp=sharing>

Висновки до розділу 2

Вивчивши основні характеристики, можливості й особливості роботи програмного пакету Blender, у другому розділі роботи було створено тривимірну модель об'єктів і оточення для комп'ютерної гри, а також зроблено анімацію. Створені моделі та анімація можуть бути використані при розробці комп'ютерної гри для віртуальної реальності.

Модель являє собою шахову дошку з набором фігур класичної форми у футуристичному стилі з неоновною підсвіткою, гру на якій ведуть два персонажі – роботи-шахісти. Останні виступають аватарами і служать для демонстрації ігрового процесу. Для реалізації авторської концепції було обрано найбільш прийнятні інструменти розробки тривимірних моделей і оточення, що дозволило перевести класичну гру в 3D-формат, надавши їй

сучасного стилю, і підкресливши таким чином ідею незмінної актуальності гри, що лишається популярною вже багато віків.

В пункті 2.1 було проаналізовано ключові етапи створення тривимірних моделей для гри, зокрема: розробка концепції з визначенням конкретних параметрів моделі; моделювання, як шлях від 3D-скетчу до деталізованої геометрії моделі; текстурування, де досягаються бажані характеристики поверхні моделі; ригінг; анімація, оптимізація та інтеграція моделі. Тут же було показано практичну реалізацію кількох етапів для виконання основного завдання розділу.

В пункті 2.2 детально описано процес створення скелету для моделі робота та анімації, а пункт 2.3 присвячено налаштуванню сцени, освітленню та рендеру проекту з демонстрацією кінцевого результату.

ВИСНОВКИ

1. На основі теоретичного аналізу наукової та навчальної літератури було визначено основи процесу тривимірного моделювання як процесу створення цифрового зображення поверхні або об'єкта, за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Перевагою саме цього методу тривимірного моделювання є можливість його використання для проектування чогось, чого ще не існує – чогось абсолютно унікального, наприклад, фантастичної істоти у відеогрі.

2. В результаті порівняльного аналізу актуальних програмних засобів для моделювання тривимірних об'єктів, як-от: Autodesk Maya, ZBrush, AutoCAD, Cinema 4D та Blender для реалізації роботи було обрано Blender як найбільш прийнятний інструмент розробки тривимірних моделей ігрових об'єктів. В процесі вивчення особливостей роботи в програмного пакету Blender та можливостей цього тривимірного редактору з'ясовано, що Blender добре підходить для приватного використання, є безкоштовним пакетом з відкритим вихідним кодом, підтримує весь процес тривимірного моделювання завдяки уніфікованому конвеєру та гнучкому процесу розробки

3. Створено тривимірну модель шахової дошки з набором фігур класичної форми у футуристичному стилі з неоновною підсвіткою, гру на якій ведуть два персонажі – роботи-шахісти. Останні виступають аватарами і служать для демонстрації ігрового процесу. Завдяки реалізації авторської концепції класичну гру було переведено в 3D-формат, та надано їй сучасного стилю. Продемонстровано ключові етапи створення тривимірних моделей для гри, зокрема: розробка концепції з визначенням конкретних параметрів моделі; моделювання, як шлях від 3D-скетчу до деталізованої геометрії моделі; текстурування, де досягаються бажані характеристики поверхні моделі; ригінг; анімація, оптимізація та інтеграція моделі. Створені моделі та анімація можуть бути використані при розробці комп'ютерної гри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мосіюк О.О. Практичні аспекти вивчення полігонального 3d моделювання *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка*. 2023. С. 197-201. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-208-197-202>
2. Брюханова Г.В. Основні аспекти підготовки майбутніх учителів комп'ютерної графіки з використанням комп'ютерних технологій. *Проблеми підготовки сучасного вчителя*, 2012. № 6, Ч. 2. С. 86–92.
3. Гевко І., Коляса П. Методика навчання комп'ютерної графіки студентів закладів вищої освіти. *Молодь і ринок*. 2019, №3(170), С. 6–11. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2019.165988>.
4. Горобець С.М. Методичні підходи щодо навчання комп'ютерній графіці студентів ВНЗ засобами інформаційно-комунікаційних технологій. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*. 2018, Випуск 1 (92), С.75–79.
5. Корчевський Д.О. Теоретико-методичні основи інтеграції змісту практично-технічної підготовки фахівців з комп'ютерної графіки і дизайну: автореф. дис. ... доктора. пед. наук : 13.00.02. Київ, 2017. 40 с.
6. Carlson W. E. Computer Graphics and Computer Animation: A Retrospective Overview. URL: <https://ohiostate.pressbooks.pub/graphicshistory>. (дата звернення: 2.02.2024).
7. Shah J.J., Mantyla M. Parametric and Feature-Based CAD/ Concepts, Techniques and Applications. Wiley-Interscience, 1995. 619 p.
8. Zeid I. Mastering CAD/CAM (Engineering Series). McGraw-Hill Science, 2004. 992 p.
9. CAD Design Software | Computer-Aided Design | Autodesk. URL: <https://www.autodesk.co.nz/solutions/cad-design> (дата звернення: 5.02.2024)

10. Russo M. Polygonal Modeling: Basic and Advanced Techniques (Worldwide Game and Graphics Library). Jones & Bartlett Learning, 2005. 411 p.
11. Polygon and spline modeling: know the difference. URL: <https://3d-ace.com/blog/polygon-and-spline-modeling-know-the-difference/> (дата звернення: 5.02.2024)
12. De la Flor M., Mongeon B. Digital Sculpting with Mudbox: Essential Tools and Techniques for Artists. Waltham: Focal Press, 2010. 288 p.
13. Sculptural freedom. URL: <https://www.maxon.net/en/zbrush/features/sculptural-freedom> (дата звернення: 24.12.2023)
14. Madan M. Research on application of computer graphics software. International Scientific Journal of Engineering and Management. 2023. №2. DOI: 10.55041/ISJEM00381.
15. Coggan G., Hatton P. The best 3D modelling software. URL: <https://www.creativebloq.com/features/best-3d-modelling-software> (дата звернення: 7.12.2023).
16. Basics Autodesk Maya 2023. URL: <https://help.autodesk.com/view/MAYAUL/2023/ENU/?guid=GUID-6B531DDB-3440-4216-A322-FB6CD1EA83A1> (дата звернення: 27.11.2023).
- 17* Zbrush URL: <https://www.maxon.net/en/zbrush> (дата звернення: 16.11.2023).
18. Toolsets Autodesk URL: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (дата звернення: 26.12.2023).
19. Modeling with MoGraph // Cinema 4D URL: <https://www.maxon.net/en/cinema-4d/features/parametric-modeling> (дата звернення: 23.12.2023).
20. Sculpting // Cinema 4D URL: <https://www.maxon.net/en/cinema-4d/features/sculpting> (дата звернення: 18.12.2023).

21. Requirements // Blender URL:
<https://www.blender.org/download/requirements/#graphics-cards> (дата
звернення: 8.01.2024).
22. Modeling / Modifiers / Introduction
<https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/introduction>.
(дата звернення: 5.02.2024).