

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики

Кафедра інтелектуальних програмних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття рівня бакалавра

за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

на тему:

**РОЗРОБКА 3D ШУТЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ
ІГРОВОГО РУШІЯ UNITY**

Виконав студент 4-го курсу
Олександр СМЕТАНА

(підпис)

Науковий керівник:
доцент кандидат фіз.-мат. наук,
Лариса КАТЕРИНИЧ

(підпис)

Засвідчую, що в цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Роботу розглянуто й допущено до захисту на
засіданні кафедри інтелектуальних
програмних систем
« » травня 2023 р.,
протокол №

Завідувач кафедри
Олександр ПРОВОТАР

(підпис)

Київ – 2023

РЕФЕРАТ

Обсяг роботи 54 сторінки, 34 зображень, 12 джерел посилання.

РОЗРОБКА 3D ШУТЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ ІГРОВОГО ДВИГУНА UNITY. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.

Об'єктом роботи є процес дослідження сучасного стану розвитку 3D графіки і розробки комп'ютерних ігор. Предметом роботи є програмний засіб – комп'ютерна гра. Також робота включає створення 3D моделей використовуючи різні методи та інструментів

Метою роботи є створення комп'ютерної гри у жанрі шутер з фіксованою камерою від третього лиця та створення 3d моделей для неї .

Інструменти розроблення: безкоштовне, вільно поширюване інтегроване середовище Unity 2021.3.16f1, мова програмування C#, середовище для 3D-моделювання Blender 3.5.1.

Результати роботи: виконано загальний огляд сучасного стану 3D технологій та створення комп'ютерних ігор, розроблений програмний продукт комп'ютерна гра за допомогою наведених вище інструментів розроблення. Також були розроблені 3D моделей різних об'єктів . Також було досліджено етапи розробки гри та 3D моделей . Також демонструється створення ігрових механік, та використання певних інструментів ігрового рушія, для створення різних візуальних ефектів.

Програмний продукт можна розвинути, шляхом отримання додаткового фінансування , та додавання нового функціоналу до гри, такого як мультиплеєр, покращення графіки, та додавання нового функціоналу.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ I ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ.....	10
1.1 Основи 3D-моделювання та візуалізації.....	10
1.2 Історія 3D-моделювання	14
1.3 Етапи створення 3D моделі	18
1.4 Огляд програмного забезпечення для 3D-моделювання	20
1.4.1Blender.....	20
1.4.2Clara.io	22
1.4.33DS Max.....	23
1.4.4 Sculptris.	24
1.4.5 AutoCAD	25
1.4.7 SketchUp.....	29
1.4.8 TinkerCAD	30
1.4.9 LibreCAD	32
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ІГОР З ВИКОРИСТАННЯМ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ	34
2.1 Використовувані технології при розробці ігор та їх розвиток	34
2.1.1 Unity.....	34
2.1.2 Unreal Engine	35
2.1.3 GameMaker: Studio 2.....	37
2.1.4 Godot.....	38
2.1.5 Ren'Py.....	40
2.1.6 Amazon Lumberyard.....	41
2.1.7 jMonkeyEngine	42
2.1 Етапи створення гри.....	44
2.2.1 Концептування	44
2.2.2 Прототипування	45
2.2.3 Вертикальний розріз.....	46
2.2.4 Створення контенту.....	46
2.2.5 Закрите бета-тестування	47
2.2.6 Відкрите бета-тестування.....	48
2.2.7 Випуск	48

	4
РОЗДІЛ III ПРОЦЕС СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	50
3.1 Концепція та сценарій гри	50
3.1 Підготовка графічних елементів	50
3.3 Внутрішня ігрова логіка	53
ВИСНОВКИ.....	56
ДЖЕРЕЛА ПОСИЛАННЯ.....	58

ВСТУП

Оцінка сучасного стану об'єкта розробки. 3D моделювання - це процес створення об'ємного зображення необхідного об'єкта у цифровому форматі за допомогою спеціального програмного забезпечення. Цей процес включає створення геометричних фігур, матеріалів та освітлення . 3D- модель може бути віртуальною реплікою вже існуючого предмета або вигаданого об'єкта . Моделі ніяк не обмежені та можуть приймати будь-яку форму задану 3D-дизайнером.

3D-моделювання використовується в різних галузях, таких як комп'ютерна графіка, архітектура, медицина, інженерія, виробництво, реклама та інші. Він дозволяє створювати візуалізації об'єктів, що є корисними для концептуального проектування, прототипування, анімації, віртуальної реальності та багатьох інших застосувань. Із стрімким розвитком технологій 3D-друку зростає необхідність у пошуку нових методів 3D-моделювання. Це також спонукає до подальшого розвитку засобів створення 3D-моделей та появи висококваліфікованих фахівців у цій сфері.

3D-моделювання може використовувати різні методи, такі як полігонна модель, скульптурування, супутникове моделювання, САД-моделювання тощо. Вибір методу залежить від потреб проекту і доступних інструментів.

Актуальність роботи та підстави для її виконання.

На сьогоднішній день найчастіше використання 3-D технологій можна помітити у розробці комп'ютерних ігор . У свою чергу комп'ютерні ігри – це повноцінна галузь розваг , що надзвичайно швидко розвиваються . Яскравим прикладом буде гра Unrecord (рисунок 1.1) що була анонсована у 2023 році та здивувала користувачів мережі Internet своєю реалістичністю. Також багато ігрових продуктів були визнані творами мистецтва .



Рисунок. 1.1 Уривок з відео-презентації гри Unrecord

Якщо говорити про основні тенденції в світовій геймінговій індустрії, спочатку варто зазначити нові технології, які відіграють важливу роль: мобільні, графічні, хмарні, віртуальні реальності, штучний інтелект, а також безпосередньо 3D-графіка та моделювання. Крім цього, геймінг стає професією з високою оплатою.

Одним із найбільш помітних факторів розвитку комп'ютерної індустрії є постійне покращення якості графіки в комп'ютерних іграх. Більше того, на сьогоднішній день якість комп'ютерної графіки вважається вирішальним фактором при виборі конкретної комп'ютерної гри. Крім того, загальний дохід, отриманий від ігрової індустрії, перевищував ВВП України з 2015 по 2018 роки. (рисунок 1.2)

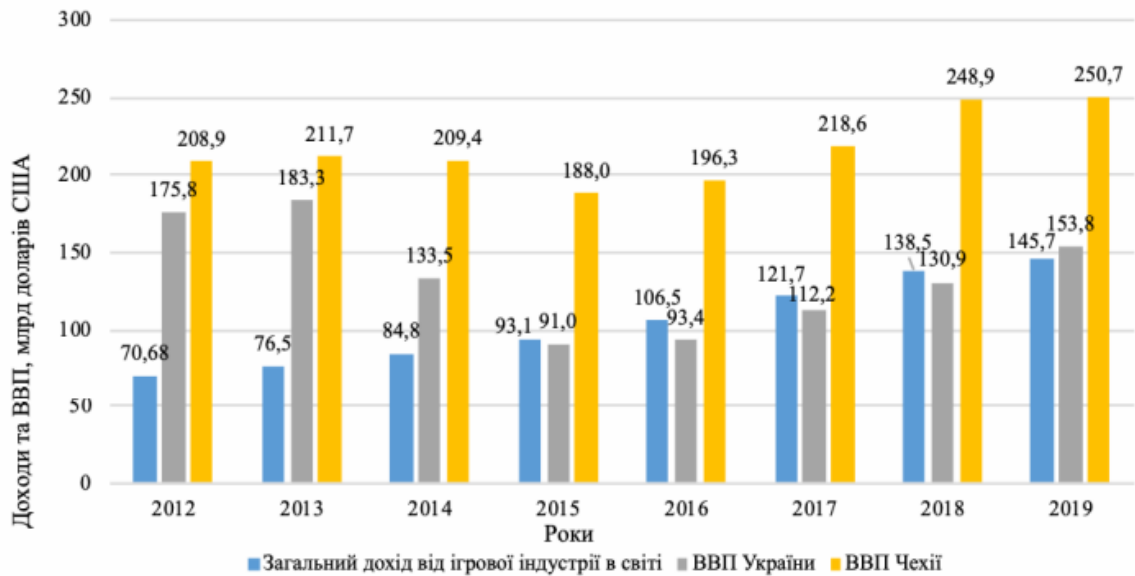


Рисунок 1.2. Дохід ігрової індустрії у світі в порівнянні з ВВП України та Чехії

Згідно з проведеними дослідженнями, останні роки світовий ринок ігор відзначається зростанням у масштабах. У 2023 році обсяг цього ринку досяг 196 мільярдів доларів (див. рисунок 1.3). Цей тренд можна пояснити швидким розвитком Інтернету, а також зниженням вартості пристроїв з доступом до Інтернету.

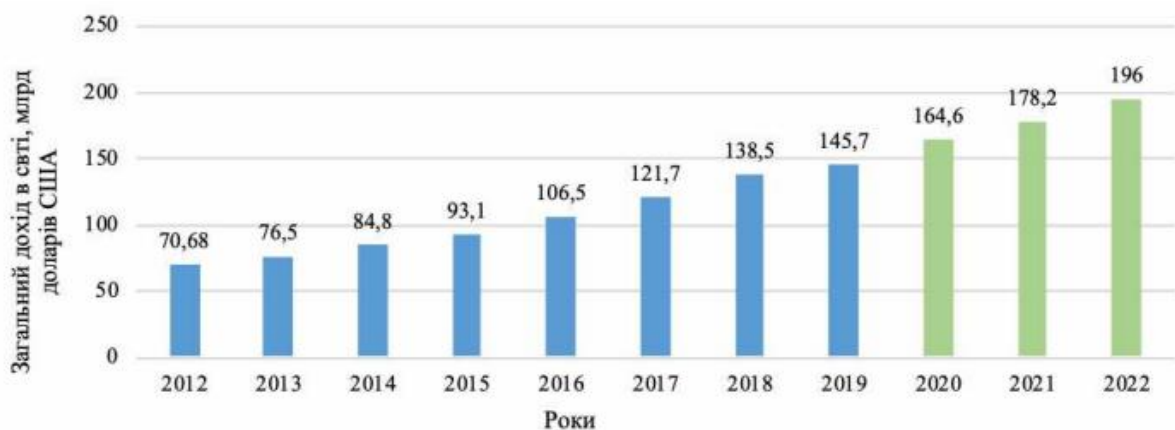


Рисунок 1.3. Загальний дохід ігрової індустрії у світі

Проте, у країнах Східної Європи, зокрема в Україні, розвиток ринку комп'ютерних ігор на поточний момент значно відстає від інших країн. Це можна пояснити недостатньою кількістю кваліфікованих фахівців у сфері розробки 3D-

графіки та комп'ютерних ігор в цілому. Таким чином, можна стверджувати, що 3D-графіка та моделювання стали важливим фактором розвитку комп'ютерної індустрії і світової економіки в цілому.

Мета й завдання роботи. Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка програмного засобу, а саме комп'ютерної гри. Для досягнення цієї мети, будуть використані результати досліджень існуючих засобів і методів розробки комп'ютерних ігор, а також використані методи 3D-моделювання

Завдання для досягнення поставленої мети включають наступні пункти:

- Провести дослідження існуючих засобів 3D-моделювання та візуалізації.
- Оглянути доступне програмне забезпечення для 3D-моделювання і визначити його можливості та обмеження;
- Проаналізувати існуючі технології, що використовуються для розробки комп'ютерних ігор;
- Розглянути етапи процесу створення гри з використанням 3D-моделювання, включаючи проектування, моделювання, текстурування та анімацію об'єктів;
- Розробити технічне завдання, яке визначатиме вимоги та функціональні можливості програмного засобу – комп'ютерної гри;
- Розробити інтерфейс та дизайн програмного продукту, звертаючи увагу на ергономіку та естетичні аспекти гри.

Ці завдання допоможуть досягти поставленої мети розробки комп'ютерної гри з використанням 3D-моделювання.

Об'єкт, методи й засоби розроблення. Об'єктом розробки програмного засобу комп'ютерної гри є процес створення 3D-об'єктів та моделей у середовищі для 3D-моделювання, а потім їх послідовний експорт у середовище для розробки гри. При розробці програмного продукту було використано наступні методи та принципи. Спочатку було створено шаблон або концепцію гри у середовищі для розробки ігор. Після цього були створені 3D-об'єкти, такі як гравець, сцени, вороги, декорації та перешкоди. При необхідності застосовувалась анімація.

Для реалізації цих завдань використовувались наступні засоби розробки:

Середовище для 3D-моделювання: використовувалося спеціалізоване програмне забезпечення, таке як Blender , для створення 3D-об'єктів та моделей.

Середовище для розробки гри: використовувались інтегровані середовища розробки (IDE), такі як Unity, для розробки самої гри.

Технології розробки ігор: застосовувалися доступні технології, такі як графічні движки, фізичні двигуни, системи анімації та інші, для реалізації функціональності гри.

Ці методи та засоби розробки сприяли успішному створенню програмного засобу комп'ютерної гри.

Можливі сфери застосування. Розроблений програмний продукт доступний для використання будь-яким користувачем, який має персональний комп'ютер і бажає скористатися грою для своїх потреб.

РОЗДІЛ І ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ

1.1 Основи 3D-моделювання та візуалізації

Розвиток комп'ютерних технологій, систем обробки зображень та графічної інформації у кінці XX - на початку XXI століття поставив перед суспільством актуальну проблему залучення технологій до творчих професій, таких як художники, дизайнери, архітектори тощо.

3D-моделювання та візуалізація набули значної популярності в сучасному світі і суттєво впливають на наше професійне та повсякденне життя. 3D-моделювання можна описати як процес створення тривимірного візуального представлення реальних об'єктів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Художники та інші творчі фахівці розглядають 3D-моделювання як своєрідну форму малювання, проте з більшою складністю, деталізацією та можливістю інтерактивної взаємодії зі створеними об'єктами на екрані комп'ютера. Такі об'єкти можна обертати, перевертати, розривати або маніпулювати іншими способами. Виробники програмного забезпечення для 3D-моделювання пропонують різні рішення, як окремі спеціалізовані пакети, так і комплексні програмні комплекси. Залежно від використовуваних програм та технічних характеристик обладнання, об'ємні моделі можна створювати за допомогою різних процедур:

Моделювання на основі алгоритмів ручного малювання з використанням графічного планшету і сканування вихідного зображення можуть служити основою для створення моделей. Для досягнення максимальної реалістичності та інтерактивності створюваної моделі, важливо мати об'ємну базу даних, яка містить інформацію про основні базові точки тривимірної фігури. В 3D-моделюванні використовуються три основні типи геометричних моделей: каркасні, поверхневі та твердо тільні моделі.

Каркасні 3D-моделі, які складаються з точок, ліній або дуг різної конфігурації, не відображають реалістичності [12]. Поверхні моделі прозорі, що

дозволяє видимість всіх елементів, розташованих на задньому плані сцени (рисунок 1.4).

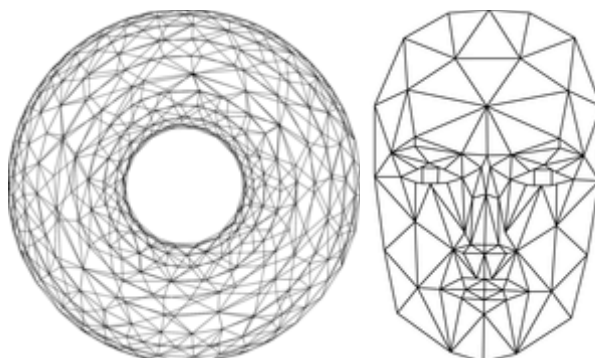


Рисунок 1.4 – Приклади каркасних 3D моделей

Поверхневі 3D-моделі характеризуються більш реалістичним виглядом і мають текстуру поверхні, яка наближена до реальності (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Приклад поверхневої 3D моделі

У відмінність від каркасних моделей, поверхневі моделі визначаються великою кількістю точок, ліній, дуг та поверхонь. Можна уявити поверхневу модель як виріб з тонкого паперу, який можна розмістити в будь-якому місці екрану, деформувати під різними кутами для створення бажаних форм. Крім того, поверхні можна розділити на складові частини або, навпаки, поєднати кілька поверхонь для подальших модифікацій.

Оскільки поверхневі моделі можуть мати різні типи текстур - непрозорі або напівпрозорі, фонові області можуть затемнюватися, що створює більш реалістичне візуальне враження[12].

Твердотільне моделювання є найбільш технічно вимогливим типом 3D проектування. Зовнішній вигляд таких моделей визначається значно більшою кількістю параметрів, ніж у попередніх типах (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Приклад твердотілої 3D моделі

Для досягнення якісної візуалізації необхідно враховувати різні параметри, такі як вага, товщина, щільність використовуваних матеріалів та інші специфічні фізичні характеристики. Твердотільні моделі, які відповідно враховують ці параметри, є найбільш реалістичними та мають широкий спектр застосування для створення прототипів у 3D-моделюванні [12].

На початкових етапах розвитку тривимірного моделювання, його використання було переважно пов'язано з технічними галузями, такими як машинобудування, аерокосмічна промисловість, архітектура та інші. Проте на сьогоднішній день 3D-моделювання застосовується практично в усіх сферах людської діяльності, включаючи споживчі товари, освітні програми, розважальні заходи та інші. Отримання точного візуального уявлення про віддалений об'єкт має безсумнівну перевагу, яка доповнюється інформацією про його фізичні характеристики та інженерними деталями, які необхідні для конкретних цілей.

При використанні 3D-моделей у промисловому дизайні або архітектурі, наприклад, для створення прототипу швейної машини або проекту концертного залу, твердотільне тривимірне моделювання дозволяє отримати точне уявлення про зовнішній вигляд та функціональність проєктованого об'єкта. В інших дослідних галузях, таких як хімія та біологія, 3D-моделі використовуються для

створення якісного віртуального уявлення про будову атомів чи органів тіла. Сучасне автоматизоване 3D-проекткування допомагає фахівцям з різних галузей створювати працюючі тривимірні моделі для перевірки працездатності теоретичних прототипів, а також для покращення та оптимізації існуючих об'єктів з вищою деталізацією.

3D-моделювання забезпечує високу точність проектування всіх компонентів, уникнення банальних технічних помилок та забезпечення якості проектів [12]. Фахівці з різних галузей дизайну (промислового, архітектурного, графічного тощо) використовують переваги тривимірного моделювання, оскільки воно надає доступ до компактного набору теоретичних знань. Це дає можливість покращити естетичний аспект та загальну структурну цілісність макетів. Крім того, в режимі реального часу можна вносити зміни до окремих частин, таких як фундамент будівлі або планування приміщень, що допомагає мінімізувати проблеми під час реалізації проектів. Співпраця дизайнерів із інженерами дозволяє знаходити рішення для проблем проектування задовго до їх виникнення.

Давайте детальніше розглянемо деякі безсумнівні переваги використання 3D-моделювання у професійній сфері.

Точність: Незалежно від того, чи є модель зображенням реального об'єкта, отримана методом сканування або теоретичною реконструкцією, професіонали можуть працювати з точним макетом, який включає всі необхідні опорні точки. Це дозволяє виявляти потенційні недоліки структурної цілісності проекту і вносити зміни в 3D-модель, уникнувши помилок, що можуть призвести до збитків.

Візуалізація у реальному світі: Однією з найбільш очевидних переваг тривимірного моделювання є можливість взаємозв'язку створених об'єктів з іншими прототипами та зовнішніми факторами, такими як погодні умови або природне оточення. Наприклад, під час створення автомобіля 3D-моделювання може дати точне уявлення про те, як він буде рухатися в умовах сильного дощу, вітру або роботи двигуна на граничній потужності. Хоча результати, отримані шляхом обчислень, не можуть повністю замінити реальних тест-драйвів,

тривимірні макети визначають контрольні точки, на основі яких інженери та дизайнери вносять необхідні зміни.

Швидкість: Професіонал може створити 3D-модель шляхом сканування реального об'єкта або розробки концептуальної моделі з самого початку за короткий період часу [6].

Доступність: У сучасному світі 3D-моделювання доступне не лише для фахівців, хоча вартість професійного обладнання та програмного забезпечення залишається високою. Студенти, школярі та просто захоплені люди можуть створювати 3D-моделі у безкоштовних програмах з відкритим вихідним кодом, щоб вивчити основи промислового дизайну або створити прості предмети, такі як іграшки, предмети домашнього вжитку, меблі та інше.

1.2 Історія 3D-моделювання

Термін «комп'ютерна графіка» був придуманий Уільямом Феттером у 1960-х роках, який працював над проектуванням у компанії Boeing. У 1964 році він створив першу графічну модель людської фігури, яку отримала назву «Людина Боїнга». Ця модель використовувалась для розробки літаків та проведення різних досліджень.

Також у 1960-х роках було засновано першу кафедру комп'ютерної графіки в Університеті Юти під керівництвом Айдана Сезерленда та Девіда Еванса. Вони використовували програму Sketchpad для моделювання, яка є прототипом сучасних 3D-редакторів. Ця програма мала графічний користувацький інтерфейс і великі можливості для малювання та редагування зображень. Для керування програмою використовували прототип сучасного стилуса, відомий як «світлове перо» [9].

З кафедри комп'ютерної графіки вийшло багато видатних розробників, таких як Джим Блінн (автор алгоритмів текстуровання), Анрі Гуро та Бі Тю Фонг (розробники методів затінення Gouraud та Phong), Ед Катмулл (майбутній технічний директор студії Pixar). У 1965 році Майкл Нолл, співробітник компанії

Bell Labs, створив першу 3D-анімацію тесеракту (чотиривимірної гіперкубу).

Використання 3D-моделювання у кіновиробництві почалося у 1981 році з фільму «Трон». Над створенням комп'ютерної анімації працювали такі компанії, як Information International Inc. (також відома як Triple-I) та Mathematical Applications Group Inc. (або MAGI/Synthavision). Пізніше до роботи над деякими сценами були залучені ще дві компанії: Robert Abel & Associates та Digital Effects.

Компанія MAGI розробила процедурну систему моделювання, в якій 3D-моделі створюються шляхом комбінації геометричних фігур. Ця система моделювання була основою програмного забезпечення Synthavision. У бібліотеці програми було налічувано 25 геометричних фігур, таких як сфери, циліндри, піраміди тощо. З цих примітивів створювали більш складні фігури, які слугували основою для 3D-моделей. Наприклад, модель «а фіксуванн» була створена з 57 геометричних фігур.

Для анімації моделей у Synthavision використовувалась спеціальна «мова напрямків», за допомогою якої аніматори могли описувати шлях руху моделі, оцінювати результат на дисплеї і, при необхідності, коригувати його. Корекція руху кожного об'єкта в реальному часі дозволяла аніматорам MAGI створювати вражаючу анімацію в масових сценах, в яких було кілька 3D-моделей. У фільмі «Трон» також вперше був використаний комп'ютер Foonly F1, розроблений компанією Triple-I, який був спеціально адаптований для обробки комп'ютерної графіки.

У відмінність від MAGI, компанія Triple-I використовувала трикутники і квадрати (полігони) як примітиви у полігональному методі моделювання. Полігональний метод моделювання був основою для програмного забезпечення TRANEW. Процес створення моделей за допомогою TRANEW включав ручне малювання кожного 3D-об'єкта, розбивання його на полігони, а потім перенесення цих полігонів на комп'ютер Foonly F1 за допомогою спеціальних планшетів, що оцифровували зображення. Під час процедури рендерингу програма TRANEW додавала текстури, а також джерела світла і тіні до моделей.

Якість отриманих результатів перевищувала моделі, створені MAGI, але полігональні моделі вимагали більше часу для створення.

Модель «Сонячного вітрильника» у фільмі «Трон» була створена за допомогою полігонального методу моделювання [9]. Таким чином, фільм «Трон» вніс значний внесок у розвиток 3D-моделювання в цілому.

У той же час, режисер «Зоряних війн» Джордж Лукас вирішив використовувати комп'ютерну графіку для моделювання наземної та космічної техніки у другій частині трилогії «Зоряні війни. Епізод V: Імперія завдає удару».

Спочатку він звернувся до компанії Triple-I для отримання допомоги, проте висока ціна та обмежений термін виконання роботи змусили Лукаса відмовитися від співпраці.

Замість цього було створено власний підрозділ компанії Industrial Light & Magic (ILM), відомий як LucasFilm Graphics Group. В рамках LucasFilm GG було розроблено візуалізатор «REYES» (Renders Everything You Ever Saw), що дозволяв обробляти та відображати комп'ютерні сцени. Цей візуалізатор був використаний в більшості проектів LucasFilm GG. У 1984 році LucasFilm GG створило перший комп'ютерний мультфільм в історії – «Пригоди Андре та бджілки Уоллі». У цьому мультфільмі всі рослини у лісі були створені за допомогою системи частинок, що дозволило досягти унікальності кожного об'єкта в сцені [9]. Також було розроблено спеціальне програмне забезпечення, яке проектувало сонячне світло на дерева для створення реалістичних тіней на траві. Для рендерингу фільму за допомогою візуалізатора REYES використовувалася потужність шести суперкомп'ютерів Cray X-MP, а також десять мейнфреймів VAX 11/750 для динамічних сцен. Тривалість цього мультфільму становила лише півтори хвилини.

У 1986 році через фінансові проблеми Джордж Лукас був змушений продати підрозділ LucasFilm GG Стіву Джобсу, що призвело до того, що підрозділ став самостійною компанією, відомою як Pixar. З цього моменту розпочалася історія однієї з найбільших та найвпливовіших анімаційних студій у світі.

У 1993 році компанія ILM використала 3D-графіку для створення моделей

динозаврів у фільмі «Парк юрського періоду», за що їм була присуджена нагорода Оскар у 1994 році за найкращі візуальні ефекти. Щоб уникнути помітної різниці між ляльками та тривимірними моделями, художники з графіки створювали динозаврів, використовуючи сканування макетів. Інтеграція цифрових ящерів в кадри відбувалася з урахуванням освітлення та після детального відстеження руху камери. Особлива увага приділялася деталям, таким як бризки та пил, що давало реалістичну взаємодію комп'ютерних динозаврів з реальними об'єктами сцени.

Історія розвитку 3D-моделювання продовжилася зі створенням мультфільму «Історія іграшок» у 1995 році, який став першим повнометражним фільмом, створеним виключно за допомогою комп'ютерної графіки. Початково художники створювали ескізи загальних планів мультфільму вручну. Для моделювання іграшок кінематографісти використовували докладні таблиці розмірів для кожного персонажа і ескізи. На основі цих даних скульптори створювали глиняні фігурки героїв. На ці моделі накладалися спеціальні координатні сітки, які полегшували сканування габаритів тривимірним сканером і їх подальше перенесення в комп'ютер. Після цифрового а фіксування окремі ділянки моделей позначалися маркерами, що вказували на рухливі частини тіла персонажів в мультфільмі. Наприклад, маркер ставили на згині ліктя або колінному суглобі ляльки.

Після цього аніматори створювали елементи управління, такі як цифровий скелет або ріг, що дозволяли кожному персонажу виконувати різноманітні рухи. Найскладнішим виявилось моделювання головного героя Вуді, для якого було потрібно створити 723 елементи управління, включаючи 212 для обличчя та 58 для рота [9].

Для анімації сцен Pixar використовувало власне програмне забезпечення під назвою *Marionette*, відоме всередині компанії як *Menv* (скорочено від «*modeling environment*» – «середовище моделювання»). Це програмне забезпечення спрощувало роботу аніматорів, дозволяючи їм задавати параметри для ключових кадрів під час руху персонажів. Програма використовувала ці дані для автоматичного додавання проміжних кадрів, що зменшувало потребу у ручному

малюванні кожного кадру.

Ще один аспект роботи полягав у пофарбуванні тривимірних об'єктів, які після сканування виглядали як безбарвні фігури з контурною сіткою. Пофарбування виконувалося у графічних редакторах, наприклад, у Photoshop .

Для обробки і рендерингу використовувалися 100 суперкомп'ютерів від компанії Sun. Обробка кожного кадру займала від 45 хвилин до 30 годин в залежності від складності. В загальному, виробництво фільму вимагало близько 800 тисяч годин комп'ютерного часу; для створення 114,240 кадрів анімації, затрачалося від двох до 15 годин на кожний кадр.

1.3 Етапи створення 3D моделі

Традиційне малювання обмежується площиною і показує лише одну сторону предмета. Однак у тривимірному зображенні використовується вісь глибини, вісь Z, що дозволяє уявити всі сторони об'єктів.

Перша перевага тривимірного моделювання полягає в тому, що художник може розмістити 3D-модель у кадрі і анімувати її, а фінальне зображення отримується за допомогою спеціальної програми - візуалізатора (render).

Друга перевага полягає в тому, що одну тривимірну модель можна використовувати у різних проектах, оскільки її легко маніпулювати і змінювати зовнішній вигляд.

Третя перевага полягає в можливості створення деталізованих моделей. Це може бути невидимо на загальному плані, але при наближенні камери і розрахунку візуалізатором, що буде видно в кадрі і що - ні, можна отримати високу деталізацію.

Найпоширеніший метод моделювання - полігональне моделювання, де поверхня моделі складається з двовимірних геометричних примітивів, таких як трикутники для комп'ютерних ігор або чотирикутники для інших цілей. Полігони, з яких складається модель, називаються полігонами. Часто використовуються чотирикутники при створенні 3D-моделей, оскільки їх легко перетворити на

трикутники для використання в ігрових движках, і також модель з чотирикутників дає згладжену поверхню без артефактів.

Якість деталізації зростає зі збільшенням кількості полігонів у моделі. Однак велика кількість полігонів може сповільнити роботу системи. Тому для досягнення якісних моделей потрібно збалансувати продуктивність і деталізацію моделі. Терміни "high poly" (високополігонна модель) і "low poly" (низькополігонна модель) використовуються для опису рівня деталізації. У випадку комп'ютерних ігор використовуються низькополігонні моделі, оскільки їх візуалізація здійснюється в реальному часі [11].

Після моделювання отримується математична модель, яка містить інформацію про геометричну форму об'єкта. Щоб надати моделі бажані кольори, використовуються текстури.

Текстура - це двовимірне зображення, яке накладається на тривимірну модель. Існують два типи текстур: процедурні (створені алгоритмами) і растрові (створені в графічних редакторах). Текстура визначає лише колір і малюнок моделі, а здатність відображати світло, мати рельєф або прозорість задається через властивості матеріалу в графічному редакторі. Матеріал - це математична модель, яка описує параметри поверхні.

Перед накладанням текстур на модель необхідно створити UV-розгортку, що визначає, як поверхня моделі буде проектуватися на площину. У цьому контексті використовуються координати U і V , оскільки X , Y і Z використовуються для просторових координат.

Процес створення тривимірної моделі можна розділити на наступні етапи [11]:

- Пошук референсів або креслень для створення моделі.
- Моделювання об'єкта на основі референсу або креслення.
- Створення UV-розгортки.
- Створення текстур.
- Налаштування матеріалів і їх фізичних властивостей.
- Після завершення цих етапів модель готова для візуалізації або

подальшої роботи. Можна налаштувати розгини моделі, створити анімацію.

У 3D-графіці після створення моделі для візуалізації її поміщають у сцену, додають камеру і освітлення, після чого можна отримати фінальний рендер. Для рендерингу використовується фізична модель поширення променів світла з урахуванням відображення, розсіювання, відблисків, заломлення та інших ефектів. Під час традиційного малювання художник сам створює світлові ефекти, а в 3D-графіці візуалізатор автоматично розраховує кінцеве зображення на основі властивостей сцени, геометрії, матеріалів, освітлення та камери, створених автором.

1.4 Огляд програмного забезпечення для 3D-моделювання

3D-моделювання та візуалізація є невід'ємною частиною багатьох сучасних галузей, таких як графічний та промисловий дизайн, архітектура, 3D-друк, анімація, ігри та багато інших. 3D-моделі вважаються незамінними елементами цифрової творчості та виробництва. Тому вибір відповідного програмного забезпечення має велике значення.

Нижче будуть розглянуті деякі популярні програмні пакети для 3D-моделювання, які особливо підходять для початківців і мають широкий спектр використання в художніх напрямках.

1.4.1 Blender

Фахівці вважають Blender програмним забезпеченням середнього і професійного рівня з відкритим вихідним кодом для 3D-моделювання [2]. Blender призначений для створення авторських моделей (рисунок 1.7), анімаційних фільмів, візуальних ефектів, інтерактивних програм, відеоігор та 3D-макетів для друку та багато іншого. Він має розширений функціонал, який включає 3D-моделювання, рендеринг, текстурювання, растрову графіку, створення

різноманітних ефектів, анімацію, відеоредагування і багато іншого. Крім того, в Blender є вбудований ігровий двигун.

Інструменти моделювання в Blender надають можливості, схожі на Mudbox або ZBrush [2]. Це програмне забезпечення пропонує різноманітні інструменти та модифікатори, які спрощують створення прототипів, призначених для 3D-друку.



Рисунок 1.7 – Приклад 3D-проекту, виконаного у Blender

1.4.2 Clara.io

Clara.io є програмним забезпеченням для 3D-моделювання в онлайн-режимі, доступним умовно безкоштовно з використанням браузера. Ця програма має більшість основних інструментів для створення простих тривимірних проєктів.

Проте, Clara.io виходить за межі звичайного функціоналу, який очікується від онлайн-редакторів (рисунок 1.8). Наприклад, рівень рендерингу можна порівняти з деякими програмами, що працюють на операційних системах [3]. Вона включає підтримку V-Ray, що дозволяє освітлювати простір за допомогою високоякісних зображень HDR. Clara.io також підтримує базову анімацію ключових кадрів і надає можливість створювати комп'ютерні анімаційні фільми.

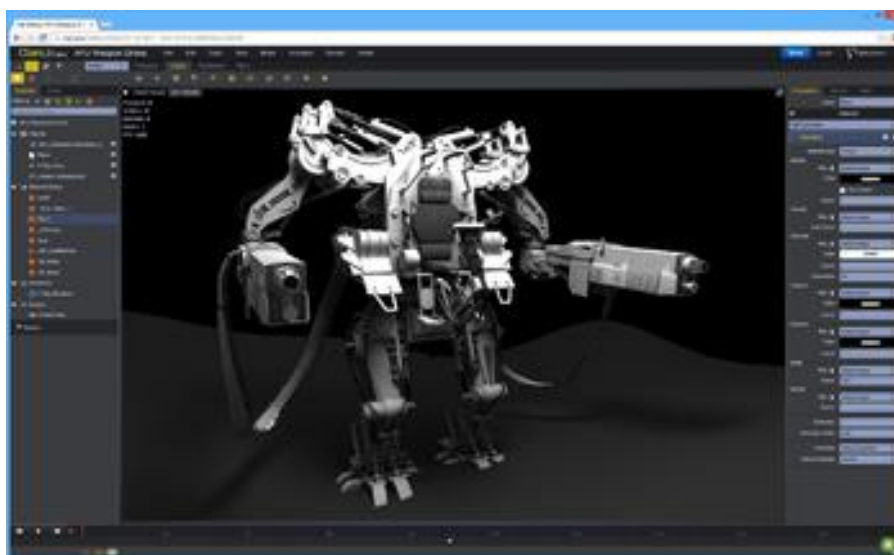


Рисунок 1.8 – Приклад 3D-проєкту, виконаного у Clara.io

Однією зі суспільно затребуваних функцій є можливість спільної роботи над проєктами. Подібно до Google Docs, у Clara.io є можливість додавати інших користувачів до списку розробників сцени, що дозволяє їм вносити зміни до файлів. Кожна зміна автоматично синхронізується між обліковими записами, що означає, що інші користувачі у режимі реального часу бачать зміни, що відбуваються в сцені. Як додаткову перевагу, слід зазначити, що безкоштовна версія Clara.io, доступна для всіх користувачів Інтернету, надає 5 ГБ хмарного сховища [3].

1.4.3 3DS Max

3DS Max, що належить великій корпорації Autodesk, є відомим брендом серед програмного забезпечення для 3D-моделювання. Воно особливо популярне серед розробників відеоігор, художників і дизайнерів, спрямованих на візуальні ефекти, а також в архітектурних студіях [1]. Він має вражаючі можливості тривимірного моделювання, такі як складне моделювання частинок та світла, механізм драпірування тканин і власна мова сценаріїв (MAXScript) (рисунок 1.9). Крім того, 3DS Max поставляється з добре продуманою архітектурою плагінів, яка постійно підтримується, оновлюється і розширюється активною спільнотою розробників. Раніше це програмне забезпечення було поділено на версії для інженерів та версії для дизайнерів і художників, які відрізнялися незначним набором основних функцій.

Що стосується 3D-моделювання, 3DS Max здатний створювати параметричні та непараметричні об'єкти з використанням полігонів, сплайнів та поверхневої тріангуляції. Для дизайнерів доступні також інструменти моделювання на основі NURBS, які дозволяють створювати як непараметричні, так і математично точні поверхні.

3DS Max є одним з найкращих програмних рішень для 3D-моделювання. Оволодіння всіма основними навичками і вміннями, включаючи анімацію та інженерні функції, вимагає часу і тренувань. Використання програми 3DS Max у вищих та середніх освітніх закладах та знайомство учнів з процесом створення 3D-прототипів на інтерактивних заняттях сприяє розвитку просторового мислення, базових навичок проектування та моделювання, а робота з віртуальним простором сприяє розвитку абстрактного та креативного мислення [4].

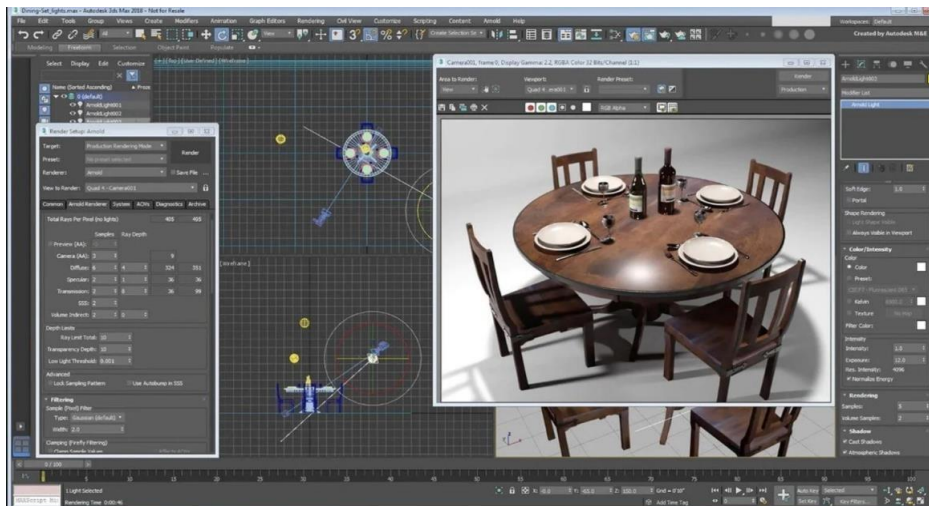


Рисунок 1.9 – Приклад 3D-проекту, виконаного у 3DS Max Використання

1.4.4 Sculptris.

Sculptris - це програмне забезпечення для цифрового скульптування, яке дозволяє користувачам створювати 3D-моделі за допомогою динамічного підходу до скульптування. Воно розроблено таким чином, щоб бути зрозумілим і доступним для художників, особливо для тих, хто тільки починає вивчати цифрове скульптування. Sculptris надає широкий набір інтуїтивно зрозумілих інструментів і пензлів, які симулюють традиційний процес скульптування, дозволяючи художникам формувати та маніпулювати віртуальними матеріалами, схожими на глину.

За допомогою Sculptris художники можуть скульптувати складні деталі, додавати текстури та фарбувати свої моделі (рисунок 1.10). Програма використовує адаптивну топологію, що дозволяє автоматично додавати або видаляти полігони в областях, де потрібно більше або менше деталей. Це спрощує процес скульптування, дозволяючи художникам концентруватися на творчості і деталях моделі. Sculptris також має інструменти для розтягування, згладжування, розрізання і розмазування, що дозволяють створювати різноманітні ефекти і стилі скульптури [4].

Однією з особливостей Sculptris є його безкоштовна ліцензія, що робить його доступним для широкої аудиторії художників і студентів. Він підтримується

компанією Pixologic, яка також створила знамените програмне забезпечення ZBrush, і може бути використаний як самостійний інструмент або в поєднанні з іншими програмами для створення складних 3D-моделей та іншого цифрового мистецтва.

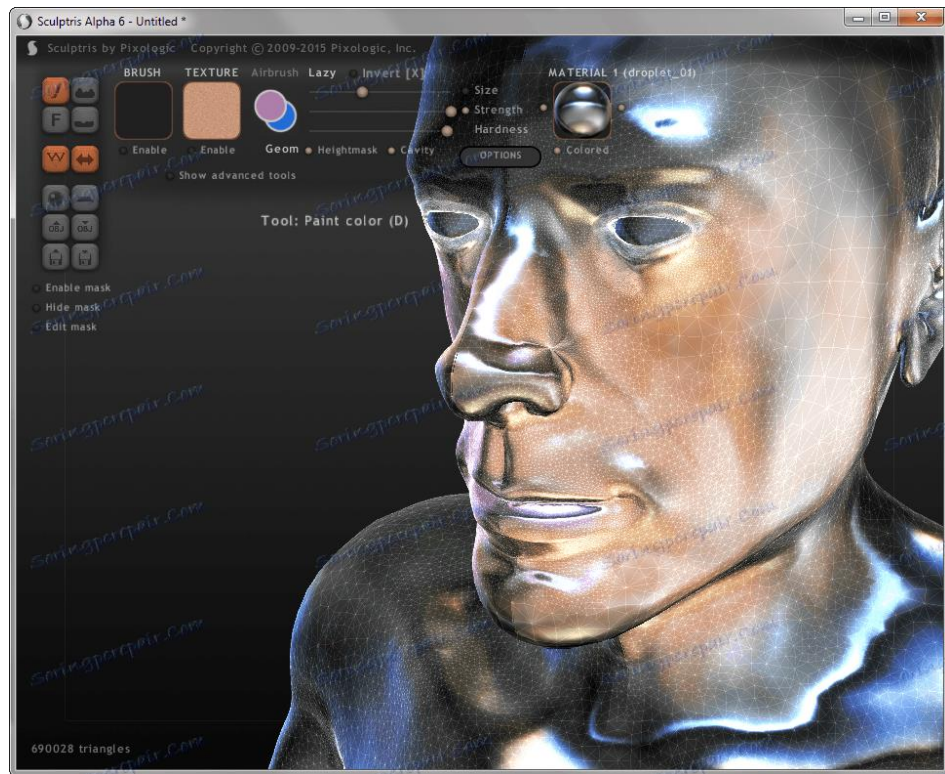


Рисунок 1.10 – Приклад 3D-проекту, виконаного у Sculptris

1.4.5 AutoCAD

AutoCAD - це комп'ютерна програма для проектування та креслення, розроблена компанією Autodesk [1]. Вона широко використовується в галузі архітектури, інженерії, будівництва, геодезії та інших суміжних галузях. AutoCAD дозволяє створювати точні двовимірні та тривимірні моделі, а також виконувати роботу з кресленнями, проектуванням та документацією (рисунок 1.11).

Програма AutoCAD має потужні функції для створення та редагування геометричних об'єктів, таких як лінії, кола, полігони та інші. Вона надає широкий

спектр інструментів для точного вимірювання, масштабування, обрізки та маніпулювання об'єктами. Завдяки своїй деталізації і точності, AutoCAD дозволяє інженерам і дизайнерам створювати складні технічні креслення, плани будівель, схеми, прототипи та іншу документацію.

У AutoCAD також є можливість працювати з тривимірними моделями, що дозволяє користувачам відобразити об'єкти в 3D просторі з використанням різних перспектив та освітлення. Це особливо корисно для архітектурного проектування та візуалізації. AutoCAD підтримує також імпорт та експорт файлів у різних форматах, що дозволяє взаємодіяти з іншими програмами для обміну даними та співпраці з іншими фахівцями [1].

AutoCAD є однією з найпопулярніших програм для проектування та креслення завдяки своїй потужності, великому набору функцій, гнучкості та широкій підтримці від Autodesk та активної спільноти користувачів. Вона дозволяє професіоналам створювати складні проекти та ефективно працювати з даними, що забезпечує високу продуктивність та якість роботи.

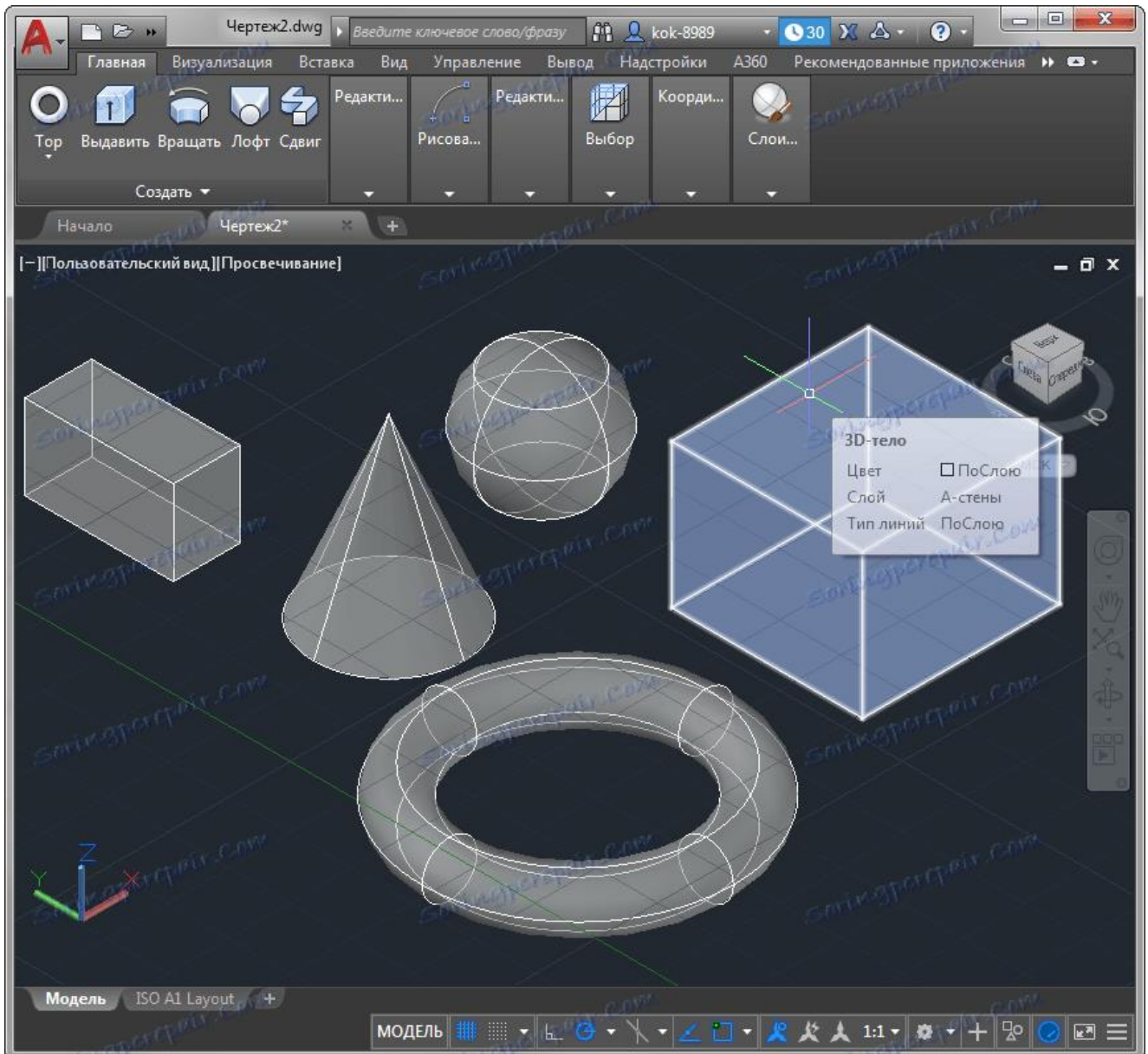


Рисунок 1.11 – Приклад 3D-проекту, виконаного у AutoCAD

1.4.6 Paint 3D

Paint 3D - це програма для створення тривимірних зображень та моделей, розроблена компанією Microsoft. Вона є сучасною версією класичного графічного редактора Paint, який додатково надає можливість працювати з тривимірними об'єктами (рисунок 1.12).

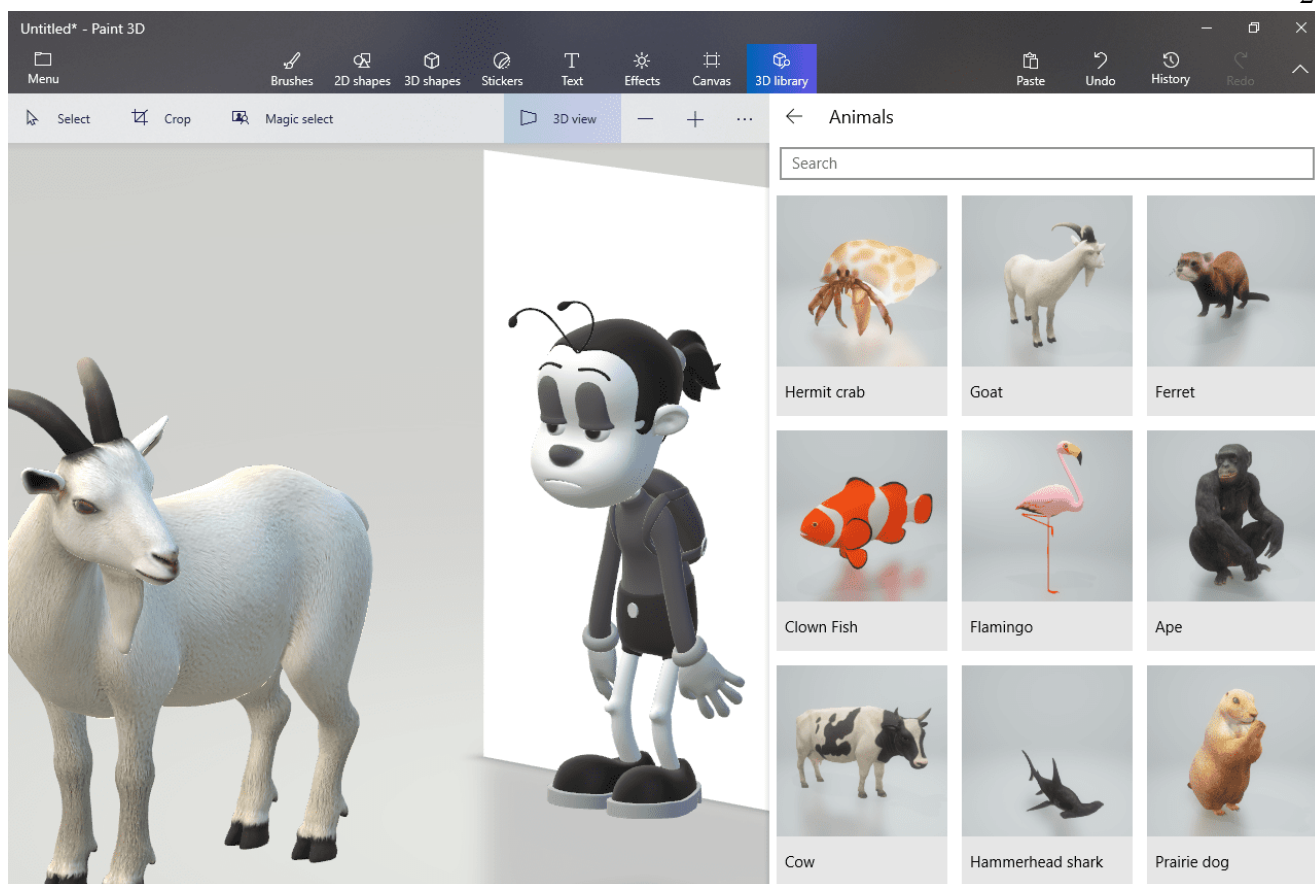


Рисунок 1.12 – Приклад 3D-проекту, виконаного у Paint 3D

Paint 3D надає простий і доступний інтерфейс, що дозволяє користувачам з різним рівнем досвіду створювати та редагувати тривимірні моделі. Вона має різноманітні інструменти та можливості для малювання, фарбування, моделювання та текстурування об'єктів. Користувачі можуть створювати нові форми, додавати текстури, малювати прямо на поверхні моделей, застосовувати ефекти та анімацію [4].

Одна з головних особливостей Paint 3D - це можливість створювати тривимірні моделі з нуля або редагувати вже існуючі об'єкти. Користувачі можуть створювати складні тривимірні сцени, маніпулюючи формами, розміщуючи об'єкти в просторі та застосовуючи різні ефекти та текстури. Paint 3D також підтримує імпорт та експорт файлів у різних форматах, що дозволяє взаємодіяти з іншими програмами та джерелами контенту.

Оскільки Paint 3D є частиною пакету програм Windows 10, вона інтегрується з іншими інструментами та сервісами Microsoft, такими як OneDrive,

для зручного зберігання та спільної роботи зі своїми проектами.

Paint 3D є простим і потужним інструментом для творчих користувачів, що дозволяє їм втілювати свої ідеї в тривимірних моделях та зображеннях без значного складу [4].

1.4.7 SketchUp

Спочатку розроблений і поширений компанією Google, SketchUp здобув велику популярність завдяки своїй безкоштовній доступності для користувачів [7]. Цей редактор відрізняється своїми потужними інструментами, які часто використовуються для проектування архітектурних 3D-об'єктів. SketchUp широко використовується для візуалізації та планування в різних галузях, зокрема в дизайні інтер'єрів, меблів, ландшафтній архітектурі та інших областях (рисунки 1.13).



Рисунок 1.13 – Приклад 3D-проекту, виконаного у SketchUp

SketchUp має акуратний і привітний інтерфейс, який має невелику кількість інструментів на робочій області, що спрощує його використання, особливо для початківців у 3D-моделюванні. Основні принципи SketchUp логічні і зрозумілі, що дозволяє швидко створювати прості 3D-моделі для 3D-друку всього за кілька годин.

Проте SketchUp також здатний робити складніші 3D-проекти. Власники бренду поощрюють окремих користувачів та компанії-розробники створювати додаткові розширення до основної версії програми, що значно розширює потенційні можливості SketchUp. Наприклад, компанія Curviloft створила набір інструментів для моделювання складних органічних структур. SketchUp пропонує не лише спеціалізований модуль 3D-моделювання, але і функціональні інструменти для креслення та якісного рендерингу поверхонь з різними текстурами [7].

Ще однією перевагою SketchUp є наявність вбудованого репозиторію Exchange, який є частиною програми. 3D Warehouse є популярною бібліотекою, в якій вже доступно понад два мільйони моделей, створених у SketchUp. Необхідні шаблони можна отримати безпосередньо під час проектування, що значно спрощує та прискорює роботу. 3D Warehouse пов'язаний з онлайн-сервісом друку Materialise.Cloud, що дозволяє користувачам безпосередньо друкувати готові моделі [7]. Фахівці хмарного сервісу заявляють, що вбудоване програмне забезпечення автоматично виправляє помилки, що виявляються в моделі під час підготовки до 3D-друку.

1.4.8 TinkerCAD

TinkerCAD - це веб-базовий інструмент для 3D-моделювання та проектування, який призначений для початківців у світі 3D-дизайну [8]. Це простий у використанні та інтуїтивно зрозумілий інструмент, який дозволяє користувачам створювати тривимірні моделі без необхідності великого досвіду чи складних навичок (рисунок 1.14).

Один з основних переваг TinkerCAD - його дружній та легкий у навчанні інтерфейс. На стартовій сторінці доступні різноманітні блоки, фігури та інструменти, які можна перетягувати та комбінувати для створення бажаної моделі. Користувачі можуть легко маніпулювати об'єктами, змінювати їх розмір, обертати, переміщати та з'єднувати, що дає велику свободу у творчому процесі.

TinkerCAD також пропонує набір основних інструментів моделювання, таких як витягування, вирівнювання, обрізка та злиття об'єктів [8]. Крім того, є можливість додавання кольорів та текстур до моделей, щоб зробити їх більш реалістичними та привабливими.

TinkerCAD також підтримує можливість імпорту та експорту файлів у різних форматах, що дозволяє співпрацювати з іншими програмами та обмінюватись моделями з іншими користувачами.

Цей інструмент є особливо корисним для освітніх цілей, де він використовується для введення учнів у світ 3D-моделювання та дизайну. Він пропонує простоту використання та можливість швидкої реалізації ідей, що сприяє творчому мисленню та розвитку навичок просторового проектування.

Загалом, TinkerCAD є потужним інструментом для початківців, який дозволяє легко створювати 3D-моделі та розвивати навички в області дизайну.

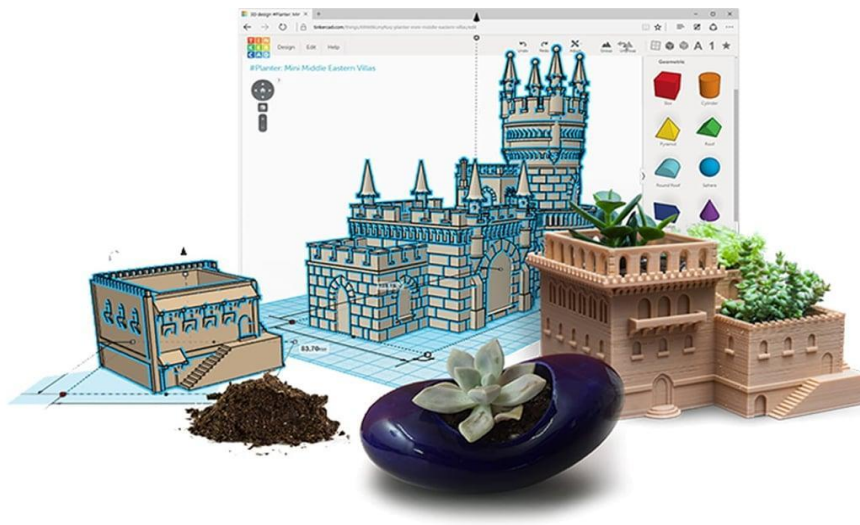


Рисунок 1.14 – Приклад 3D-проекту, виконаного у TinkerCAD

1.4.9 LibreCAD

LibreCAD - це безкоштовне відкрите програмне забезпечення для комп'ютерного проектування (CAD), яке надає користувачам можливість створювати 2D-моделі та креслення [5]. Воно розроблено на основі відомої програми AutoCAD і пропонує аналогічний функціонал, але на відміну від платних аналогів, LibreCAD є безкоштовним та доступним для всіх.

Основна мета LibreCAD - надати потужний інструмент для створення точних 2D-моделей. Інтерфейс програми простий та зрозумілий, звідки користувачі можуть легко отримати доступ до всіх необхідних інструментів та команд. Вона пропонує широкий спектр функцій, таких як створення ліній, кола, прямокутників, поліліній, арок та багатьох інших геометричних форм (рисунок 1.15). Користувачі також можуть використовувати різні інструменти для міркувань та розмірів, щоб забезпечити точність та вимоги проекту.

Окрім базових функцій креслення, LibreCAD підтримує шарову структуру, що дозволяє користувачам створювати та керувати різними шарами об'єктів у своєму проекті. Це дозволяє легко управляти видимістю та редагуванням окремих елементів [5]. Крім того, LibreCAD підтримує імпорт та експорт файлів у різних форматах, таких як DXF, SVG, DWG та інші, що сприяє сумісності з іншими CAD-програмами.

LibreCAD є корисним інструментом для інженерів, архітекторів, дизайнерів та будь-якого користувача, якому потрібна можливість створювати та редагувати 2D-креслення. Він надає доступ до потужного набору функцій CAD без необхідності витрачати великі кошти на комерційні програми. LibreCAD підтримується активною спільнотою користувачів та постійно оновлюється, що забезпечує покращення функціональності та виправлення помилок.

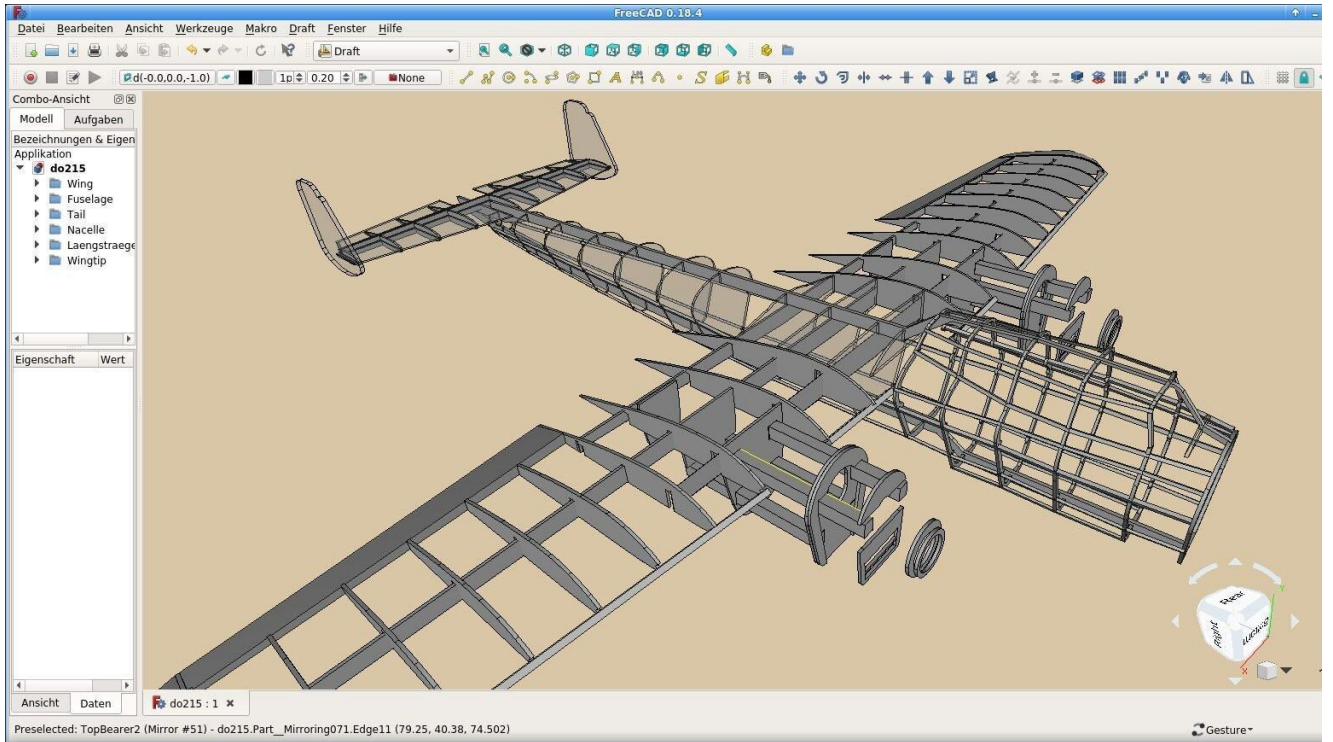


Рисунок 1.15 – Приклад 3D-проекту, виконаного у LibreCAD

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ІГОР З ВИКОРИСТАННЯМ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Використовувані технології при розробці ігор та їх розвиток

Розробка комп'ютерних ігор є процесом створення відеоігор для комп'ютерних платформ.

При цьому розробці часто використовуються ігрові движки, які є потужними інструментами для полегшення роботи програмістів. Ігрові движки надають широкий набір засобів та функціональних можливостей, що сприяють ефективному розвитку гри.

Загалом кажучи, вони забезпечують програмістам необхідні інструменти та ресурси для розробки гри.

2.1.1 Unity

Unity - це потужна інтегрована середовище розробки (IDE) та ігровий движок, який використовується для створення і розробки високоякісних ігрових додатків для різних платформ, включаючи комп'ютери, мобільні пристрої, консолі, віртуальну реальність та інші [10]. Unity набув широкої популярності серед розробників завдяки своїй високій продуктивності, гнучкості та багатому набору функцій (рисунок 2.1).

Однією з ключових особливостей Unity є його багатоплатформеність, що означає, що один і той же проект може бути збудований для різних платформ без значних змін у вихідному коді. Це дозволяє розробникам ефективно створювати гри, які працюють на різних пристроях і мають високу кросплатформену сумісність.

Unity також пропонує багатий візуальний редактор, що спрощує процес створення графіки, анімації та іншого вмісту для гри. Розробники можуть створювати складні 3D-сцени, програмувати поведінку об'єктів, застосовувати

спеціальні ефекти, налаштовувати фізику та освітлення, а також використовувати багатий набір готових компонентів та ресурсів.

Unity підтримує розробку ігор різного жанру та складності - від простих інді-проектів до великих AAA-ігор. Він також підтримує розширення і плагіни, що дозволяють розробникам розширювати функціональність Unity та використовувати спеціалізовані інструменти.

Завдяки великій активній спільноті розробників, Unity надає доступ до багатьох ресурсів, навчальних матеріалів, документації та форумів підтримки. Це сприяє швидкому навчанню та вирішенню проблем під час розробки ігор.

Узагальнюючи, Unity - це потужний інструмент для розробки ігор, який дозволяє розробникам творчо втілювати свої ідеї, створювати високоякісні ігри для різних платформ і ефективно працювати завдяки своїм функціональним можливостям та багатоплатформеній підтримці.

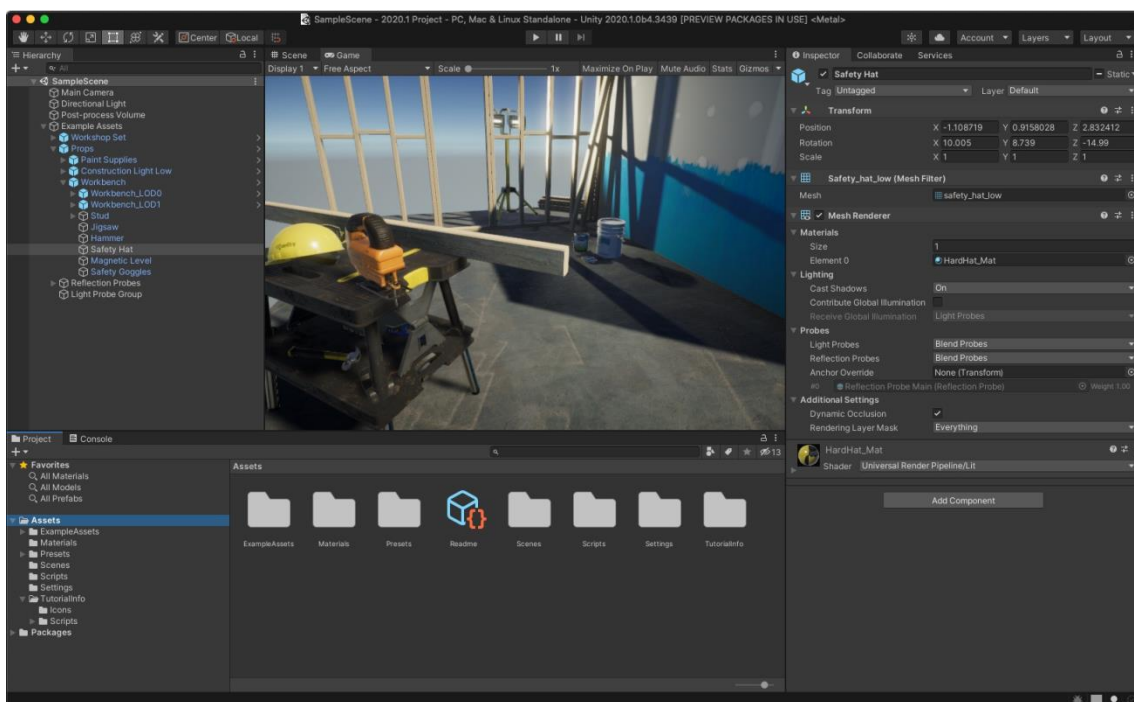


Рисунок 2.1 - Інтерфейс Unity

2.1.2 Unreal Engine

Unreal Engine - це потужний ігровий движок та інтегрована середовище розробки (IDE), створені компанією Epic Games [10]. Він використовується для

розробки високоякісних ігрових додатків для різних платформ, включаючи комп'ютери, консолі, мобільні пристрої, віртуальну реальність та інші.

Unreal Engine славиться своєю потужністю та гнучкістю, що дозволяє розробникам створювати вражаючі візуальні ефекти, реалістичну графіку та фізику, а також динамічний геймплей. Він пропонує широкий набір інструментів та функціональних можливостей для розробки ігрових світів, анімації персонажів, обробки звуку, штучного інтелекту та багато іншого (рисунок 2.2).

Unreal Engine володіє візуальним редактором, що дозволяє розробникам відтворювати та налаштовувати сцени, об'єкти, освітлення, матеріали та інші важливі аспекти гри. Це дозволяє швидко прототипувати ідеї та експериментувати з різними концепціями без необхідності писати вихідний код.

Unreal Engine має потужну систему скриптів та програмування, що базується на мові програмування C++. Це дає розробникам повний контроль над розробкою гри та можливість реалізувати складні функції та логіку гри.

Однією з ключових переваг Unreal Engine є його спільнота розробників. Велика та активна спільнота забезпечує доступ до безлічі навчальних матеріалів, уроків, документації та плагінів, що допомагають у вирішенні проблем та прискорюють процес розробки. Крім того, Unreal Engine має вбудований маркетплейс, де розробники можуть придбати або продавати ресурси, такі як моделі персонажів, текстури, звуки тощо.

Загалом, Unreal Engine є одним з найпопулярніших та найсильніших ігрових движків на ринку, який використовується як досвідченими розробниками, так і новачками, що дозволяє їм створювати захоплюючі ігрові досвіди для гравців з усього світу [10].

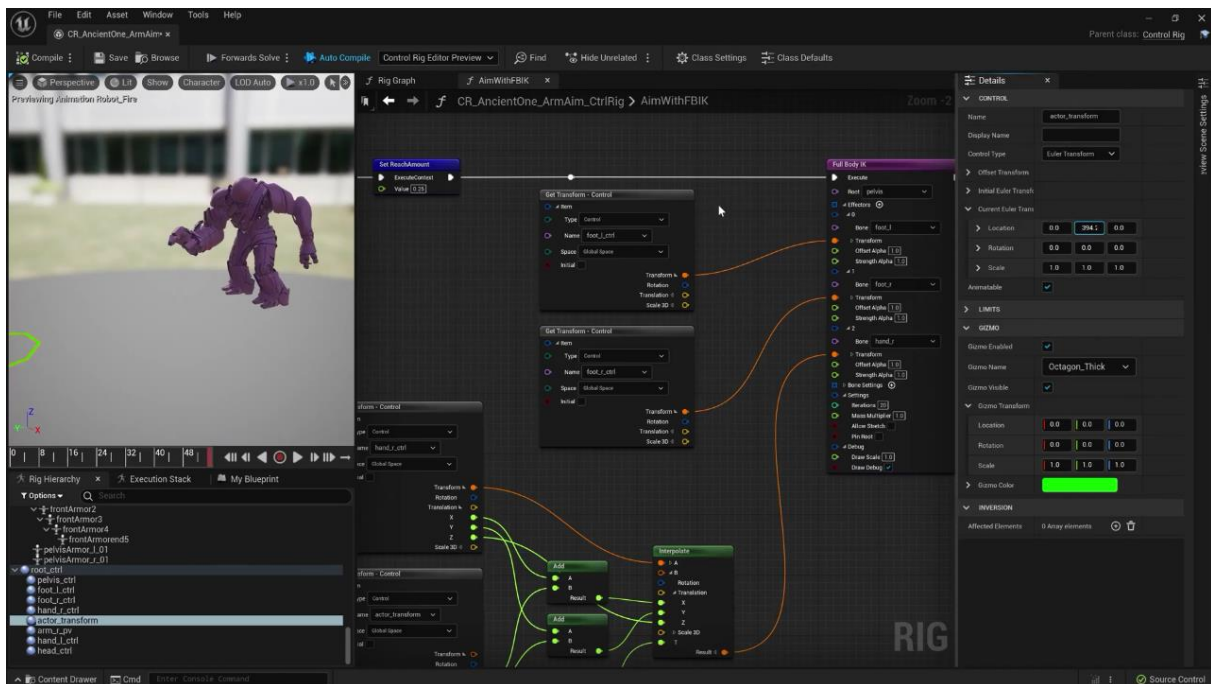


Рисунок 2.2 – Інтерфейс Unreal Engine

2.1.3 GameMaker: Studio 2

GameMaker: Studio 2 (часто просто називається GameMaker) - це потужне середовище розробки ігор, створене компанією YoYo Games [10]. Цей інструмент дозволяє розробникам без необхідності в глибокому розумінні програмування створювати власні відеоігри для різних платформ.

GameMaker: Studio 2 пропонує інтуїтивний і зручний візуальний редактор, де розробники можуть створювати графічний контент, встановлювати поведінку об'єктів та налаштовувати ігрові сцени без необхідності в кодуванні (рисунок 2.3). Це особливо корисно для початківців, які тільки вчаться розробки ігор, але також дозволяє досвідченим розробникам прискорити процес створення.

GameMaker: Studio 2 підтримує використання GML (GameMaker Language) - вбудованої мови програмування, яка має простий синтаксис і добре підходить для розробки ігор. За допомогою GML розробники можуть створювати складні інтерактивні логічні взаємодії, керувати поведінкою персонажів, налаштовувати фізику, обробляти звук та багато іншого.

Особливою рисою GameMaker: Studio 2 є його підтримка різних платформ,

включаючи Windows, macOS, iOS, Android, Xbox, PlayStation та інші. Це дозволяє розробникам створювати ігри для різних пристроїв і розповсюджувати їх на різних цифрових платформах [10].

Крім того, GameMaker: Studio 2 має активну спільноту розробників, де можна знайти велику кількість ресурсів, плагінів, готових шаблонів та документації, що допомагає розробникам вирішувати проблеми та розширювати можливості своїх ігор.

Загалом, GameMaker: Studio 2 є потужним інструментом для розробки ігор, який поєднує простоту використання, можливості програмування і підтримку різних платформ. Він відкриває широкі можливості для творчості та створення унікальних ігрових проектів.

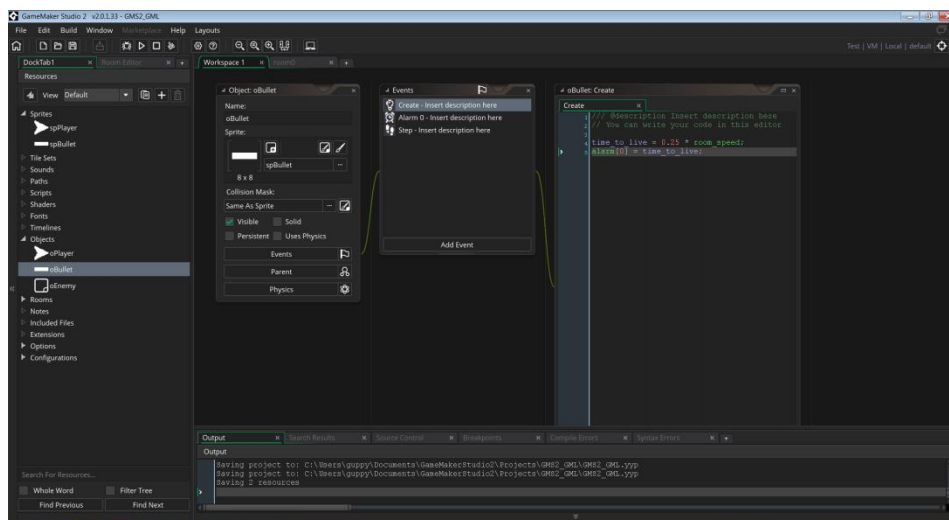


Рисунок 2.3 – Інтерфейс Game Maker

2.1.4 Godot

Godot є відкритим і безкоштовним інтегрованим середовищем розробки ігор. Він надає потужні інструменти для створення як 2D, так і 3D відеоігор для різних платформ [10]. Один з основних принципів Godot - це простота використання та доступність для розробників різного рівня досвіду.

Один з відмінних аспектів Godot - це його власний скриптовий мова, GDScript. GDScript має синтаксис, схожий на Python, що робить його легким у

вивченні та використанні. Однак, Godot також підтримує інші мови програмування, такі як C#, які можуть бути використані для розробки в ігровому движку (рисунок 2.4).

Godot надає багато вбудованих інструментів для розробки ігор, включаючи візуальний редактор сцен, редактор анімацій, редактор фізики та інші. Він також підтримує систему вузлів, що дозволяє розробникам зручно організувати елементи гри та їх взаємодію.

Окрім того, Godot підтримує широкий спектр платформ, включаючи Windows, macOS, Linux, Android, iOS та інші. Розроблені в Godot ігри можуть бути експортовані на ці платформи зручним і швидким способом.

Одна з сильних сторін Godot - це активна спільнота розробників, яка постійно доповнюється ресурсами, уроками, плагінами та іншою корисною інформацією [10]. Це сприяє обміну досвідом та допомагає розробникам розвиватися та вирішувати проблеми.

Загалом, Godot є потужним інтуїтивним інструментом для розробки ігор, який надає розробникам багато можливостей і гнучкість, одночасно залишаючись доступним для новачків у галузі геймдеву.

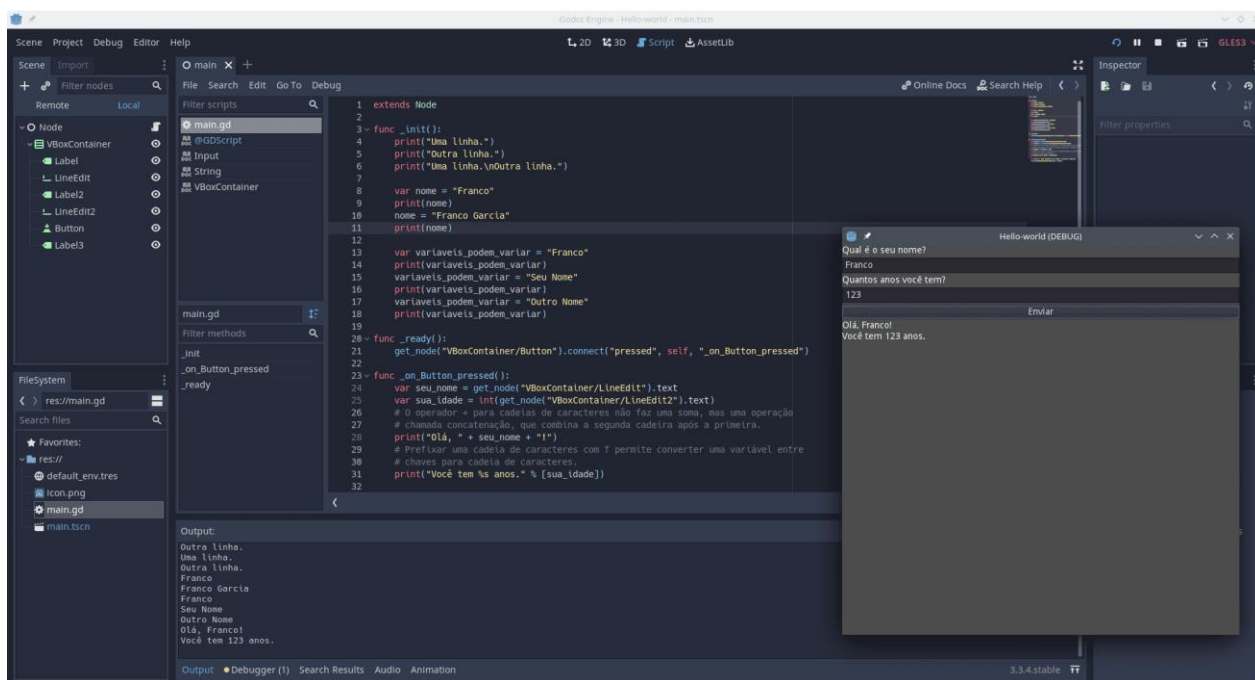


Рисунок 2.4 - Інтерфейс Godot

2.1.5 Ren'Py

Ren'Py є безкоштовним та відкритим інструментом для розробки візуальних новел (visual novels). Він спеціалізується на створенні ігор з фокусом на повідомленнях та історії, де гравці можуть взаємодіяти з персонажами та приймати різні рішення, що впливають на хід сюжету [10].

Ren'Py надає зручне та інтуїтивне середовище розробки, яке дозволяє розробникам швидко створювати візуальні новелі навіть без попереднього досвіду програмування. Він використовує спеціальну скриптову мову, схожу на Python, яка дозволяє задавати дії, діалоги та логіку гри (рисунок 2.5).

Ren'Py підтримує багато функціональних можливостей, таких як анімація персонажів, зміна графіки, використання звукових ефектів та музики, а також можливість створювати галерею з розблокованими зображеннями чи енциклопедію з описом персонажів і місць.

Один з основних принципів Ren'Py - це зосередження на наративі та розповіді історії. Розробники можуть створювати складні сюжети з багатьма гілками та різними кінцями, дозволяючи гравцям впливати на хід подій та отримувати різні кінцівки.

Ren'Py підтримує експорт готових ігор на різні платформи, включаючи Windows, macOS, Linux, Android та iOS, що дозволяє досягти широкої аудиторії гравців [10].

Загалом, Ren'Py є потужним інструментом для розробки візуальних новел, який надає розробникам можливість творити захоплюючі історії та емоційні геймплеї з використанням мінімальних зусиль.



Рисунок 2.5 - Інтерфейс Ren'Py

2.1.6 Amazon Lumberyard

Amazon Lumberyard є інтегрованим інструментом для розробки відеоігор, який надає розробникам широкий набір функціональних можливостей для створення високоякісних ігрових проектів [10]. Він розроблений компанією Amazon і базується на потужному движку CryEngine.

Lumberyard надає засоби для розробки ігор у різних жанрах, включаючи шутери, рольові ігри, пригодницькі ігри та багато іншого. Його функціональність охоплює графічний рендеринг у реальному часі, фізику, штучний інтелект, анімацію персонажів, звукові ефекти, мережеву гру та інші важливі аспекти розробки ігор (рисунок 2.6).

Однією з ключових особливостей Lumberyard є його інтеграція з хмарним сервісом Amazon Web Services (AWS)[10]. Розробники можуть використовувати AWS для розміщення своїх ігор у хмарі, що забезпечує гнучкість та

масштабованість під час розгортання та управління ігровими серверами.

Lumberyard також має вбудовану підтримку віртуальної реальності (VR), що дозволяє розробникам створювати ігри та досвіди, спеціально адаптовані для VR-платформ, таких як Oculus Rift і HTC Vive.

Інтерфейс Lumberyard простий та інтуїтивно зрозумілий, що сприяє зручній роботі з ним навіть для новачків у галузі розробки ігор. Крім того, Lumberyard є безкоштовним для використання, що робить його доступним для широкого кола розробників.

Загалом, Amazon Lumberyard є потужним інструментом для створення високоякісних відеоігор з великим набором функціональних можливостей та інтеграцією з хмарними сервісами Amazon Web Services.

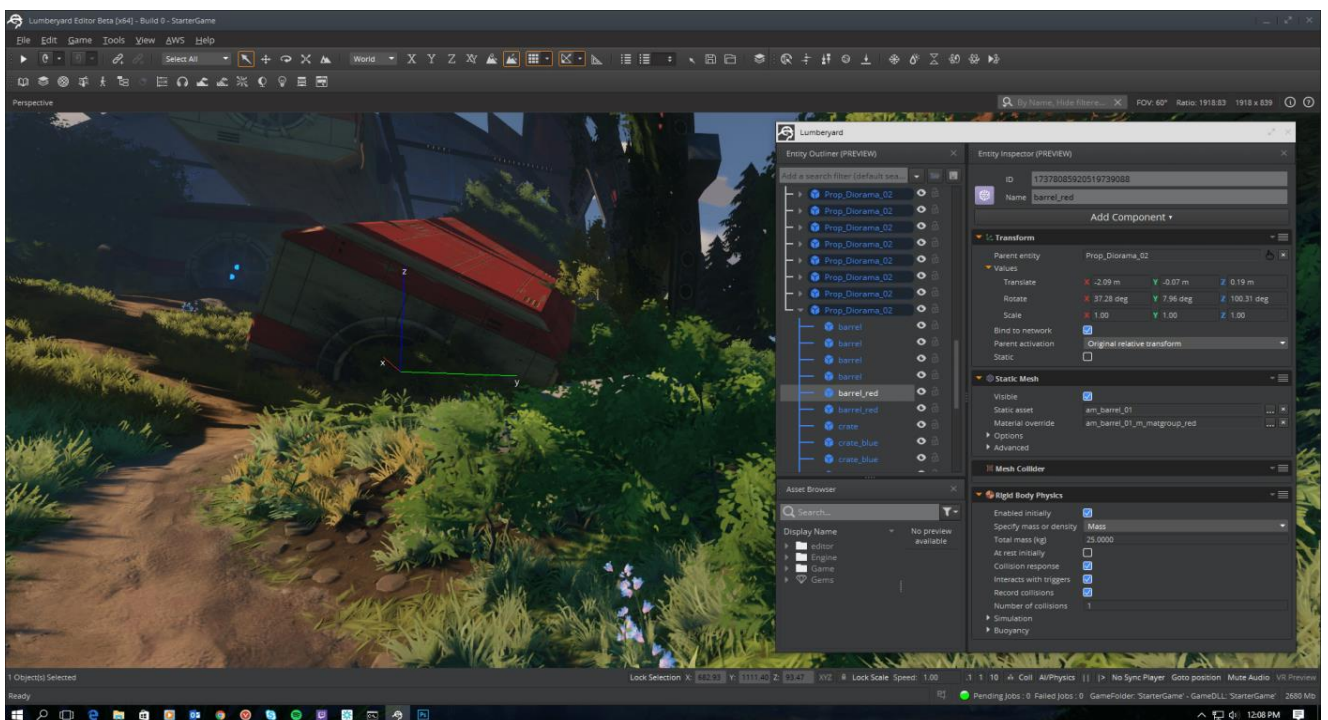


Рисунок 2.6 - Інтерфейс Amazon Lumberyard

2.1.7 jMonkeyEngine

jMonkeyEngine (також відомий як jME) є відкритим інтегрованим середовищем для розробки відеоігор та інтерактивних додатків [10]. Він заснований на мові програмування Java і надає потужний набір інструментів для

створення тривимірних ігрових проектів (рисунок 2.7).

jMonkeyEngine пропонує високоякісний графічний рендеринг у реальному часі, підтримку фізичної моделювання, анімацію персонажів, обробку звуків та багато інших функцій, необхідних для розробки ігор. Цей движок також має підтримку розширення за допомогою плагінів, що дозволяє розробникам розширювати його функціональність за потреби [10].

Однією з особливостей jMonkeyEngine є його здатність працювати на різних платформах, включаючи Windows, macOS і Linux. Це дає розробникам можливість створювати ігри, які можуть бути запущені на різних комп'ютерах та пристроях.

jMonkeyEngine також підтримує розробку віртуальної реальності (VR) і інтеграцію з різними VR-платформами, такими як Oculus Rift і HTC Vive, що дозволяє створювати ігри та додатки для цих іммерсивних середовищ.

Інтерфейс jMonkeyEngine є простим і зрозумілим, а документація та активна спільнота розробників забезпечують підтримку та ресурси для новачків у галузі розробки ігор.

Загалом, jMonkeyEngine є потужним інструментом для розробки тривимірних відеоігор та інтерактивних додатків, забезпечуючи розробникам широкий функціональний набір та гнучкість у реалізації їх творчих ідей.

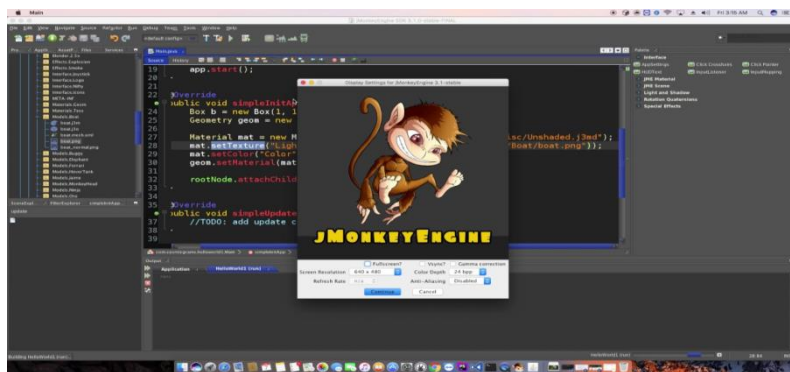


Рисунок 2.7 – Інтерфейс jMonkeyEngine

Згідно дослідженню, проведеному сервісами SteamDB серед 20 тисяч ігор Steam найпопулярнішим серед усіх ігрових движків виявився Unity (рисунок 2.8)[10].

Engine					
Unity	27148	Solar2D	64	HashLink	9
Unreal	6869	TelltaleTool	49	Heaps	9
GameMaker	2806	PlayFirstPlayground	46	idTech4	8
RPGMaker	1938	WolfRPGEditor	43	idTech6	8
RenPy	1235	idTech3	39	Pico8	8
XNA	572	Wintermute	36	SCI	7
Adobe AIR	398	Marmalade	29	idTech2 5	6
Godot	384	ChromeEngine	27	idTech5	6
Cocos2d	326	Bitsquid	27	Unigine	6
MonoGame	280	Frostbite	21	idTech0	5
Construct	201	Prism3D	19	Aurora	5
Lime OR OpenFL	140	GoldSource	17	AGI	5
Source	135	Clausewitz	14	RAGE	5
AdventureGameStudio	119	Build	13	Snowdrop	5
FNA	115	Defold	13	Infinity	4

Рисунок 2.8 – Статистика використання ігрових движків 2022 році

2.2 Етапи створення гри

В цьому підрозділі будуть описані основні етапи створення гри, їх цілі та логіку переходу між етапами.

2.2.1 Концептування

На першому етапі розробки гри проводиться концептуалізація та початкове опрацювання дизайну. Основна мета цього етапу полягає у створенні дизайнерської документації для гри, яка включає детальний опис гри як готового бізнес-продукту, а також концептуальний документ або початковий розробник усіх аспектів гри [11].

Документація гри зберігає та систематизує ідеї дизайнера гри. Це дозволяє виконавцю чітко розуміти свої завдання щодо реалізації продукту. Тестувальник отримує чітку інструкцію щодо тестування. Проектний менеджер використовує

документацію для формування планів та контролю за виконанням завдань. Інвестор, особливо на ранніх етапах розробки, отримує розуміння того, на що саме він інвестує свої кошти.

Для успішної розробки проекту важливо підтримувати всю документацію, як проектну, так і продуктову, у постійно актуальному стані на всіх етапах розвитку проекту. Також важливо забезпечити структурованість документації, повний опис продукту, уникнення двозначностей та регулярне оновлення її змісту.

2.2.2 Прототипування

Прототипування є важливим етапом у процесі розробки гри, який передуює фактичному створенню гри. Під час прототипування створюється прототип або пробний варіант гри, який відображає основні концепції, механіку та взаємодію, що будуть присутні в кінцевій грі [11].

Основна мета прототипування полягає у визначенні ефективності та прийнятності ігрових ідей і концепцій перед реалізацією повноцінного продукту. Прототип допомагає розробникам, дизайнерам та іншим учасникам проекту отримати реальний досвід взаємодії з грою, виявити сильні та слабкі сторони, виправити недоліки та внести необхідні зміни ще на ранніх стадіях розробки.

Прототип може бути створений у вигляді простих макетів, демонстраційних роликів, інтерактивних пробних версій або ігрових рівнів з основними механіками. Він може бути використаний для збору фідбеку від потенційних гравців, ігрових тестерів або інших учасників проекту з метою вдосконалення концепції та визначення найкращого напрямку для подальшої розробки.

Прототипування допомагає зменшити ризики та витрати на розробку, оскільки він дозволяє виявити проблеми та недоліки на ранніх етапах, коли внесення змін є менш витратним та часовим затратним. Крім того, прототипування сприяє зрозумінню та спілкуванню між розробниками,

дизайнерами та іншими учасниками проекту, що сприяє більш ефективному й успішному розвитку гри..

2.2.3 Вертикальний розріз

Вертикальний розріз є важливою складовою процесу розробки гри і використовується для детального розгляду та визначення основних аспектів гри на кожному рівні. Це дозволяє розробникам отримати глибоке розуміння того, як будуть взаємодіяти різні компоненти гри, включаючи механіку, графіку, звук та інші аспекти.

Вертикальний розріз орієнтується на конкретні рівні або сцени гри, зосереджуючись на їх деталях та функціональності. Цей підхід дозволяє розробникам протестувати та оптимізувати різні елементи гри в реальному часі, що сприяє покращенню геймплею та загального враження від гри [11].

Під час вертикального розрізу розробники працюють над реалізацією конкретних функціональних елементів гри, таких як управління персонажем, взаємодія з оточенням, штучний інтелект, анімація, звукові ефекти та інше. Вони також перевіряють, як ці елементи взаємодіють між собою та як впливають на геймплей.

Вертикальний розріз дозволяє розробникам отримати реальний вигляд гри на ранніх етапах розробки і вносити необхідні зміни та поліпшення до того, як робота перейде до наступних етапів. Це також сприяє зближенню команди розробників, оскільки вони можуть бачити та оцінювати прогрес кожного елемента гри.

Вертикальний розріз є важливою стратегією, яка допомагає забезпечити високу якість та сприятливий геймплей гри, перед тим як розробка перейде до горизонтального розрізу, де більша увага приділяється розширенню і розвитку гри в цілому.

2.2.4 Створення контенту

Створення контенту є важливим етапом в процесі розробки гри. На цьому етапі команда розробників створює різні компоненти гри, такі як графіка, звук, музика, анімація, рівні, персонажі, об'єкти та інші елементи, які складатимуть груповий контент.

Розробка графічного контенту включає створення текстур, моделей персонажів і об'єктів, задніх планів, спеціальних ефектів тощо. Розробники використовують програми для моделювання 3D, малювання, анімації та редагування зображень, щоб створити візуальні елементи гри.

Звуковий контент включає створення звукових ефектів, діалогів, музики та інших аудіоелементів, які доповнюють геймплей і створюють належну атмосферу гри. Звукові дизайнери використовують спеціалізовані програми для запису, редагування та змішування звукових ефектів та музики.

Створення рівнів та геймплейних сцен також є важливою частиною створення контенту. Розробники використовують інструменти рівнів або ігрові движки для створення і редагування рівнів гри, встановлення логіки та взаємодії об'єктів, розстановки перешкод, налаштування штучного інтелекту та інших параметрів геймплею.

На етапі створення контенту важливо забезпечити співпрацю і злагодженість між різними членами команди, такими як графічні дизайнери, звукові дизайнери, рівневі дизайнери та інші [11]. Це допомагає створити злагоджений і високоякісний контент, який відповідає задуму гри та задовольняє очікування гравців.

2.2.5 Закрите бета-тестування

Закрите бета-тестування є етапом у процесі розробки продукту або програмного забезпечення, коли обмежена кількість користувачів запрошується для тестування продукту перед його офіційним випуском [11]. Ці тестувальники зазвичай обираються з конкретної цільової аудиторії або групи довірених осіб.

Головною метою закритого бета-тестування є збір відгуків, виявлення помилок або проблем та внесення необхідних вдосконалень перед тим, як продукт стане доступним для широкої громадськості. Це дозволяє розробникам отримати цінні висновки та переконатися, що продукт працює належним чином і відповідає бажаним цілям.

2.2.6 Відкрите бета-тестування

Відкрите бета-тестування є етапом у процесі розробки продукту або програмного забезпечення, коли випускається публічна версія для тестування великою кількістю користувачів. У відкритому бета-тестуванні будь-хто, хто бажає, може долучитися до тестування продукту, надати свої враження, зворотний зв'язок та звіти про помилки.

Головною метою відкритого бета-тестування є залучення широкої аудиторії для перевірки продукту в реальних умовах використання та отримання реального відгуку користувачів. Це дозволяє розробникам виявити та виправити помилки, удосконалити функціональність та забезпечити якісний продукт перед його остаточним випуском.

Відкрите бета-тестування також надає можливість взаємодії зі спільнотою користувачів, збирання ідей та пропозицій щодо поліпшень продукту, а також збір даних про продуктивність та навантаження системи. Розробники можуть використовувати цю інформацію для оптимізації та вдосконалення продукту перед його остаточним випуском.

2.2.7 Випуск

Випуск (реліз) є завершальним етапом в процесі розробки продукту або програмного забезпечення, коли фінальна версія продукту стає доступною для користувачів [11]. Цей етап передбачає офіційний випуск продукту на ринок або

використання користувачами.

Під час випуску розробники завершують роботу над продуктом, виправляють помилки, проводять фінальне тестування та підготовку до випуску. Після успішного завершення цього етапу, продукт стає доступним для загальної публіки або визначеної аудиторії користувачів [11].

Випуск може включати офіційну анонсування нового продукту, його рекламу та просування на ринку. Користувачі можуть отримати доступ до продукту шляхом придбання, завантаження або використання відповідних сервісів або платформ.

Випуск є критично важливим етапом, оскільки він позначає готовність продукту до використання та споживання користувачами. Успішний випуск передбачає задоволення потреб користувачів, якість та надійність продукту, а також можливість подальшого підтримання та розвитку.

РОЗДІЛ III ПРОЦЕС СТВОРЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

3.1 Концепція та сценарій гри

Жанром гри було обрано шутер від виду третьої особи . Цей жанр характеризується активною геймплейною механікою, в якій головний акцент робиться на використанні вогнепальної зброї і бойових навичках гравця для перемоги над ворогами.

У центрі сюжету знаходиться головний герой , поліцейський. Його завдання вижити у сільській місцевості в якій знаходиться величезні групи зомбі .

3.1 Підготовка графічних елементів

Графічні елементи гри реалізовані у вигляді 3D-моделей у форматі FBX та зображень у форматі PNG, що забезпечує деталізованість та реалістичний вигляд об'єктів.

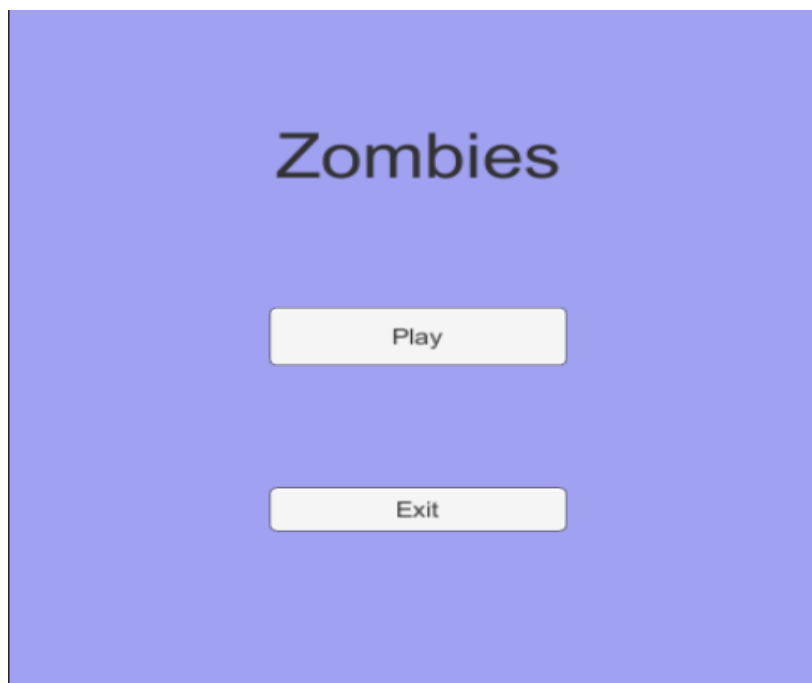


Рисунок 3.1 – Стартове меню

Стартове меню (рисунок 3.1) є першим, що зустрічає гравця, тому важливо створити зрозумілий та зручний інтерфейс. Головне меню гри містить такі

елементи:

- Назва гри: Чітко вказує назву гри та може бути представлена як текстовий елемент або стилізована логотипом;
- Кнопка "Play": Дозволяє гравцю почати гру. При натисканні на цю кнопку гравець переходить до початку гри;
- Кнопка "Exit": Надає можливість вийти з гри. При натисканні на цю кнопку гра закривається, і гравець повертається до основного інтерфейсу своєї операційної системи.

Керування у меню здійснюється за допомогою лівої кнопки миші. Кнопки виглядають інтуїтивно зрозумілими, дозволяючи користувачу спокійно та впевнено користуватися програмою та зрозуміти функції, які вони виконують.

Під час гри користувач бачить різні елементи інтерфейсу, зокрема кількість здоров'я свого персонажа. Це може бути візуальне відображення у вигляді панелі здоров'я або символу, який показує рівень здоров'я героя (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Інтерфейс гравця

Всі ці елементи інтерфейсу та їх функціонал покликані забезпечити зручну навігацію гравця по грі, зрозумілість її функціоналу та створити приємний іммерсивний геймплей

Головний персонаж розпочинає гру, знаходячись в центрі карти, готовий до битви з ворогами. Гравець має можливість взаємодіяти з цими ворогами, стріляючи в них, а також переміщуватись по карті за допомогою різних клавіш та миші:

- Клавіша "W": Рухає персонажа вгору. При натисканні на цю клавішу головний герой починає рухатись вгору по карті;
- Клавіша "S": Рухає персонажа вниз. При натисканні на цю клавішу головний герой починає рухатись вниз по карті;
- Клавіша "A": Рухає персонажа вліво. При натисканні на цю клавішу головний герой починає рухатись вліво по карті;
- Клавіша "D": Рухає персонажа вправо. При натисканні на цю клавішу головний герой починає рухатись вправо по карті.

Ліва кнопка миші: Вистрілює у напрямку, в якому знаходиться курсор миші. Гравець може натискати ліву кнопку миші для вистрілів на ворогів та нанесення шкоди.

На ігровій карті також можуть бути розміщені статичні об'єкти, які створюють перешкоди для руху головного персонажу та його ворогів. Ці об'єкти можуть бути будівлями, стінами, перешкодами і т.д., що вимагають від гравця обійти їх або знайти інший шлях. Також на карті можуть бути присутні не фізичні об'єкти, такі як трава або пшеничні поля, які існують лише як елементи декору, створені для покращення загального вигляду гри, але не мають взаємодії з головним персонажем або ворогами.

Стимулом для гравця є нагородження очками за вбивство зомбі. Ця система нараховує очки гравцю кожен раз, коли він успішно знищує ворогів. Це створює більше мотивації для гравця не лише тікати від зомбі, але й активно боротися з ними. Гравець може намагатися отримати якомога більше очок, показуючи свої навички та ефективність в бою.

Кінець гри настає, коли кількість здоров'я головного героя досягає нуля. У такому випадку головний герой помирає, а на екрані з'являється меню(рисунок 3.3), яке повідомляє гравця про його поразку. В цьому меню доступні такі кнопки:

- Кнопка "Play again": Дозволяє гравцю почати гру з початку, надаючи можливість спробувати знову і покращити свій результат.
- Кнопка "Main Menu": Переносить гравця на головне меню гри, де він може обрати інші опції, такі як розпочати нову гру або переглянути налаштування.
- Кнопка "Exit": Дозволяє гравцеві вийти з гри. При натисканні на цю кнопку гра закривається, і гравець повертається до основного інтерфейсу своєї операційної системи.

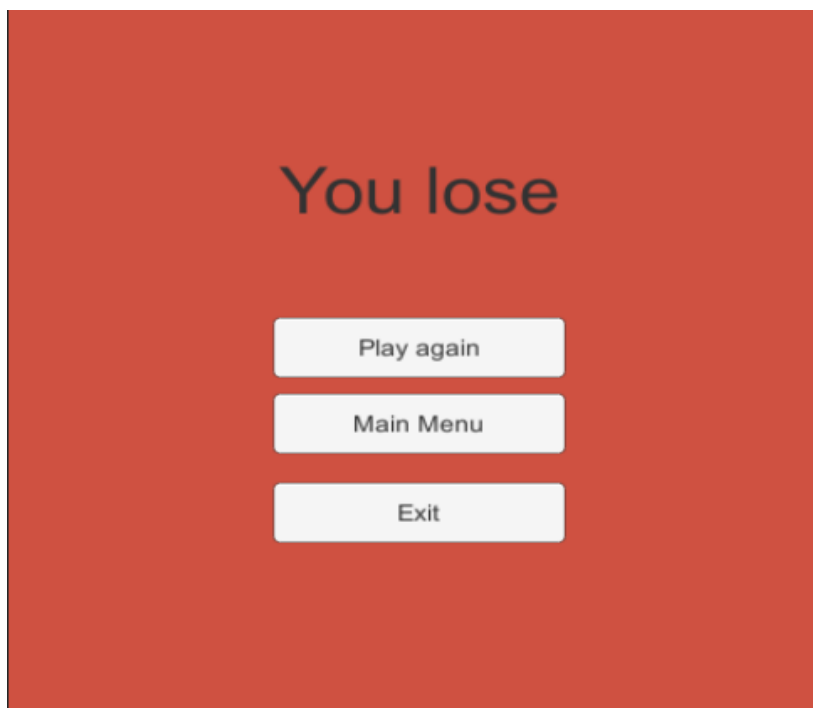


Рисунок. 3.3 – Меню після смерті гравця

3.3 Внутрішня ігрова логіка

Для даної гри було обрано ПК як ігрову платформу з кількох причин. Перш за все, ПК є найзручнішою платформою для розробки та тестування гри. Розробники можуть швидко і легко вносити зміни в код, перевіряти його працездатність та візуалізацію, що робить процес розробки більш ефективним.

Крім того, комп'ютерні ігри продовжують залишатися найпопулярнішими серед різних ігрових платформ. Вони надають гравцям широкі можливості в

контролі, графіці та функціональності, що дозволяє створювати більш складні та іммерсивні геймплеї.

Важливим аспектом розробки комп'ютерних ігор є концепція ігрового циклу. Кожна гра має основну функцію, яка містить всю ігрову логіку і виконується знову і знову протягом гри. Цей цикл запуску основної функції може відбуватись після певних дій гравця або після закінчення певного часу. Ігровий цикл визначає логіку гри, включаючи рухи персонажів, взаємодію з об'єктами, обробку введення гравця та реагування на події в грі.

Карта для переміщення персонажа є заздалегідь створеною. Дана гра має стартову точку не тільки для гравця але й для зомбі ,які починають з'являтися з певних місць для цього було реалізовано скрипт (рисунок. 3.4)

```
public class EnemySpawner : MonoBehaviour
{
    public float Period;
    public GameObject Enemy;
    float TimeUntilNextSpawn;

    void Start()
    {
        TimeUntilNextSpawn = Random.Range(0, Period);
    }

    void Update()
    {
        TimeUntilNextSpawn -= Time.deltaTime;
        if (TimeUntilNextSpawn <= 0.0f)
        {
            TimeUntilNextSpawn = Period;
            Instantiate(Enemy, transform.position, transform.rotation);
        }
    }
}
```

Рисунок 3.4 – Скрипт для створення зомбі

Також були створені три типи будинків як декорації, а саме дерев'яний будинок, невелика хижка і велика вілла. Для створення кожного з цих будинків було використано відповідну кількість елементів Box і Cylinder. На ці елементи був застосований модифікатор Edit Poly, а також використані інструменти Loop, Chamfer і Extrude для створення даху, віконців і двірних отворів. Для створення реалістичного ефекту на даху був застосований модифікатор Shell (рисунок 3.5).

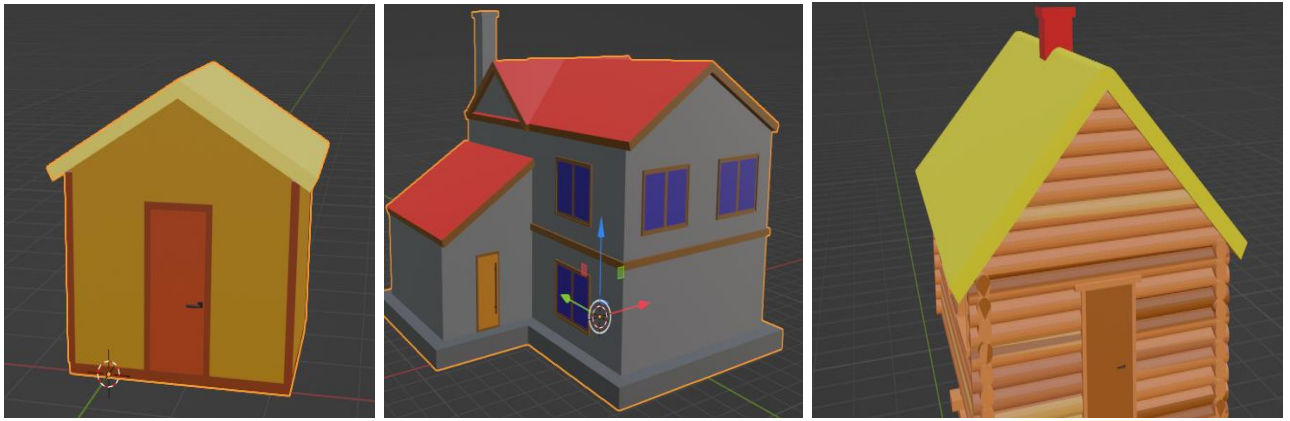


Рисунок 3.5 – Три види будиночків, застосованих як декорації у грі

Також за схожою технологією було створено такі об'єкти як криниця та млин (Рисунок 3.6)

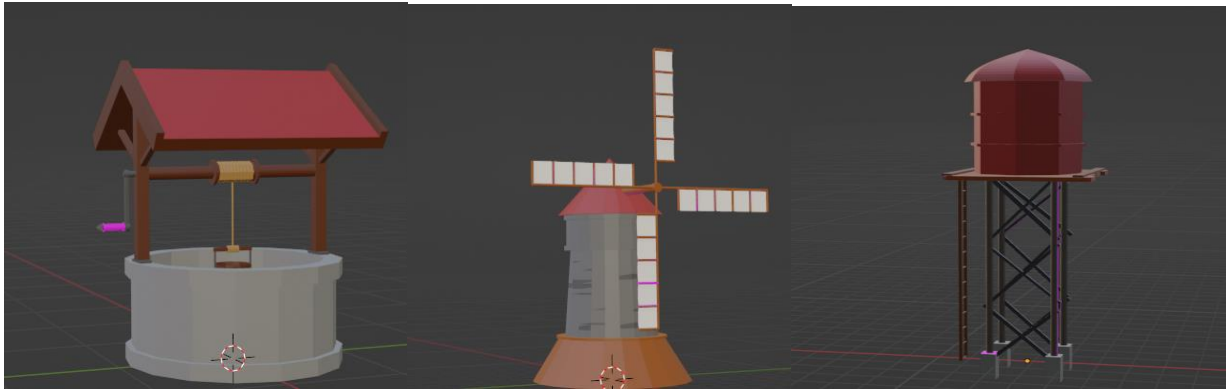


Рисунок 3.6 – Криниця , млин та водна вежа

ВИСНОВКИ

Сьогодні комп'ютерна графіка має значний вплив на наше повсякденне життя і використовується майже в усіх сферах, таких як програмування, реклама, ігри, кінематографія, техніка і наука. Ми часто навіть не усвідомлюємо, що за різноманітними рекламними роликами, кадрами фільмів та зображеннями інтер'єрів стоїть майстерна робота 3D-моделювання.

3D-моделювання - це процес створення тривимірного макету певного об'єкта і розробка його образу. Великий внесок у початок розвитку 3D-моделювання зробив вчений Айван Сазерланд, який створив програму Sketchpad, що стала прародином усіх сучасних програм для 3D-моделювання. Він почав за її допомогою розробляти об'єкти, що сприяло подальшому розвитку 3D-моделювання, включаючи 3D-друк.

Для створення 3D-моделі необхідно пройти наступні кроки:

- Моделювання: створення геометричної форми об'єкта, використовуючи різні інструменти та методи;
- Текстурування: нанесення текстур на модель для надання їй деталізованого вигляду та реалістичності;
- Освітлення: налаштування освітлення сцени для створення потрібного настрою та атмосфери;
- Анімація: створення руху та динаміки об'єкта, додавання анімаційних ефектів;
- Візуалізація або рендерінг: створення фінального зображення моделі з урахуванням освітлення, матеріалів та інших налаштувань;
- Виведення отриманого зображення: збереження або експорт фінального зображення в потрібному форматі для подальшого використання або показу.

3D-моделювання приносить світу великий прибуток, адже використовується у багатьох сферах сучасного життя, одна з таких – комп'ютерні ігри – для розробки персонажа та його анімації, трьохвимірних об'єктів гри, а також віртуального оточення. До того ж, саме якість графіки є найвпливовішим фактором у виборі та придбанні тої чи іншої гри користувачем.

У цій роботі було досліджено різні середовища для 3D-моделювання (за їх рівнем складності, за призначенням, за популярністю серед користувачів тощо), а також було досліджено найбільш популярні на сьогоднішній день середовища для розробки ігор. Завдяки цьому було обрано середовище для розробки 3D-моделей, а саме Blender для 3D-моделювання та Unity для створення комп'ютерної гри.

Цей вибір був здійснений головним чином з огляду на популярність та зручність їх інтерфейсу. В кінці був складений план створення гри, що дозволило розробити персонажів гри, об'єкти-декорації для сцени, перешкоди та загальний вигляд сцени. Усі ці елементи були розміщені в середовищі Unity, де також поступово розроблялась логіка гри за допомогою мови програмування C#.

Під час роботи було зроблено висновки щодо переваг і недоліків 3D-моделювання. Серед переваг можна виділити наступне:

- Висока інформативність окремих зон об'єкту, оскільки навіть складні геометричні форми є легко зрозумілими;
- Можливість обертати створений об'єкт під різними кутами для детальнішої розробки його форм;
- Здатність впливати на візуальні реакції глядача, створюючи ефекти падіння, запаморочення, різких рухів, гонок і т.д;
- Подальші перспективи, оскільки у 3D-форматі глядач легко розуміє розміри, пропорції та розміщення об'єктів у просторі з одного погляду на модель.

Проте, як було зазначено, є також деякі недоліки:

- Високі вимоги до технічних можливостей комп'ютера, зокрема до швидкодії процесора та обсягу оперативної пам'яті;
- Потреба у значних затратах часу на створення кожної окремої моделі;
- Необхідність постійно відстежувати взаємне розташування об'єктів та їх опорних точок.

В загальному, кількість переваг 3D-моделювання та їх значимість перевищують кількість недоліків.

ДЖЕРЕЛА ПОСИЛАННЯ

1. 2019 Best 3D Modeling Software [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-3d-cad-3d-design-software/>
2. Blender 3d [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://blender3d.org.ua/>
3. Clara.io. Model. Animate. Render. Online [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://clara.io/>
4. Кращі програми для 3d моделювання й промислового 3d дизайну [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://getfab.ru/post/47793/>
5. LibreCAD [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://librecad.org/>
6. Moment of Inspiration. 3D modeling for designers and artists [Електронний ресурс]: сайт. URL: <http://moi3d.com/>
7. SketchUp [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://www.sketchup.com>
8. TINKERCAD [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://www.tinkercad.com/>
9. Unbelievable history of 3D modeling [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://ufo3d.com/history-of-3d-modeling>
10. Найпопулярніші безкоштовні движки для розробки ігор. [Електронний ресурс] сайт. URL: <https://habr.com/ru/companies/timeweb/articles/659891/>
11. Сім етапів створення гри: від концепту до релізу [Електронний ресурс]: сайт. URL: <https://habr.com/company/miip/blog/308286/>
12. 3D-моделювання та візуалізація. [Електронний ресурс] URL: <https://koloro.ua/ua/3d-modelirovanie-i-vizualizaciya.html>