

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК 004.921

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри



С.А. Найда

(ініціали, прізвище)

“ 9 ” грудня _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

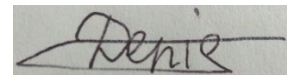
спеціальність 171 Електроніка
(код і назва спеціальності)

на тему: «Особливості сучасних засобів створення анімаційних тривимірних сцен»

Виконав: студент II курсу, групи ДВ-91мп
(шифр групи)

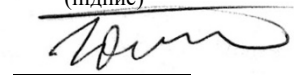
Денісов Ростислав Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)



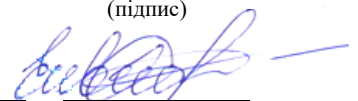
(підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., Оникієнко Ю. О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)



(підпис)

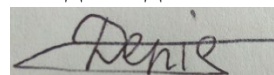
Рецензент доцент каф. ЕІ, к.т.н., доц. Іванько К.О.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)



(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент



(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Факультет електроніки
(повна назва)

Кафедра кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем
(повна назва)

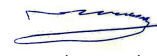
Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (освітня програма) 171 Електроніка

(Електронні системи мультимедіа та засоби Інтернету речей)
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



С. А. Найда
(ініціали, прізвище)

« 9 » грудня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Денісову Ростиславу Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Особливості сучасних засобів створення анімаційних тривимірних сцен»

науковий керівник дисертації Оникієнко Юрій Олексійович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 05 » листопада 2020 р. № 3241-с.

2. Строк подання студентом дисертації 09.12.2020 р.

3. Об'єкт дослідження: програми для моделювання, та способи створення тривимірних моделей.

4. Предмет дослідження (Початкові дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): основні програми для тривимірного моделювання та техніки моделювання різних об'єктів.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1) Дослідити основні програми для тривимірного моделювання; 2) Провести аналіз методів моделювання різних об'єктів; 3) Розробити демонстраційну сцену у різних програмах для порівнянь їх особливостей, виявлення переваг та недоліків

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1) 38 рис, 25 табл., 1 презентація, 16 слайдів.

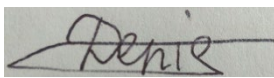
7. Перелік публікацій: 1) Огляд основних методів 3D моделювання та їх порівняння // Міжнародна студентська наукова конференція «Розвиток суспільства та науки в умовах цифрової трансформації», 2020 р., С.82-88.

8. Дата видачі завдання 10. 09. 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Написання першого розділу: Введення у тривимірне моделювання	30.09.2020	Виконано
2	Написання другого розділу: Аналітичний огляд основних програм для тривимірного моделювання	25.10.2020	Виконано
3	Написання третього розділу: Аналіз методів тривимірного моделювання	11.11.2020	Виконано
4	Написання четвертого розділу: Створення демонстраційної сцени у різних програмах для виявлення переваг та недоліків.	17.11.2020	Виконано
5	Стартап проект	22.11.2020	Виконано
6	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	28.11.2020	Виконано
7	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	9.12.2020	Виконано

Студент

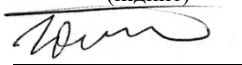


(підпис)

Р.В. Денісов

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник



(підпис)

Ю. О. Оникієнко

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Денісов Р. В. Особливості сучасних засобів створення анімаційних тривимірних сцен: магістерська дис. : 171 Електроніка. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 97 с.

Магістерська дисертація: 98 с., 38 рис., 25 табл., 1 дод., 18 джерел мультимедійні технології, maya, blender, cinema 4d, hard-surface.

Актуальність дослідження.

Тривимірне моделювання та анімація зараз використовуються кожен день. Важко уявити сучасній світ без допомоги тривимірних елементів, що використовуються від сфер кіновиробництва, створення ігор та різного аудіо-візуального контенту, до конструкторських моделей, архітектурної візуалізації та надрукованих на 3Д принтері протезів, або будь-яких елементів. Проте, кожна із сфер застосування має свої особливості при створенні самих моделей та оточення. Усе це диктується розмірами об'єкта, деталізацією його на екрані, якщо говорити про аудіо-візуальний контент. При створенні будь-яких конструкторських елементів необхідна максимальна точність, тому що кожен прорахунок – це людські життя. При створенні комп'ютерних ігор впливають інші особливості: а саме ігри мають бути доступними на максимальній кількості пристроїв, при максимально різних технічних характеристиках самих персональних комп'ютерів, від малобюджетних, із слабкими характеристиками, так і для потужних машин, які застосовують для максимального занурення у ігровий процес. Тож можна зробити висновки, що необхідні моделі, які будуть максимально спрощені на рівні сітки, але ззовні щоб нічим не відрізнялись від досить деталізованої сітки. Але на даний момент не існує універсальної програми, яка б охоплювала хоча б половину сфер застосування. Тому доцільно створити програму, яка б суміщала у собі більшу частину можливостей створення під різні сфери застосування.

Вибрана тема актуальна тому що універсальна програма для тривимірного моделювання забезпечує:

- підвищення продуктивності створення медіаконтенту;
- зменшення затрат ресурсів для створення тривимірних сцен;
- зменшення витрат ресурсів для створення якісного медіаконтенту.

Метою дослідження є аналіз існуючих програм для створення тривимірних анімаційних сцен, що використовуються у відео та ігровому виробництві, а також виявлення переваг та недоліків обраних програм, на прикладі створення демонстраційної типової сцени та надання рекомендацій для створення універсальної програми, яка забезпечує виконання більшої кількості етапів створення кіно-сцени чи гри.

Об'єкт дослідження – програмне забезпечення що використовуються для створення тривимірних анімаційних сцен.

Предмет дослідження – методи моделювання Hard-Surface та органічних об'єктів, під різні сфери застосування із їх особливостями при створенні.

Методи дослідження – теоретично-аналітичний і практичний аналіз засобів та програм для створення тривимірних анімаційних сцен.

Наукова новизна отриманих результатів: на практичному прикладі проведено аналіз залежності швидкості прорахунку зображення та його якості від кількості обраних шарів прорахунку зображення.

Практичне значення одержаних результатів: запропоновано універсальну програму, у якій враховано особливості створення під різні необхідності та застосування.

Апробація результатів дисертації: Доповідь на міжнародній студентській науковій конференції «РОЗВИТОК СУСПІЛЬСТВА ТА НАУКИ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ» 2020 р.

ABSTRACT

Master's thesis: 98 p., fig. 38, tabl. 25, refer. 18, 1 appendix.

multimedia computing, maya program, blender program, cinema 4d program.

3D modeling and animation are now used every day. It is difficult to imagine the modern world without the help of three-dimensional elements used from the fields of filmmaking, game creation and various audio-visual content, to design models, architectural visualization and 3D-printed prostheses, or any elements. However, each of the areas of application has its own characteristics when creating the models and environments. All this is dictated by the size of the object, its detail on the screen, when it comes to audio-visual content. When creating any design elements, maximum accuracy is required, because every miscalculation is human life. When creating computer games, there are other features: namely, games should be available on the maximum number of devices, with the most different technical characteristics of personal computers, from low-budget, with weak characteristics, and for powerful machines that are used for maximum immersion in the gameplay. Therefore, we can conclude that we need models that will be as simple as possible at the grid level, but from the outside so that they do not differ from a sufficiently detailed grid. But at the moment there is no universal program that would cover at least half of the areas of application. Therefore, it is advisable to create a program that would combine most of the possibilities of creating for different areas of application.

The chosen topic is relevant because the universal program for three-dimensional modeling provides:

- increase the productivity of media content creation;
- reducing the cost of resources to create three-dimensional scenes;
- reducing the cost of resources to create quality media content.

The aim of the study is to analyze existing programs for creating three-dimensional animation scenes used in video and game production, as well as to identify the advantages and disadvantages of selected programs, on the example of creating a typical demonstration scene and provide recommendations for creating a universal program. movie scenes or games.

The object of research is the software used to create three-dimensional animation scenes.

The subject of research - methods of modeling Hard-Surface and organic objects, for different areas of application with their features in the creation. .

Research methods - theoretical-analytical and practical analysis of tools and programs for creating three-dimensional animation scenes.

Scientific novelty of the obtained results: on the practical example the analysis of dependence of speed of miscalculation of the image and its quality or quantity of the chosen layers of miscalculation of the image is carried out.

Practical significance of the obtained results: a universal program is proposed, which takes into account the peculiarities of creation for different needs and applications.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	10
---------------------------------	----

ВСТУП	11
1. ВВЕДЕННЯ У ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ	13
1.1. Історія тривимірного моделювання	13
1.2. Етапи створення тривимірних анімаційних сцен.....	18
1.3. Сфери використання тривимірної графіки	27
Висновки до розділу 1.....	31
2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРИ СТВОРЕННІ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ	32
2.1. Особливості моделювання органічних та Hard-Surface об'єктів	32
2.2. Особливості створення моделей для ігор... ..	36
2.3. Особливості створення моделей для кінематографу	40
Висновки до розділу 2.....	43
3. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	44
3.1. Autodesk Maya.....	44
3.2. Blender.....	54
3.3. Cinema 4D.....	59
Висновки до розділу 3	63
4. СТВОРЕННЯ ТИПОВОЇ ДЕМОНСТРАЦІЙНОЇ СЦЕНИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ ОСНОВНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	64
4.1. Створення типової сцени у Maya.....	64
4.2. Створення типової сцени у Blender.....	68
4.3. Створення типової сцени у Cinema 4D.....	71
4.4. Аналіз переваг та недоліків програм.....	74
Висновки до розділу 4	76
5. СТАРТАП-ПРОЕКТ.....	77
5.1. Опис ідеї проекту.....	77
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	77
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	78

5.4. Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту.....	82
5.5. Розроблення маркетингової стратегії стартап-проекту.....	83
Висновки до розділу 5.....	85
Висновки до магістерської роботи	86
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	88
ДОДАТОК А. SUMMARY.....	90

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

UV – U cords V cords

NURBS - Non-uniform rational B-spline

TRS - translation, rotation, scale

NLA – no line animation

HDRI - High Dynamic Range Imaging

Full HD - Full High Definition

API - Application Programming Interface

OpenGL - Open Graphics Library

ВСТУП

Із розвитком технологій, тривимірне моделювання проникло у всі сфери звичного життя. Важко уявити аудіо-візуальний сучасний контент без використання тривимірного моделювання та анімації. Під час створення моделей та оточення для різних сфер застосування, слід враховувати особливості моделювання та прорахунку зображення (рендеринг), щоб отримати найкращі візуальні характеристики.

Для різних етапів створення, зараз є безліч альтернативних варіантів програмного забезпечення. Більшість такого забезпечення, направлена на виконання одного або декількох етапів виробництва, та однієї, цілісної та універсальної програми, яка б дозволила виконання усіх етапів, із якістю, що не поступається окремим напрямленим на такі дії програми зараз немає. Тому при створенні, доводиться використовувати безліч різного програмного забезпечення, що є досить не раціональним, адже необхідно знати програму, та власне придбати її.

Наразі більшість програм для моделювання, мають можливості по створенню, текстурування, розгортці, створенню освітлення та оточення, та рендерингу тривимірних об'єктів та сцен. Такі програми як Maya, 3Ds Max , Blender та Cinema 4d є найрозповсюдженішими у різних сферах аудіо-візуального та ігрового виробництва. При проектуванні конструкцій та різних технічних кресленнях використовують Autodesk Inventor, AutoCAD, 3D-compass.

При створенні аудіо-візуального контенту намагаються досягти максимального фото-реалізму, щоб у глядача/гравця, моделі не виділялись на фоні реальних предметів та людей. Необхідно враховувати наскільки близько та як довго глядач/гравець буде спостерігати створений об'єкт, та в залежності від цих параметрів, робити його детальнішим на рівні сітки та текстур, щоб уникнути не природних вигинів та рухів.

Виникає питання доцільності використання великої кількості різних програм для того, щоб створити тривимірну сцену, та при необхідності анімувати. Для цього можна використати універсальну програму. Така програма мала б доцільність, якщо взяти за основу для моделювання Maya, як частину, що відповідає за текстуровання (зображення продуктивних візуальних властивостей яких-небудь поверхонь або об'єктів) Substance Painter або 3D- coat, а для рендерингу можна було використовувати алгоритми V-ray.

Метою роботи є аналіз існуючих програм для створення тривимірних анімаційних сцен, що використовуються у відео та ігровому виробництві, а також виявлення переваг та недоліків обраних програм, на прикладі створення демонстраційної типової сцени та надання рекомендацій для створення універсальної програми, яка забезпечує виконання більшої кількості етапів створення кіно-сцени чи гри.

1 ВВЕДЕННЯ У ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

1.1 Історія тривимірного моделювання

Перше реальне застосування комп'ютерної графіки пов'язують з ім'ям Дж. Уїтні. Він займався кіновиробництвом в 50-60-х роках і вперше використав комп'ютер для створення титрів до кінофільму.

Наступним кроком у своєму розвитку комп'ютерна графіка зобов'язана Айвен Сазерленду, який в 1961 р, ще будучи студентом, створив програму малювання, названу ним Sketchpad (рис.1.1). Програма використовувала світлове перо для малювання найпростіших фігур на екрані. Отримані картини можна було зберігати і відновлювати. У цій програмі було розширено коло основних графічних примітивів, зокрема, крім ліній і точок був введений прямокутник, який задавався своїми розмірами і розташуванням.



Рисунок 1.1 – Програма Sketchpad і Айвен Сазерленд (1963)



Рисунок 1.2 – Відеогра Spacewar та її творець Стів Рассел

Спочатку комп'ютерна графіка була векторною, тобто зображення формувалося з тонких ліній. Ця особливість була пов'язана з технічною реалізацією комп'ютерних дисплеїв [1]. Надалі більш широке застосування отримала растрова графіка, заснована на представленні зображення на екрані у вигляді матриці однорідних елементів (пікселів).

У тому ж 1961 р студент Стів Рассел створив першу комп'ютерну відеогру Spacewar (рис.1.2), а науковий співробітник Bell Labs Едвард Зеджек створив анімацію "Simulation of a two-giro gravity control system". Університет штату Юта стає центром досліджень в області комп'ютерної графіки завдяки Д.Евансу і А.Сазерленду, які в цей час були найпомітнішими фігурами в цій області. Пізніше їх коло стало швидко розширюватися.

У зв'язку з успіхами в області комп'ютерної графіки великі корпорації почали виявляти до неї інтерес, що в свою чергу стимулювало прогрес в області її технічної підтримки. У 1969 році Сазерленд і Еванс відкрили першу компанію, яка займалася виробництвом комп'ютерної графіки, назвали просто - "Evans & Sutherland". Спочатку комп'ютерна графіка та анімація використовувалася переважно в рекламі і на телебаченні. Наприклад, комп'ютерної компанії MAGI належить заслуга у створенні першої в історії комерційної комп'ютерної анімації: обертовий логотип ІВМ на одному з моніторів в офісі компанії з'явився на початку 70-х років.

У 1970-х роках відбувся різкий стрибок у розвитку обчислювальної техніки завдяки винаходу мікропроцесора, в результаті чого почалася мініатюризація комп'ютерів і швидке зростання їх продуктивності. І в цей же час починає інтенсивно розвиватися індустрія комп'ютерних ігор. Одночасно комп'ютерна графіка починає широко використовуватися на телебаченні і в кіноіндустрії. Дж.Лукас створює відділення комп'ютерної графіки на Lucasfilm.

У 1971 р Гольдштейн і Нагель вперше реалізували метод трасування променів з використанням логічних операцій для формування тривимірних зображень.

Учнем Сазерленда став Е.Кетмул, майбутній творець алгоритму видалення невидимих поверхонь з використанням Z-буфера (1978). Тут же працювали Дж.Варнок, автор алгоритму видалення невидимих граней на основі розбиття області (1969) і засновник Adobe System (1982), Дж.Кларк, майбутній засновник компанії Silicon Graphics (1982). Всі ці дослідники розвивали алгоритмічну сторону комп'ютерної графіки.

У 1977 р з'являється новий журнал "Computer Graphics World".

В середині 1970-х років графіка продовжує розвиватися в бік все більшої реалістичності зображень. Е.Кетмул в 1974 р створює перші алгоритми текстурування криволінійних поверхонь. У 1975 р з'являється згаданий раніше метод зафарбовування Фонга [2]. У 1977 р Дж.Блін пропонує алгоритми реалістичного зображення шорстких поверхонь (мікрорельєфів); Ф.Кроу розробляє методи усунення ступеневої ефекту при зображенні контурів (антилайзінг). Дж.Брезенхем створює ефективні алгоритми побудови растрових образів відрізків, кіл і еліпсів. Рівень розвитку обчислювальної техніки до цього часу вже дозволив використовувати "жадібні" алгоритми, що вимагають великих обсягів пам'яті, і в 1978 р Кетмул пропонує метод Z-буфера, в якому використовується область пам'яті для зберігання інформації про "глибину" кожного пікселя екранного зображення. В цьому ж році Сайрус і Бек розвивають алгоритми кліпування (відсікання) ліній. А в 1979 р Кей і Грінберг вперше реалізують зображення напівпрозорої поверхні.

У 1980 р Т.Уіттед розробляє загальні принципи трасування променів, що включають відображення, заломлення, затінення і методи антилайзінга. У 1984 р групою дослідників (Горел, Торренс, Грінберг і ін.) Була запропонована модель випромінювача, одночасно розвиваються методи прямокутного кліпування областей.

Перші персональні комп'ютери відрізнялися малою потужністю, що чимало перешкоджало роботі з 3D графікою. Для якісної і швидкої роботи необхідні були посилені робочі станції. В ролі рятівника виступив професор Стенфордського університету Джим Кларк (Jim Clark), який, залишивши

кафедру комп'ютерної графіки, відкриває разом з Еббі Сільверстоуном (Abbey Silverstone) компанію Silicon Graphics в листопаді 1981 року. Джим Кларк також є одним із засновників компанії Netscape (1992). Першим дітищем SGI став IRIS 1000 - серія машин SGI, що працюють з процесором Motorola 68000 і материнською платою Sun-1. Незабаром SGI починає випускати машини, що працюють під операційною системою Unix. Вінцем серії IRIS слід визнати модель IRIS 3130, яка працювала на процесорі Motorola 68020, посиленому математичним співпроцесором компанії Weitek. Перевагою SGI в порівнянні з моделями комп'ютерів інших виробників був програмно-апаратний комплекс Geometry Pipelines, який збільшував швидкість роботи з 3D. Тоді ж виникає Ray Tracing Corporation, Adobe System, в 1986 році компанія Pixar відгалужується від Lucasfilm.

З поширенням 3D технологій і їх впровадженням в розважальну індустрію найбільшого успіху досягають графічні станції SGI серії IRIS 4D, які оснащуються потужними системами візуалізації Опух, здатними вмістити до 64 процесорів. Графічні станції оснащуються 64 бітними мікропроцесорами MIPS. Цими машинами оснащуються найбільші голлівудські 3D студії: ILM і Digital Domain. Графічні станції SGI володіли великою продуктивністю і неймовірно високою вартістю. Одним словом, робочі станції SGI були орієнтовані на невелику цільову аудиторію, що складається з одних професіоналів.

Сьогоднішній ринок 3D пакетів відрізняється великою різноманітністю. Ціни на програмне забезпечення впали в десятки разів, тому ліцензійне програмне рішення можуть дозволити собі навіть невеликі студії та окремі підприємці. А на початку 90-х років минулого століття тривимірна графіка для більшості людей була не більше ніж черговий «заумом» вчених, тому доторкнутися до світу 3D могли лише обрані. Більш того, з самого початку не було комплексних програмних рішень, які б поєднували в собі функції по моделюванню, анімації і рендерингу. Одним з перших комплексних пакетів для моделювання і рендеринга був Lightwave 3D, випущений в 1990 році для

комп'ютерів серії Amiga. Фахівці компанії з'єднали два програмних пакета: Aegis Modeler (моделювання) і Videoscape (рендеринг і анімація). Спочатку Lightwave 3D був додатком програмного комплексу Video Toaster. Повноцінна і незалежна версія була випущена в 1994 році.

Дуже цікавим і потужним комерційним програмним рішенням слід визнати PowerAnimator від Alias. Саме PowerAnimator є одним із предків Maya. PowerAnimator представляв собою дорогий програмний комплекс, який працював на графічних станціях SGI під операційною системою Irix. PowerAnimator вперше був використаний на проєкті «Бездня». Програма Maya 1.0 з'явилась в лютому 1998 році. Maya 1.0 поєднала в собі переваги трьох наступних програмних пакетів: The Advanced Visualizer (візуалізація), Thomson Digital Image (моделювання) і Power Animator (анімація). Об'єднання Alias і Wavefront в 1995 році стало можливим завдяки придбанню обох компаній концерном SGI. Після виходу програмного пакету Maya, керівництво прийняло рішення припинити випуск PowerAnimator і сконцентрувати свої сили на виробництві та розкрутці нового бренду. На сьогоднішній день Maya є найбільш затребуваним програмним рішенням в сфері розважальної індустрії. За вісім років компанія Alias Wavefront випустила сім версій свого провідного програмного рішення. В цьому році компанія Alias була придбана більшим розробником програмного забезпечення компанією Autodesk. Покупка обійшлася гігантові 3D індустрії в 197 мільйонів доларів. 3Ds Max компанії Autodesk з'явився в 1996 році, а «виросла» програма з 3D Studio для DOS. Розробка почалася в 1993 році з освіти відділення Kinetix в надрах монстра Autodesk. Пізніше Autodesk об'єднає Kinetix з Discreet Logic і сформує відділ Autodesk & Media Entertainment. Був розроблений новий інтерактивний 32-розрядний інтерфейс, програма втратила безліч характерних на той момент обмежень. На сьогоднішній день випущено вісім версій популярного рішення.

1.2 Етапи створення тривимірних моделей та сцен

Для того, щоб визначити особливості, спершу необхідно визначити етапи створення сцен та моделей. Більша частина етапів буде однаковою для різних сфер використання, та будуть і ті етапи, що присутні не у всіх областях застосування.

Етап 1 - Концепти і дизайн

Як і в будь-якому процесі виробництва, починати слід з ідеї, яку необхідно висловити в концептах. Це важливий етап, який буде фундаментом для всієї подальшої роботи. Насправді не так важливо, якої якості будуть ескізи, головне, щоб вони були (рис.1.3). Тому що ескіз це план, завдяки якому буде заощаджено багато часу, особливо якщо роботу виконують частинами, і потім необхідно передати наступному виконавцю[3]. Маючи ескіз, можна чітко уявляти фінальний результат і кроки, які необхідні для його реалізації. Ескізи виражають атмосферу і основну стилістику усієї роботи. Чим більше необхідних ескізів буде знайдено, тим детальніше можна буде виконати зовнішнє обрамлення і культурну складову. Даний етап присутній у всіх сферах застосування, від ігор до медицини.

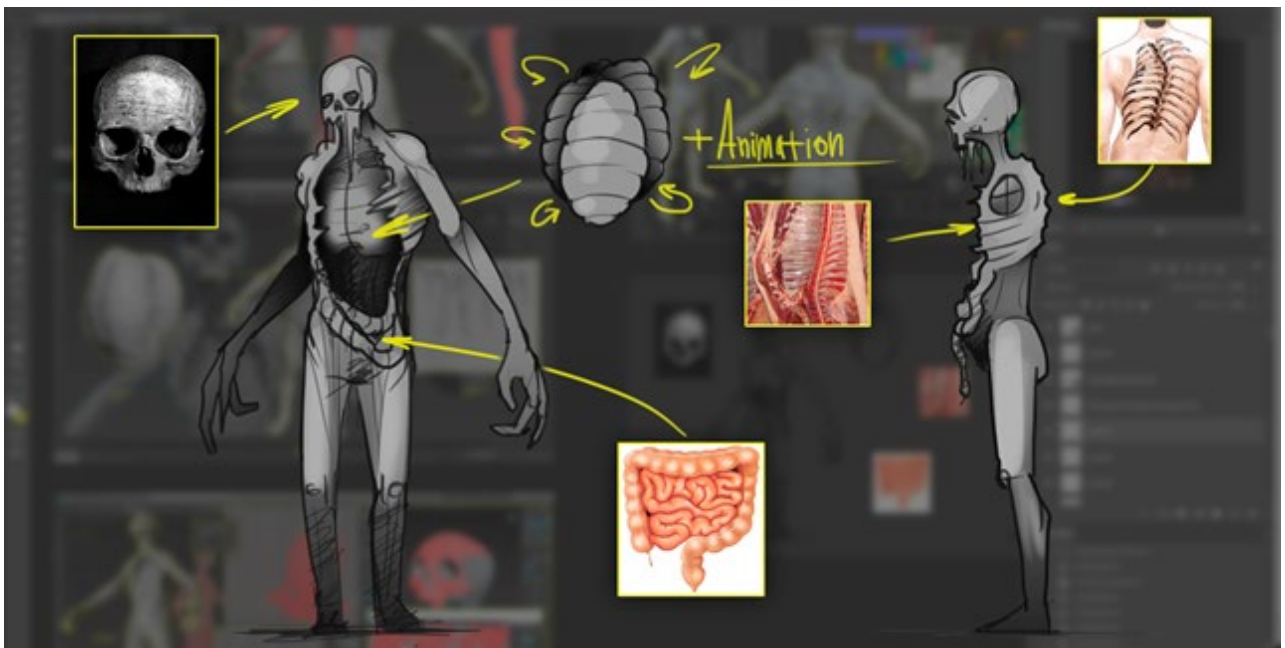


Рисунок 1.3 – Приклад концептуальних ескізів

Етап 2 – Моделювання

Як і перший етап, моделювання присутнє у всіх сферах застосування. Моделювання складається із декількох кроків : блокінг - процес, створення низкополігональної моделі (модель із малою кількістю полігонів), із базових елементів, таких як куби та інші створюється схематичне розташування об'єктів, для того щоб мати уявлення про розміри та розташування необхідних об'єктів.

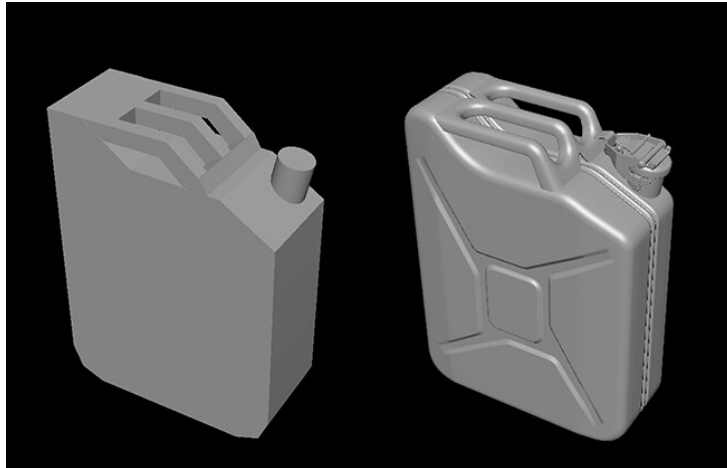


Рисунок 1.4 – Зліва блокінг, справа деталізована модель

Після виконання блокінгу, можна розпочинати моделювання високополігональної (модель із великою кількістю полігонів) моделі, та займатися деталізацією. Під час виконання цього етапу, необхідно приділяти увагу сітці моделі, та власне вимогам до самих моделей. У першу чергу, зараз йде розрахунок на фотореалізм, тобто модель створюється таким чином, щоб після виконання усіх етапів, отримати зображення, яке не відрізняється від звичайної фотографії. Для цього, необхідно дотримуватись деяких правил, щоб моделі не вибивались із оточення та були більш реалістичними. Для усіх моделей, що у реальному житті створюються у ручну або за допомогою механічної обробки – слід додати до ребер так звану фаску, тому що у реальному світі, не буває ідеально гострих ребер та граней, через що модель може здаватись не реальною. Якщо необхідно створювати органіку, чи то людина або людино-подібне створіння, чи то будь-який фрукт та інші, прибігають до скульптингу (принцип ліпки з глини) - головне завдання - створити максимально деталізовану модель. Тому що, на наступних етапах,

внести якусь деталізацію буде проблематично. Для цього завдання можна використати програми ZBrush або Sculptris.



Рисунок 1.5 – Високополігональний скульптинг

Етап 3 – Ретопологія

Ретопологія (створення нової сітки) зазвичай використовується майже завжди, за винятками простої реклами та простої анімації, коли об'єкти моделювання будуть знаходитись не так близько до камери, щоб можна було розгледіти деталі (рис.1.6).

Як було зазначено раніше, для використання моделі у грі, необхідно оптимізувати сітку таким чином, щоб кількість полігонів була оптимальною як для анімації, так і для текстуровання.

При створенні для кінематографу – на цьому етапі операція є оберненою – намагаються створити ретопологію таким чином, щоб сітка стала менш хаотичною та більш деталізованою, що також полегшить процес анімації та ригінгу (створення кісток та розподіл ваги) .

Ретопологію можна робити як в сторонньому ПЗ, так і в 3D Max за допомогою інструменту PolyDraw. Будувати топологію найкраще використовуючи «лупи» (loop, з англ. - петля, виток) в місцях згинів, це полегшить подальший скіннінг і забезпечить анімації більш природний вигляд.

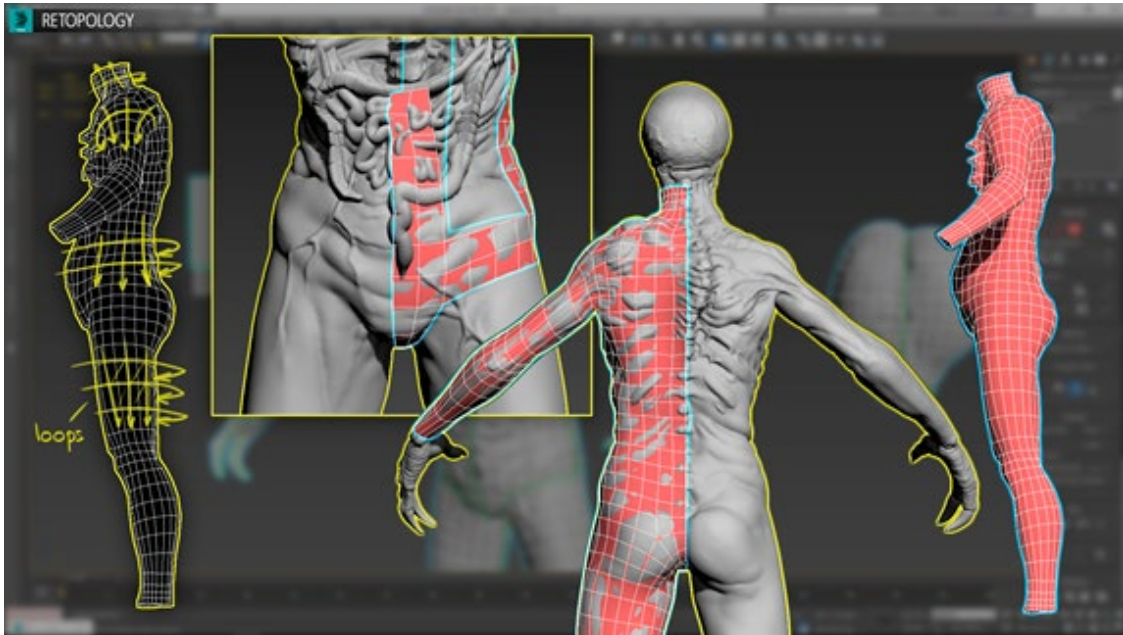


Рисунок 1.6 – Створення ретопології для гри

Етап 4 – Створення UV розгортки

Для виконання подальшої роботи із моделлю, необхідно виконати розгортку – вона допоможе програмі, у якій буде виконуватись текстурування, текстурувати окремі частини, щоб результат був максимально реалістичним.

Спочатку необхідно розгорнути всі частини сітки, щоб текстура коректно лягла на модель. Якщо якась частина моделі потребує більшої деталізації, то їй можна виділити більше місця на розгортці. При створенні розгортки слід намагатися ховати шви в менш помітних місцях, таких як - внутрішня сторона руки

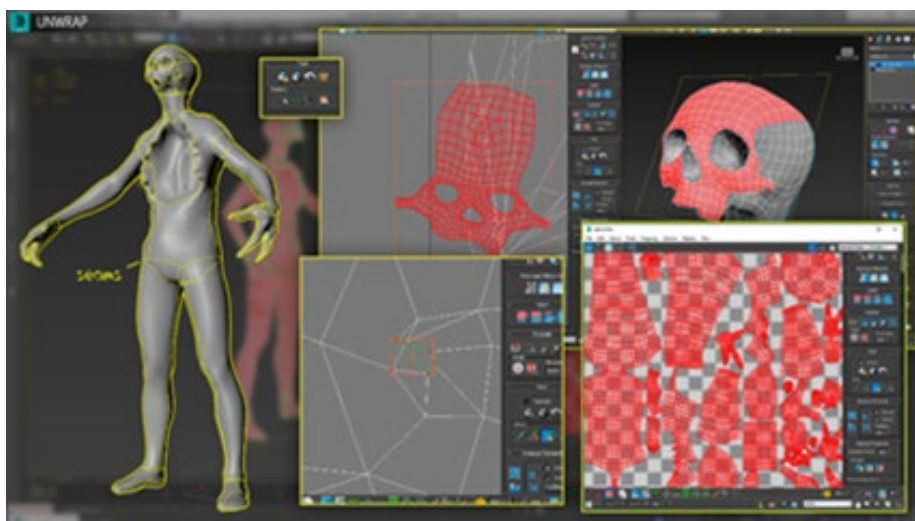


Рисунок 1.7 – Створення UV розгортки

Перехід від тривимірних координат x y z до UV зумовлено тим, що тривимірне зображення буде відображено на двовимірному моніторі, тому необхідно перевести тривимірні координати у двовимірні.

Етап 5 – «Бекінг»

Щоб перенести деталізацію з high poly моделі на low poly модель (бекінг), використовуються текстурні карти, такі як Normal Map, Ambient Occlusion і інші. Їх створення відбувається повністю автоматично. Для запікання карт можна використати Substance Painter. Виконано експорт окремо high poly і low poly моделі і імпортовано все це в SP. Запікання(збереження створених карт у вигляді зображення) здійснюється парою кліків мишею, вручну нічого робити не потрібно. Після чого виконано експорт отриманих карт у форматі png або jpg.



Рисунок 1.8 – Створення карт деталізації

Бекінг необхідний для того, щоб низкополігональні моделі, виглядали ніби високополігональні по рівню деталізації. Виглядає це ніби папье-маше із текстури, тобто є лише тонкий шар. Між моделлю та таким шаром немає нічого, саме тому у іграх можна часто зустріти ситуацію, коли одні предмети частково «наче проходять скрізь» один одного. Бекінг характерний лише для гейм індустрії, так як при використанні моделей у відеовиробництві, завжди

створюється максимальна деталізація самої моделі. З урахуванням того, що безліч моделей, наприклад у фільмах-катастрофах, то усі підриви та розпади моделей (вибухи) виконуються по сітці та полігонах. Якщо створювати як гейм моделі, то досягти реалістичного ефекту не вдасться/



Рисунок 1.9 – Недоліки бекінгу

Етап 6 – «Текстурування»

Після того, як виконано усі попередні пункти, можна переходити до текстурування. Є досить велика кількість програм, що дозволяють виконати цю операцію, однією із найкращих вважають 3D coat. Програма дозволяє текстурувати як у ручному режимі по кожному окремому елементу, так можна використовувати інструмент «залівка», що дозволяє одразу нанести обраний матеріал на всю модель або частину моделі. Завдяки UV розгортці, можна створювати досить деталізовані текстури. При створенні є можливість використовувати як вбудовану бібліотеку матеріалів, так і завантажувати та створювати власні унікальні матеріали [4].



Рисунок 1.10 – Створення текстур

Текстурування присутнє у всіх сферах застосування окрім застосувань у медичних цілях.

Етап 7 – «Рігінг та скінінг, анімація»

Щоб вдихнути життя у створеного персонажа, потрібно створити йому кістки і зв'язати їх із моделлю. Скінінг - (від англійського слова skin - шкіра, skinning - процес створення шкіри, зустрічається також написання скіннінг) - це один з етапів створення 3D-персонажа, коли готовий скелет прив'язується до самої 3D-моделі персонажа. Підганяємо всі кістки під пропорції нашого персонажа і приступаємо до скіннінгу. Це досить трудомісткий процес, оскільки потрібно правильно призначити вагу (англ. Weight) для кожної вершини моделі. Чим більше вага, тим більше впливає конкретна кістка на конкретну вершину 3D-моделі. Чим правильніше топологія моделі, тим простіше і швидше буде здійснюватися скінніг.

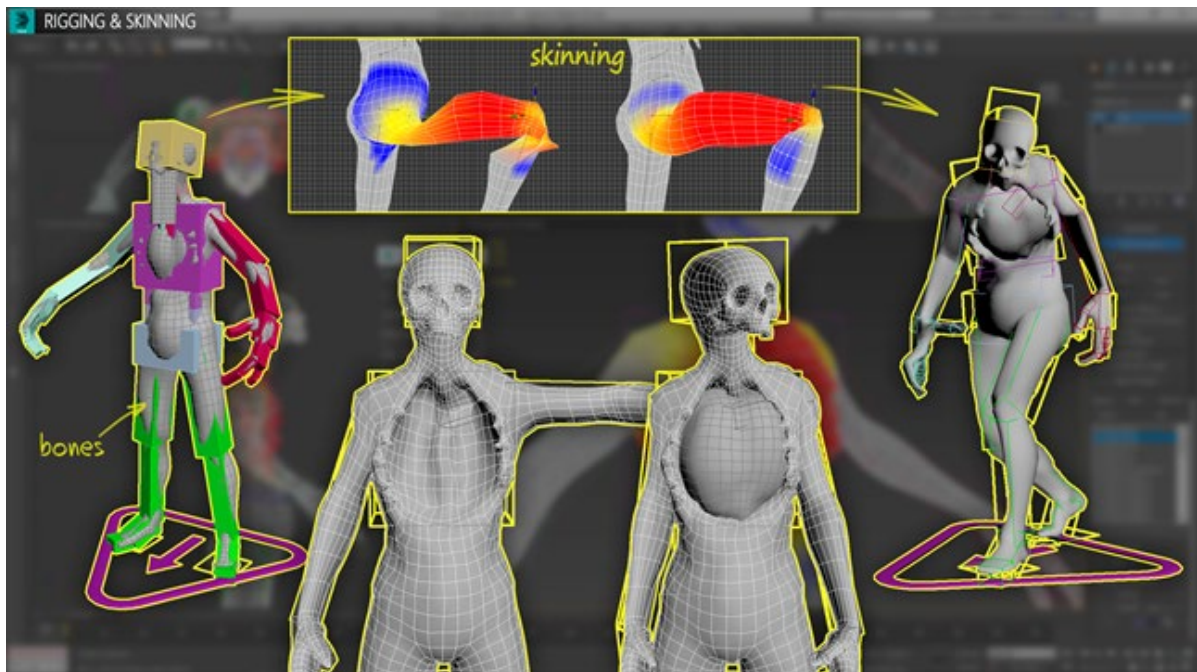


Рисунок 1.11 – Рігінг та скінінг

Після чого можна приступати до створення анімації. Анімацію можна виконувати як за допомогою ключових кадрів та вручну, також можна використовувати маркерні способи анімації (motion capture), коли людині на тіло прикріплюють спеціальні маркери, і відстежують їх рух. Після чого, переносять рух відстежених точок до моделі, і отримують більш реалістичних рух.

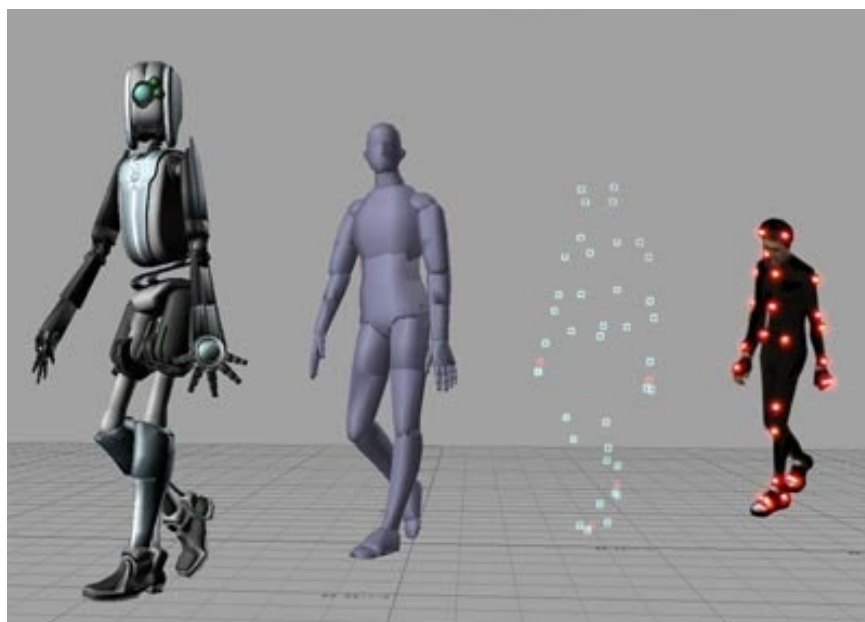


Рисунок 1.12 – Приклад анімації за допомогою технології motion capture

Етап 8 – «Створення освітлення сцени»

Для того, щоб побачити змодельований об'єкт, необхідно додати оточення, від якого світло буде відбиватись, та власне джерела світла. Джерел світла досить багато, кожне джерело має параметри для налаштування, такі як яскравість, колірна температура та інші. Освітлення досить важливий етап, адже світло створює атмосферу сцени.

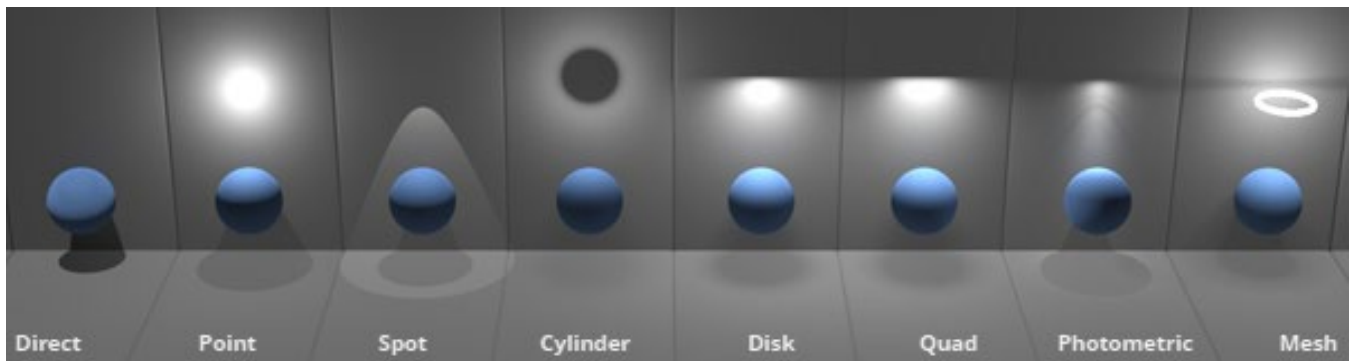


Рисунок 1.13 – Джерела світла

Після виконання всіх попередніх етапів, отримуємо сцену готову до рендеру, якщо мова йде про відеовиробництво, із застосуванням тривимірного моделювання. Якщо нам необхідно виконати суміщення відзнятого вживу матеріалу та створеного, потрібно виконати «композитинг» або поєднання. Під час композитингу, за допомогою інструментів та масок, виконують додавання змодельованих елементів та реального відео.

Також виконується додаткова візуальна обробка та кольорокорекція.



Рисунок 1.14 – Композитинг із застосуванням зеленого екрану

У ігровій індустрії, після створення моделі її необхідно додати до ігрового двигуна, та виконати програмування анімації та інших параметрів.

1.3 Сфери використання тривимірної графіки

Із моменту першого використання, було визначено величезний потенціал для використання у всіх можливих напрямках. Із розвитком технологій, тривимірні моделі потрапляли у поле зору все більшої кількості людей, і через певний час, вони використовувались вже у безлічі сфер.

Використання можна поділити на декілька категорій : використання у сферах відеовиробництва, таких як кінематограф та анімація, рекламі, презентаціях, будь-яких візуалізаторських відео, наприклад де зображена робота автомобіля, тощо... У сферах створення ігор – для створення самих ігор та презентаційних роликів, їх зазвичай називають «кінематики». Останнім часом досить популярною стала сфера архітектурної візуалізації. Тобто створюється дизайн із максимальним фотореалізмом. Також зараз досить широко використовують у медицині, для друку різних елементів, наприклад спеціальних протезів. Також використовують для створення тривимірних карт, серцево-судинної системи та інших. Також тривимірне моделювання використовують для створення конструкторських моделей.

Відеовиробництво

Під відеовиробництвом можна одразу виділити декілька напрямків, а саме кіновиробництво, реклама, відеовиробництво (телебачення, youtube) Досить важко уявити будь-який фантастичний чи фентезійний фільм без використання тривимірної графіки. Графіка стала настільки доступною, що зараз використовується у всіх жанрах – від комедії, до жахів. Причин для її використання досить багато, по перше – це можливість втілювати будь-які задумки, якщо раніше необхідно було створювати міні-моделі необхідних чудовиськ чи будь-яких ландшафтів, то зараз усе це можна створити без будь-яких фізичних матеріалів(рис.1.15).



Рисунок 1.15 – Приклад використання у кіно

Також графіку використовують замість каскадерів, адже пріоритет завжди знаходиться на безпеці під час виробництва, а під час виконання складних та небезпечних трюків, були навіть летальні випадки. Тому використання тривимірно-змодельованого каскадера зменшує небезпеку на знімальному майданчику.

Рекламні ролики майже з самого початку існування тривимірної графіки почали її використовувати. Це досить сильно полегшує виробництво. Адже досить зйомок на зеленому екрані із застосування композитингу, щоб отримати будь-який візуальний результат не покидаючи знімального павільйону.

Із доступністю програм та меншою їх вибагливістю до заліза, на якому власне виконують усе етапи створення, тривимірні моделі почали використовувати і для створення відео для таких ресурсів як youtube та інші. Можна з легкістю створювати пізнавальні відео та будь-які інші.

Ігрове виробництво

Ігри розпочинались із простих 8 бітних плоских елементів, що досить швидко стали популярними. Та із ходом часу, гравці стають усе більш вимогливими, і на зміну плоским іграм – прийшли ігри із використанням тривимірної графіки. Спочатку це були зовсім малодеталізовані, наче куби персонажі та оточення, та із плином часу, графіка змогла досягти досить високих результатів, наближених до фотореалізму(рис.1.16).



Рисунок 1.16 – Microsoft Flight Simulator 2020

Ігрова індустрія зараз стрімко розвивається. Це все із урахуванням того, що всі моделі пройшли етап бекінгу. Та також, для трейлерів ігор та кінематиків, використовують моделі без бекінгу, адже це йде уже відеовиробництво.

Архітектурна візуалізація

Зараз досить стрімко став популярний напрямок архітектурної візуалізації. Для того, щоб виконати персональне замовлення, необхідно спершу визначитись із всіма елементами, кольорами та іншим. Якщо це робити у реальному житті, то досить швидко закінчатся гроші та матеріали. При застосуванні моделювання, можна із легкістю створювати безліч варіантів, при цьому не використовуючи жодних фізичних ресурсів, та досягати максимального реалізму.



Рисунок 1.17 – Приклад архітектурної візуалізації

Створення конструкторських макетів

При проектуванні та створенні будь-яких конструкторських елементів, зараз використовують не лише 2D креслення, а й тривимірну графіку. Це досить сильно полегшує розуміння фінального результату, та дозволяє втілювати найрізноманітніші конструкторські рішення.

Використання у медицині

Створення 3D принтерів, дозволило використовувати моделювання і у медицині. При необхідності, можна створювати будь-які протези чи елементи, що досить сильно підвищує можливості для відновлення людини. Також використовують для створення тривимірних карт, будь-то серцево-судинної чи будь-якої системи.

Висновки до розділу 1

Розглянуто історію виникнення та розвитку тривимірного моделювання, етапи створення тривимірних моделей, підготовка їх до анімації, а також основні напрямки застосування тривимірного моделювання. У більшості випадків використовуються основні етапи моделювання, та є і унікальні – такі як бекінг, що використовується при створенні відеоігор.

Встановлено, що області застосування тривимірної графіки розширюються, та з'являються нові напрямки. Одними із нових напрямків застосування є архітектурна візуалізація та моделювання у сфері медицини. Під час створення відео чи фільму, усе частіше віддається перевага графіці перед натурними зйомками.

Виходячи із проаналізованої інформації, можна зробити висновки, що графіка дозволяє реалізувати будь-які концепти та візуальні рішення, і зменшує витрати під час виробництва на створення декорацій.

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРИ СТВОРЕНІ ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ

Розвиток та доступність технологій дозволили вийти моделюванню на всі рівні можливого застосування. Під час застосування у різних сферах діяльності, почали виникати нові етапи при моделюванні.

Особливості можна поділити на дві основні категорії - це особливості, що виникають при створенні самих моделей, та особливості при моделюванні для різних сфер застосування.

Сучасне моделювання, крім окремих випадків, намагається досягти максимального фотореалізму, коли створені елементи будуть додані до реально відзнятого відео-матеріалу. Тому необхідно дотримуватись як пропорцій, так і візуальних деталей, таких як тріщини та інші. Якщо виконується моделювання для мультфільму чи гри, також намагаються дотримуватись візуальної схожості із реальним оточенням, а гіперболізм часто виражається у самих персонажах.

2.1 Особливості моделювання органічних та Hard-Surface об'єктів

У тривимірному моделюванні, так як і у житті, існують два типи створюваних об'єктів – це органічні та hard surface або об'єкти, що пройшли механічну обробку. Щоб уникнути плутанини – якщо це живе дерево, то це органіка, коли із дерева роблять виріб – то це hard surface. Також, слід звернути увагу, що найпростіші вироби, наприклад табурет, не вважаються hard surface, так як їх конструкція досить проста.

Існують три основні одиниці у тривимірному моделюванні – це точка, ребро або грань, та площина (полігон) [5]. Також існують різні системи координат. Є власна система координат для кожного об'єкту, тобто

координати відносно яких відбуваються зміни всередині об'єкту, та загальна система координат, відносно якої відбуваються зміни між самими об'єктами.

На даний момент, є декілька технік моделювання:

- Полігональне моделювання
- Скульптинг
- Точкове моделювання
- Моделювання за допомогою NURBs елементів
- Процедурне моделювання

Полігональне моделювання

Полігональне моделювання – класична техніка створення моделей, заключається у тому, що сітка моделі будується за допомогою полігонів. Полігон – одна із базових одиниць у тривимірному просторі, існує безліч інструментів, що дозволяють маніпулювати ним. При такому моделюванні полігони створюють так зване кільце із полігонів, відносно яких буде відбуватись сгладжування у майбутньому. Полігон має сторони, лицеву і зворотню, що грає роль при відбитті світла. На лицевій стороні знаходяться нормалі, відносно яких відбувається заломлення світла на об'єкті. Полігональним методом можна змоделювати буквально будь-який елемент, та все буде залежати від потужності ПК, адже збільшення полігонів призводить до швидкого заповнення оперативної пам'яті.

Головні особливості випливають із самої назви, при створенні сітки методом полігонального моделювання, необхідно бути дуже уважним відносно топології сітки. При створенні слід дотримуватись того, щоб полігони були прямокутними, та всі точки лежали у одній площині. При прорахунку, відеокарта може працювати лише із трикутниками, тому попередньо, перед початком розрахунків програма переводить сітку у трикутну, а найпростіший поділ на трикутники із прямокутників. Таким чином, можна уникнути неправильних розрахунків системи, адже усі невірні поділені полігони, доведеться перевести у трикутнику вручну.

Якщо при моделюванні не звертати увагу на сітку, то перед прорахунком необхідно буде зробити ретопологію. Тобто, на створеному об'єкті необхідно буде видалити існуючу сітку, та побудувати нову, по якій програма коректно зможе перевести у трикутну форму.

При полігональному моделюванні, частіше за все використовують моделювання під *subdivide* (згладжування). Тобто, створюється досить низькополігональна модель, після чого застосовується модифікатор *subdivide*, що працює по принципу поділу на 4 (рис 2.1). Тобто, кожний полігон ділиться на 4 рівні частини, таким чином відбувається згладжування. Слід звернути увагу, що згладжування відбувається від ребра до ребра, тому принципово, щоб топологія сітки була максимально коректною.



Рисунок 2.1 – Приклад моделювання під *subdivide*

При створенні моделей, що пройшли механічну обробку, необхідно звернути увагу на такі нюанси – у реальному світі не існує ідеально гострих граней, тобто, необхідно додати так званий *Bevel* (фаску). При моделюванні будь-яких об'єктів по типу посуду чи інших, які у наслідку будуть ставитись на поверхню, слід робити не плоске дно.

Також слід дотримуватись і реалізму, якщо об'єкт у житті складається із 10 окремих частин, то і у тривимірному просторі необхідно створювати його із 10 окремих частин.

Деформації також відбуваються по полігональній сітці, тому якщо цей елемент буде виконувати якісь функції, такі як вибух, наприклад, слід додати полігонів, для того, щоб об'єкт руйнувався візуально як реальний.

При створенні текстур слід приділяти увагу деталям, адже саме деталі можуть видати не натуральність створеної моделі. Якщо створюється металева поверхня, наприклад ліхтар для освітлення вулиці, необхідно додати сліди взаємодії ліхтаря із оточенням та погодними умовами, тобто додати до текстури іржі, подряпин, нерівномірності фарби та корозію.

Скульптинг

Метод моделювання, що був взятий з реального життя. Принцип полягає у тому, щоб із дуже високополігональної сітки, кистями створювати ліпку, наче реальною глиною, нарощувати чи зменшувати рельєф та будь-які інші маніпуляції. Скульптинг застосовують при створенні органіки, так як завдяки великій кількості полігонів можна зробити будь-який рівень деталізації, та уникнути кутоватості. Для реалізації скульптингу необхідно дуже добре орієнтуватись на анатомії, як людини так і тварин. Після створення скульптури необхідно провести ретопологію, тобто перебудувати сітку, адже під час скульптингу на сітку не звертають увагу. За допомогою скульптингу також створюють одяг та волосся.

Сплайнове NURBS моделювання

Від полігональної техніки даний метод відрізняється тим, що 3d-художник оперує не гранями, а шматками обмеженими кривими лініями. Щоб змінити характеристики поверхні потрібно змінити кривизну лінії. NURBS-поверхні мають нескінченну деталізацію, так як форму таких поверхонь описуються математичними формулами, а не розташуванням вершин як в полігональному моделюванні [6]. Перед тим як візуалізувати таку поверхню програма попередньо її триангулює. Триангуляція - це процес розбивки на трикутні площини. У даного методу моделювання є переваги перед

полігональним, а саме - точність. Дану методику застосовують для виготовлення точних промислових виробів, які потім будуть виготовлятися литтям, штампуванням тощо.

Процедурне моделювання

Процедурне моделювання базується на нодах та операціях в середині нод. На приклад, створена низькополігональна модель будинку, перша нода зчитує геометрію, та розрізняє окремі елементи – дах, вікна, стіни. Після чого окремі елементи йдуть у наступні модулі як вхідна інформація. Після чого, дах потрапляє до ноди, яка генерує черепицю, стіни до ноди яка буде генерувати штукатурку і так далі. Всередині нод можуть знаходитись як проста геометрія, так і окремі сплайни чи частини моделі. У нодах є можливість встановити випадковим чином генерацію матеріалів чи частин геометрії, також можна виконати ручне налаштування. Перевагами процедурного моделювання є можливість гнучких змін будь-якої частини моделі, так як усі операції зберігаються всередині нод. Проте, чим більше буде виконано операцій, тим більше пам'яті необхідно для їх запам'ятовування, тому для процедурного моделювання необхідний дуже потужний персональний комп'ютер, але у більшості випадків використовують рендер-ферми.

2.2 Особливості створення моделей для ігор

Основна ціль при створенні ігор – це можливість оптимізувати ігри під якомога більшу кількість операційних систем та персональних комп'ютерів різної потужності. У налаштуваннях зазвичай можна вибрати різну якість графіки та окремих параметрів, а також роздільну здатність монітору. Усе це можливо завдяки тому, що при моделюванні створюється декілька варіацій однієї моделі із різною деталізацією (рис2.2).



Рисунок 2.2 – Різниця налаштувань якості графіки зліва – мінімальні налаштування, справа максимальна якість

На рисунку також видно, що при покращенні графіки, навантаження на графічний та центральні процесори збільшується, і кількість кадрів в секунду зменшується, а обсяг необхідної пам'яті збільшився.

При такому підході, при завантаженні файлів гри, зберігаються моделі із різною деталізацією, таким чином реалізуючи запуск гри на платформах різної потужності.

Під час створення моделей для ігор присутні такі етапи як :

- Пошук концептів та дизайну
- Блокінг та моделювання
- Скульптинг
- Ретопологія та оптимізація
- Створення UV розгортки
- Текстурування
- Бекінг
- Рігінг, скінінг та анімація
- Імпорт моделей до необхідного ігрового двигуна

На початкових етапах, до створення ретопології та оптимізації слід враховувати загальні особливості при створенні моделей. Починаючи із ретопології виникають нові особливості. Якщо модель у сцені не є елементом, до якого буде прикута увага, або це частина ландшафту, під час створення

нової сітки буде використовуватись мінімальна можлива кількість полігонів. Наприклад, якщо це будівля повз яку, на великій відстані, під час гонок проїжджає головний герой, то для такої будівлі буде використано максимум чотири полігони, за умови, що будівлю не доведеться бачити з усіх боків. При цьому, усі зовнішні елементи будуть відображатись за допомогою текстур. Таким чином, вдається зекономити ресурси як для рендеру так і для відображення. В залежності від близькості об'єкта до камери буде варіюватись кількість полігонів та деталей, що будуть створені безпосередньо при моделюванні, а не за допомогою текстур.

Під час створення ландшафту також виникає багато особливостей. Під час розробки великих локацій виникає необхідність розташування рослинності, та через великі масштаби, частіше за все використовують машинні алгоритми. Таким чином, може виникати ситуація, коли алгоритми використовують полігональну сітку для розташування, що може вплинути на якість ігрового контенту (рис. 2.3).

Подібного роду проблема стосується не лише розташування, але і створення самих моделей для ландшафту. Під час творення кущів та дерев для імітування зовнішнього вигляду використовують тонкі площини та вітер, для того щоб досягти візуальної схожості. Якщо гра динамічна, гравець не має часу на детальний розгляд елементів, тому не виникає необхідності досягати максимальної візуальної відповідності (рис.2.4). Проте, якщо гра не динамічна, та досить велику увагу привертають елементи оточення, наприклад якщо це гра головоломка, тоді при створенні моделей намагаються досягти максимальної відповідності, для того щоб атмосфера гри не втрачала реалістичності.



Рисунок 2.3 – Недоліки автоматичного розташування рослинності

Подібного роду проблема стосується не лише розташування, але і створення самих моделей для ландшафту. Під час творення кущів та дерев для імітування зовнішнього вигляду використовують тонкі площини та вітер, для того щоб досягти візуальної схожості. Якщо гра динамічна, гравець не має часу на детальний розгляд елементів, тому не виникає необхідності досягати максимальної візуальної відповідності (рис.2.4). Проте, якщо гра не динамічна, та досить велику увагу привертають елементи оточення, наприклад якщо це гра головоломка, тоді при створенні моделей намагаються досягти максимальної відповідності, для того щоб атмосфера гри не втрачала реалістичності.



Рисунок 2.4 – Приклад куща у динамічній грі

Останні роки найрозповсюдженішим способом анімації ігрових персонажів стала маркерна технологія. Завдяки маркерам вдається досягти максимально реалістичної анімації людських та людиноподібних персонажів. При цьому, затрати на облаштування студії та техніки, заощаджують час та кошти, адже покадрову анімацію значно складніше виконати.

На даний момент, для створення гри, майже на кожному етапі використовується окреме програмне забезпечення. Для моделювання та анімації використовують Maya або Blender, для скульптингу ZBrush, для текстурування та запікання карт 3D coat або Substance Painter, ретопологію у 3Ds-max, рігінг та скінінг у програмах для моделювання, і потім всі створені моделі необхідно додати до ігрового двигуна.

Таким чином, при створенні моделі для гри, необхідно майже на кожному етапі використовувати окреме програмне забезпечення, хоча програми такі як Maya повинні виконувати хоча б більшість цих етапів. Усі програми необхідно придбати та навчитись в них працювати, тому доцільніше, використати одну програму для більшості етапів, із якістю, що не поступається окремому програмному забезпеченню.

2.3 Особливості створення моделей для кінематографу

Для кінематографу, якщо мова йде безпосередньо про кіновиробництво при моделюванні та подальшій обробці намагаються досягати максимального фотореалізму, так як створені об'єкти додаються до відзнятого матеріалу. Основні особливості виникають тоді, коли необхідно взаємодія між реальними персонажами та створеними елементами. Оскільки, при взаємодії необхідно, щоб були наслідки взаємодії, під час зйомки використовують макети зеленого кольору або повно розмірні ляльки, які під час обробки відео замінюються на тривимірні моделі. Також досить часто, на місці майбутньої графіки є людина у зеленому костюмі(рис.2.5).



Рисунок 2.5 – Заміна людини у зеленому костюмі на графіку

Основною проблемою при композитингу – процесі поєднання графіки та відзнятого матеріалу, є адаптація тривимірних елементів під матеріал, адже графіка досить часто вибивається із загальної композиції(рис.2.6).



Рисунок 2.6 – Приклад поганої адаптації графіки

Для того, щоб уникнути подібних проблем, якщо бюджет фільму дозволяє, то подібну сцену повністю створюють за допомогою графіки, аби уникнути різниці між створеним та відзнятим матеріалами. У випадку, коли можливості відтворити усю сцену у тривимірному просторі немає, використовують маркерні технології для захвату руху. На місці графіки

присутній макет із маркерами, зміну положення яких, буде використано для анімації моделі (рис.2.7).

При створенні моделей для динамічних сцен, наприклад сцен із вибухами, намагаються надати максимальної деталізації на етапі моделювання, щоб при руйнуванні була максимальна кількість частин, на які розпадеться модель. Також при створенні персонажів, які будуть у подальшому анімовані, усю деталізацію створюють на етапах моделювання, для того щоб деформації відбувались із максимальним реалізмом. Якщо деталізацію додавати на рівні текстур, можна отримати ефект, ніби при деформації моделі поверхня деформується окремо .

Під час створення моделей та сцен для кінематографу, аналогічно із виробництвом ігор, майже кожен етап потребує у окремому програмному забезпеченні, що підвищує ціну виробництва та кількість необхідних навичок для створення. Тому доцільно використати одне програмне забезпечення для виконання більшості етапів, що знизить витрати на програмне забезпечення, та при цьому без втрати якості фінального зображення.



Рисунок 2.7 – Приклад використання маркерної технології

Висновки до розділу 2

Особливості створення моделей у тривимірному просторі залежать як від типу моделі, так і від сфери застосування, в якій вона буде використана.

При створенні моделей для ігрової індустрії основними параметрами на які слід звернути увагу – це оптимізація та автоматичне розташування ландшафтних елементів, адже ці параметри впливають на враження від гри. Під час створення рослинності використовують площини та симуляції, такі як вітер, дощ, туман для імітації об'ємних елементів, хоча при наближенні, можна побачити інше зображення. Недоліки також виникають на етапі розташування рослинності у великих сценах, адже виконується у більшості випадків автоматично, по полігональній сітці.

Під час створення моделей для кіновиробництва виникає необхідність адаптації створеної моделі до відзнятого матеріалу. Для цього використовують маркерну технологію захвату руху та елемент, що буде замінений у результаті на тривимірну модель. Коли необхідно виконати заміну на живе створіння, використовують людину у зеленому костюмі. Такий спосіб полегшує анімацію та адаптацію створено та відзнятого матеріалу. Також є варіант, коли сцену повністю заміняють на змодельовану у тривимірному середовищу, коли не вдається вдало поєднати з відзнятим матеріалом.

Велика кількість етапів обробки зображення вимагає відповідного програмного забезпечення. На кожному етапі використовують програмні модулі, які є складовими комплексного програмне забезпечення. Ефективність програмних модулів для різних етапів відрізняється між виробниками ПО. Тому необхідно дослідити можливості програмного забезпечення на різних етапах обробки.

3 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Autodesk Maya

Як було зазначено вище, Maya одна з перших програм для тривимірного моделювання та анімації, тому використання вона здобула досить широке. Програма містить досить широкий набір інструментів та функцій, що дозволяють реалізувати більшу частину етапів створення сцен та моделей [7]. Та як і більшість програм, Maya має свої переваги та недоліки. Для їх виявлення необхідно проаналізувати можливості та інструменти.

У більшості програм для моделювання, частина базових елементів по своєму функціоналу не відрізняється, проте можуть бути візуальні відмінності (рис.3.1).

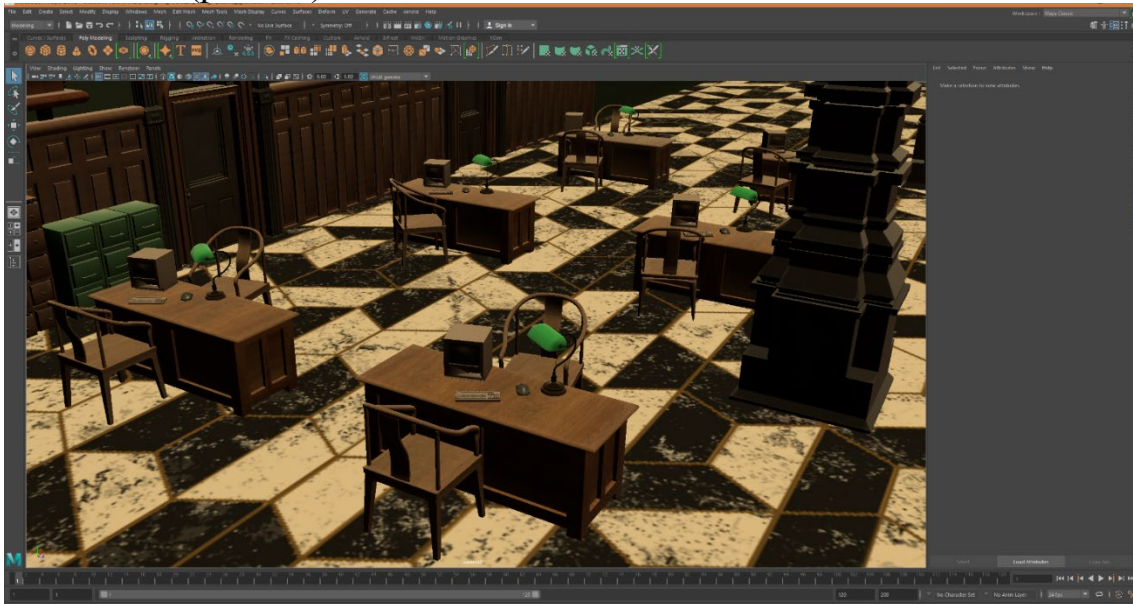


Рисунок 3.1 – Головне вікно програми Maya

Загальні інструменти.

Plug-in Manager - даний редактор містить в собі список плагінів, які перебувають в різних секціях, що бачить Maya. Кожна секція - це окремий шлях на файлову систему. Два основних пункти: Loaded і Auto Load. Перший відповідає за завантаження плагіна в дану сесію, другий за завантаження

плагіна при відкритті Maya. Відкрити редактор можна з головного меню: Windows -> Settings / Preferences -> Plug-in Manager.

Outliner - показує ієрархічно список всіх об'єктів в сцені. За замовчуванням видно тільки стіорені об'єкти і не видно шейдери, матеріали тощо ... Для того, щоб це змінити можна викликати меню за допомогою кліка правою кнопкою миші на Outliner і зміною статусу відповідних пунктів.

Hypershade - головний і основний редактор, при роботі із нодами. Hypershade є центральною робочою областю для шейдинга. Тут можна створювати і редагувати з'єднуючи один з одним різні Ноди \ вузли, такі як текстури, матеріали, джерела світла і т.д.

Відкрити його можна:

Натиснувши на іконку Hypershade в панелі інструментів

З головного меню: Windows> Rendering Editors> Hypershade

Можна виділити наступні приклади використання:

Зручно працювати з усіма нодами в одному редакторі: легке перемикання між ними, додавання текстур, світла, камер .

Всі властивості нод легко змінюються в Property Editor.

Є можливість відразу спостерігати ефект в разі зміни матеріалів в Material Viewer.

World Coordinate System і Working Units

Якщо необхідно змінити вертикальну вісь, а також засоби вимірювань, зробити це можна в Windows> Settings / Preferences> Preferences -> Settings

Приклади використання:

При імпорті, щоб переконатися, що значення і розміри об'єктів було імпортовано в Maya коректно. Метри в сантиметри і навпаки перевести не складе труднощів. Але при роботі із незвичними мірами як фути чи дюйми, можна буде підвищити продуктивність.

При експорті: якщо система, в яку в подальшому, буде імпортовано сцену, повинна приймати певні вимірювальні одиниці, наприклад Unreal Engine 4.

Center Pivot

Center Pivot - інструмент що повертає півот (точку опори) в центр елемента. Щодо цієї точки відбуваються зміни як у геометрії так і у власних координатах об'єкту. Щоб повернути півот в центр моделі потрібно використовувати Modify -> Center Pivot. Змінити місце розташування точки опори можна за допомогою миші при затиснутій клавіші D на клавіатурі.

Attribute Editor

Attribute Editor зберігає в собі всі атрибути вибраного об'єкту. Вкладки у верхній частині дозволяють вибирати вузли (nodes), що зараз підключені. Тут можна здійснювати всі маніпуляції з атрибутами об'єктів. Незамінна річ для швидкого доступу до властивостей об'єкта, хоча більшість маніпуляцій можна здійснювати і з Huershade. Відкрити дані редактор можна за допомогою Windows> General Editors> Attribute Editor / Windows> UI Elements> Attribute Editor, а також натисканням Ctrl + A

Робота з геометрією

Poly Count інструмент.

Після включення в лівому верхньому кутку ViewPort з'явиться 3 стовпці. У лівому перераховані загальні значення полігонів, трикутників, вертексів (вершин) для всіх видимих об'єктів, в середньому - значення для обраних об'єктів, а в правій колонці показані значення для обраних компонентів об'єктів, які частково видно під ViewPort. Щоб включити Poly Count потрібно вибрати "Display -> Heads Up Display -> Poly Count"

Приклади використання:

Визначення кількості полігонів, трикутників, вертексів в моделі просто при натисканні по 3д об'єкту або групі об'єктів

Контроль кількості полігонів у всій сцені

Включити відображення Normals, Tangents, Binormals

Функція включення відображення нормалей, тангенсів і бінормаль. Відображення включається на самій моделі. Щоб включити відображення

потрібно виділити об'єкт і використовувати Display -> Polygons -> Vertex Normals для нормалей і Tangents опцію для тангенсів і бінормаль в головному меню. Також можна використовувати Face Normals - опцію для відображення відповідних нормалей.

Приклади використання:

Вкрай корисно функція, адже нормалі грають велике значення при прорахунку моделі. За нормаліями відбувається відбиття світла, якщо нормалі будуть інвертованими, об'єкт на прорахованому зображенні буде чорного кольору, наче відсутній у сцені.

Triangulate, Quadrangulate mesh

Функція тріангуляції і квадрангуляції полігональної сітки змінює структуру полігональної сітки на трикутники (triangulate) або квадрати (quadrangulate). За замовчуванням полігональна сітка в Maya складається з квадратів. Дані функції знаходяться в меню Mesh: Mesh -> Triangulate / Quadrangulate

Приклади використання:

Більш точний прогноз фінального кількості вершин (vertices), граней.

При тріангуляції йде переіндексація, а та, в свою чергу, прискорює обробку сітки. До того ж, комп'ютерні складові, можуть працювати лише із трикутниками під час фінальних операцій, тому попередньо отримати результат, та оптимізувати його, досить доцільно.

Combine, separate meshes

Функція дозволяє об'єднувати кілька полігональних об'єктів в один або розділяти на кілька. Використовувати можна за допомогою виклику з головного меню Mesh -> Combine / Separate

Приклади використання:

Комбінування об'єктів допомагає зробити складний об'єкт з примітивів.

Розділіть складний об'єкт на примітиви з яких він складається, щоб працювати з окремими основними об'єктами.

Select: object, face, vertex

Далеко не завжди потрібно працювати з цілими об'єктами. Якщо потрібно вибрати окремі елементи (грань, вершину), то можна вибрати об'єкт і натиснути правою кнопкою миші на Viewport і з контекстного меню вибрати що виділяти: Vertex, face, edge і т.д.

Приклади використання:

Виділення окремих частин сітки потрібно для деформації об'єктів (вручну, функція Extrude і т.п.) і подальшого морфинг (функція Blend Shape) і т.д.

Видалення окремих елементів у готовій сітці.

Blend objects (morphing)

Змішування об'єктів потрібно для того, щоб один об'єкт трансформувався в інший. Після застосування даної функціональності можна контролювати ступінь трансформації, а також анімувати цей параметр. Щоб активувати його потрібно вибрати основний об'єкт і об'єкт в який основний буде трансформуватися. Основний об'єкт повинен бути виділений зеленим кольором. Щоб активувати його потрібно:

Виділити цільовий об'єкт і його деформовані аналоги.

Використати Deform -> Blend Shape

В Attribute Editor знайдіть вкладку Blend Shape і, використовуючи відповідні повзунки, регулюйте ступінь змін.

Приклади використання:

Трансформація одного об'єкта в іншого повністю або частково.

Створення і використання анімації такої трансформації.

Reduce (Poly Reduce)

Дана функціональність в автоматичному режимі зменшує кількість полігонів в полігональній сітці. Щоб використовувати Reduce потрібно виділити об'єкт і використовувати Mesh -> Reduce. можна змінювати відсоток зменшення полігонів, вказати бажану кількість трикутників і т.п. після використання Reduce. Якщо у Maya не вийде здійснити Reduce до бажаного

значення, то вона буде використовувати найближчий можливий від зазначеного.

Якщо модель анімована, то, після попереднього прорахунку, анімація буде перераховуватися на кожному кадрі при її активації. Щоб уникнути цього можна видалити Non-Deformer History за допомогою використання відповідної функції (Edit -> Delete by Type -> Non-Deformer History), але тоді не можна повернутись на крок назад, на попередні зміни при роботі з моделлю, тому що історія буде видалена.

Варто відзначити, що дану функцію краще не використовувати на моделях зі скелетної анімацією, тому що в більшості випадків, результат буде не коректним: деформації будуть занадто сильні і сітка буде проходити через саму себе.

Приклади використання:

Зменшення полігонів в сітці (як на всій, так і на її частини) для зменшення розміру файлу, завантаження в потрібні вам ресурси і т.п.

Clean Up

Ця функція позбавляється від непотрібної геометрії у полігональній сітці, такі як zero area faces, zero length edges, non-manifold mesh і т.п. Така геометрія може з'явитися як при дизайні моделі, так і після використання функції Reduce. Щоб очистити модель потрібно її виділити і вибрати Mesh -> Cleanup

Варто відзначити, що Cleanup сама може породити non-manifold геометрію, тому що вона об'єднує вершини (vertices), прибирає zero-length ребра і т.д. У таких випадках краще використовуйте цю функцію кілька разів.

Приклади використання:

Після використання Reduce бувають випадки, коли Maya відмовляється експортувати моделі з анімацією і сама радить використовувати Cleanup, щоб прибрати непотрібну геометрію.

Також у програмі доступні NURBS поверхні та криві.

Робота з текстурами

File Path Editor

Даний редактор зберігає в собі всі шляхи для посилань, текстур, аудіо та інших файлів, які включені в у сцену. File Path Editor дозволяє швидко і легко діагностувати і виправляти проблеми з шляхами до файлів, наприклад перепризначити їх [8].

Відкрити редактор можна вибравши "Windows -> General Editors -> File Path Editor"

Приклади використання:

Виправлення шляхів, за якими вже не знайти потрібні файли.

Заміна одних файлів на інші.

UV Editor

UV Editor дозволяє переглядати і редагувати UV координати текстур для полігонів, NURBS і т.д. Щоб включити його потрібно використовувати "Windows -> Modeling Editors -> UV Editor" або через меню UV -> UV Editor в меню для моделювання (Modeling). В даному редакторі можна робити всі необхідні маніпуляції з UV координатами.

Приклади використання:

Робота з UV координатами і текстурної картою, їх модифікація (flip modify і т.д.)

Миттєвий перегляд підсумкової текстури і її координат після застосування всіх модифікаторів

Перегляд текстур в різних режимах: Wireframe, UV distortion.

Hypershade

Найважливіший інструмент при роботі із текстурами. Увімкнути можна із головного екрану, так як виведено окреме позначення, або Windows/ Rendering Editors/ Hypershade. Hypershade містить у собі інформацію про всі текстури, що використовуються у сцені, дозволяє окремі маніпуляції із кожною окремою текстурою.

Робота з анімацією

Maya володіє одними із найкращих та зручних інструментів для анімації. Саме тому її частіше всього використовують для відеовиробництва [9].

Graph Editor

Graph Editor зберігає в собі список всіх файлів сцени і, при кліці на об'єкти, відображає їх анімації, якщо такі є. Усередині даного графіка можна створювати, переглядати, змінювати криві анімації, ключові кадри і т.п. Відкрити Graph Editor ви можете з головного меню: "Windows -> Animation Editors -> Graph Editor"

Приклади використання:

Створення, оновлення, видалення ключових кадрів

Зміна кривих анімацій і інтерполяції

Робота з різними типами анімації: TRS , Skeleton, Morphing

Time Editor

Time Editor - це комплексний інструмент для створення і редагування анімації. Він об'єднує процеси редагування анімації з існуючих редакторів, надаючи інтуїтивно зрозумілий робочий процес на основі кліпів для нелінійного редагування анімації, який дозволяє легко переміщатися між уявленнями на рівні кліпів і деталями на рівні клавіш.

Щоб відкрити редактор часу вам потрібно головному меню Maya вибрати "Windows -> Animation Editors -> Time Editor.

Приклади використання:

Створення і зручна робота з послідовностями анімацій у будь-якого об'єкта або атрибута в Maya

Угруповання, оновлення кліпів

Установка зони відтворення анімацій

Quick Rig

Quick Rig потрібен, щоб в автоматичному режимі зв'язати разом модель і скелет.

Даний інструмент знаходиться в панелі "Animation" і вкрай корисний, якщо не потрібна висока точність в вагах, але потрібна модель з прив'язаним до неї скелетом.

Щоб відкрити панель для роботи з даним інструментом, вам потрібно:

Вибрати модель і скелет

В панелі "Animation" відкрити "Windows -> Animation Editors -> Quick Rig"

Натиснути кнопку "Auto-Rig"

Приклади використання:

Швидке (в 1 клік) призначення скелета до моделі. Для цього вам потрібно вибрати модель, скелет

Якщо кінцевий результат не задовольняє, то можна вибрати режим "Step-By-Step"

Також програма Maya дозволяє працювати із системами частинок та встановлювати фізику для сцени.

Виходячи із основного інструментарію, можна зробити висновки, що дана програма використовується у основному на двох етапах – це моделювання та анімація. Для текстурування та інших етапів також є досить не погані інструменти, та на практиці, вони не є настільки зручними та функціональними, як окремо спеціалізовані програми. Тома доцільно використовувати цю програму при відеовиробництві на етапах моделювання, анімації та власне рендерингу (прорахунку зображення) кінцевого результату.

Програма є платною, також доступна можливість, отримати безкоштовну версію для студентів, без можливості використання із комерційними цілями.

Переваги та недоліки програми зазначено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Переваги та недоліки Maya

Етап створення сцени	Переваги	Недоліки
Моделювання	Багато зручних інструментів, коректна робота із сіткою, можливість ручних налаштувань. Можливість завантажувати зображення у якості креслення.	Досить сильна потреба у оперативній пам'яті. Підвищений час завантаження сцени.
Текстурування та UV	Автоматична розгортка UV, можливість налаштувань текстури під UV, вбудований редактор базових параметрів зображення. Гнучкі налаштування матеріалів, можливість створення досить реалістичних одношарових текстур.	Не завжди коректна автоматична UV, відсутність можливості коректного змішування шарів текстур.
Ретопологія	Досить зручні інструменти, можливість працювати у окремій вкладці.	Велике навантаження на персональній комп'ютер.
Анімація	Великий набір зручних та коректно працюючих інструментів для анімації, велика кількість пресетів для базової анімації, наприклад руху.	Велике навантаження на персональній комп'ютер.
Скульптинг	Є можливість відкрити у окремій вкладці.	Відносно не великий набір

		інструментів, погана оптимізація, дуже велике навантаження на персональний комп'ютер.
Рігінг та скінінг	Великий набір зручних інструментів, коректний автоматичний розподіл ваги, можливість ручного розподілу ваги. Наявність базових пресетів скелетів.	Велике навантаження на ПК.
Рендеринг	Є можливість перегляду у окремому вікні у інтерактивному режимі фінальне зображення. Гнучкі налаштування. Є можливість регулювання у фінальному результаті різкість та експозицію.	Сильно навантажує персональний комп'ютер, малопотужний рендер механізм, відносно фотореалістичний результат.

3.2 Blender

Програми Maya, Blender та Cinema 4D на етапах моделювання, текстурування, ретопології, UV розгортки, анімації та ригінгу мають тотожні базові інструменти для створення тривимірних моделей та оточення [10]. Для програм Blender (рис.3.2) та Cinema 4D вказано перелік вкладок та інструментів відповідних до інструментів Maya.



Рисунок 3.2 – Головне вікно програми Blender

У програмі Blender є можливість використовувати гарячі клавіші із інтерфейсу інших програм.

Моделювання

Перетворення будь-якої моделі у доступну для редагування сітку. Спеціалізовані add-ons призначені для фахового допрацювання зображенуз в кілька кроків. До них відносяться :

- Режим створення швидких скелетів.
- Інтерактивна 3D фарба для вершин поверхонь.
- Швидка конвертація на основі скінів.
- Автоматичне формування маси (на основі теплового рівноваги).
- Дзеркало редагування
- Sculpting
- Робота з NURBS поверхнями
- Робота із кривими

Робота з анімацію у Blender реалізована такими функціями:

Нелінійна анімація (NLA) незалежних рухів, поз і жестів може бути об'єднана в комплекс дій, але може бути змінена індивідуально, без того, щоб переробляти всю анімацію.

Скелет із можливістю рухомих деформацій з підтримкою прямої та оберненої кінематики.

Нелінійний редактор анімації для змішування окремих параметрів анімації, створених в редакторі.

Можливість обрати заготовку руху людини.

Вершина ключового кадру для морфинга, з контролюючими повзунками.

Редагування та створення нових blend shapes з існуючих цілей.

"Іро" система інтегрує обидва рухи кривої і традиційних ключові кадри редагування.

Відтворення звуку, мікшування і редагування звуку, синхронізація.

Python, для користувача і процедурної анімації.

Рендеринг реалізований такими механізмами:

Швидкий вбудований рендер механізм Cycles.

Передискретизація, motion blur.

Прошарки візуалізації.

Інтерактивний перегляд усіх панелей

Експорт скриптів для зовнішньої візуалізації, таких як Renderman, Virtuallight ", " Люкс ", " Индиго " і V-Ray

Для текстурування у програмі Blender існують такі вікна:

UV Editor

Material Editor з використанням нод

Texture Paint

Фізика та система частинок також доступні для використання.

Також реалізовано можливість створення 3Д ігор, за допомогою таких інструментів:

Графічний редактор логіки для визначення інтерактивної поведінки.

Виявлення зіткнень і динамічного моделювання.

Дискретні виявлення зіткнень для RigidBody моделювання.

Відображення в грі активації динамічних обмежень.

Повна підтримка динаміки автомобіля, в тому числі будь-якої реакції, жорсткості і демпфірування, шини тертя і т.д

Python API для ефективного управління ігровою логікою [11].

Підтримка всіх OpenGL режимів освітлення, включаючи прозорі плівки, анімацію і відображення текстур.

Підтримка multimaterials, multitexture і текстури режиму змішування, попіксельне освітлення, динамічне освітлення, режим зіставлення, vertexPaint накладення текстури, toon заливка анімаційних матеріалів, підтримка звичайного картографування і Parallax Mapping .

Відтворення ігор та інтерактивного 3D-контента без компіляції або обробки аудіо [12].

Виходячи із перелічених функцій, можна зробити висновки, що Blender має досить широкі можливості для створення моделей та анімації [13], а також можливості для роботи із кривими та NURBS поверхнями.

Переваги та недоліки програми зазначено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Переваги та недоліки Blender

Етап створення сцени	Переваги	Недоліки
Моделювання	Багато зручних інструментів, коректна робота із сіткою, можливість ручних налаштувань. Можливість завантажувати зображення у якості креслення. Гарна оптимізація для навантаження на ПК.	Проблеми із приближенням до предметів у сцені.
Текстурування та UV	Автоматична розгортка UV, можливість налаштувань	Не завжди коректна автоматична UV.

	<p>текстури під UV, вбудований редактор базових параметрів зображення. Гнучкі налаштування матеріалів, можливість створення досить реалістичних текстур. Досить не погана вбудована бібліотека матеріалів, із можливістю ручної корекції. Можливість відносно коректного змішування шарів текстур.</p>	<p>Великий час прорахунку текстур при попередньому прорахунку сцен.</p>
Ретопологія	<p>Досить зручні інструменти, можливість працювати у окремій вкладці.</p>	<p>Відносне навантаження на ПК.</p>
Анімація	<p>Набір зручних та коректно працюючих інструментів для анімації, велика кількість пресетів для базової анімації, наприклад руху.</p>	<p>Велике навантаження на персональній комп'ютер.</p>
Скульптинг	<p>Є можливість відкрити у окремій вкладці. Досить широкий набір інструментів та не погана оптимізація навантаження.</p>	<p>Помірне навантаження на ПК, можливі паузи під час завантаження сцени.</p>
Рігінг та скінінг	<p>Великий набір зручних інструментів, коректний автоматичний розподіл ваги, можливість ручного</p>	<p>Велике навантаження на ПК.</p>

	розподілу ваги. Наявність базових пресетів скелетів.	
Рендеринг	Є можливість перегляду у окремому вікні у інтерактивному режимі фінальне зображення. Гнучкі налаштування.	Сильно навантажує персональний комп'ютер, малопотужний рендер механізм, досить шумне зображення, при великому часі прорахунку.

3.3 Cinema 4D

Особливістю даної програми є те, що багато оптимізацій виконуються за допомогою тегів, що прикріплюються безпосередньо до того елемента моделювання, чи камери, та взагалі до будь-чого із доступного у списку елементів у сцені [14].

Можливості для моделювання у програмі Cinema 4D реалізовано такими елементами:

Вікном outliner.

Режимом створення швидких скелетів.

Швидка конвертація на основі скінів.

Автоматичне формування маси.

Дзеркало редагування.

Sculpting.

Робота з примітивами [15].

Робота з NURBS поверхнями .

Робота із кривими (рис.3.3).

А також усі функції характерні для Maya.

Можливості для анімації

Робота з лінійною та нелінійною анімацією [16].

Каркас (скелет) деформації зі зворотною кінематикою та прямою кінематикою.

Нелінійний редактор анімації для змішування окремих дій, створених в редакторі.

Анімація по кривим.

Вершина ключового кадру для морфинга, з контролюючими повзунками.

Редагування та створення нових blend shapes з існуючих цілей.

Відтворення звуку, мікшування і редагування.

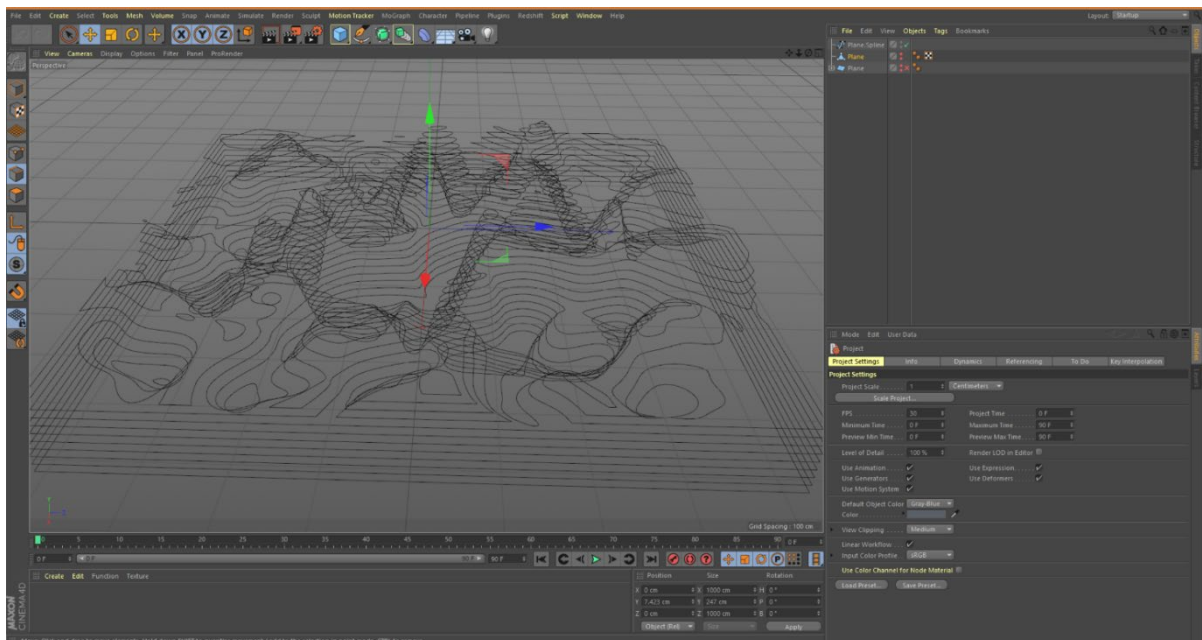


Рисунок 3.3 – Робота із кривими у Cinema 4D

Можливості рендерингу

Власний рендер двигун із можливістю підключення плагіну Redshift [17].

Передискретизація, motion blur.

Прошарки візуалізації.

Для роботи із текстурами доступні такі вікна програми:

UV Editor

Material Editor з використанням нод

Texture Paint

Фізика та система частинок також доступні для використання.

Виходячи із вказаних можливостей та власного досвіду використання, Cinema 4D доцільно використовувати для моделювання та анімації, проте слабка робота із кривими, та досить слабкий власний рендер механізм не дозволяють отримати максимально фотореалістичні результати. Якщо використовувати Redshift то можна отримати більш реалістичний результат. Програма є платною, отримати безкоштовну версію для студентів немає можливості.

Переваги та недоліки програми зазначено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Переваги та недоліки Cinema 4D

Етап створення сцени	Переваги	Недоліки
Моделювання	Багато зручних інструментів, коректна робота із сіткою, можливість ручних налаштувань. Можливість завантажувати зображення у якості креслення. Гарна оптимізація для навантаження на ПК.	Проблеми із приближенням до предметів у сцені.
Текстурування та UV	Автоматична розгортка UV, вбудований редактор базових параметрів зображення. Гнучкі налаштування матеріалів, можливість створення досить реалістичних одношарових текстур. Досить не погана вбудована бібліотека	Не завжди коректна автоматична UV. Відсутність нормальної можливості змішування текстурних шарів.

	матеріалів, із можливістю ручної корекції.	
Ретопологія	Досить зручні інструменти, можливість працювати у окремій вкладці.	Відносне навантаження на ПК.
Анімація	Набір зручних та коректно працюючих інструментів для анімації, мала кількість пресетів.	Велике навантаження на персональний комп'ютер.
Скульптинг	Є можливість відкрити у окремій вкладці.	Високе навантаження на ПК, мала кількість інструментів, можливі паузи під час завантаження сцени.
Рігінг та скінінг	Набір інструментів, коректний автоматичний розподіл ваги, можливість ручного розподілу ваги.	Велике навантаження на ПК.
Рендеринг	Є можливість перегляду у окремому вікні у інтерактивному режимі фінальне зображення. Гнучкі налаштування.	Сильно навантажує персональний комп'ютер, малопотужний рендер механізм, досить шумне зображення.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі виконано огляд основних програм для створення тривимірних анімаційних сцен.

Maya найбільше підходить для створення самих моделей, їх оточення, світла та анімації, проте виконувати скульптинг чи текстурювання досить не доцільно, так як інструменти для виконання цих етапів досить погано працюють. До того ж, сама програма є платною, проте є можливість отримати безкоштовну студентську версію. Також вона досить вибаглива до потужностей персонального комп'ютеру.

Blender також найбільше підходить для створення самих моделей, їх оточення, світла та анімації, а також можна використовувати для скульптингу. Програма є безкоштовною, що є безпосередньою перевагою. Програма є не досить вибажливою до потужності персонального комп'ютеру.

Cinema 4D можна використовувати для створення моделей, їх оточення та сцен, проте використовувати для інших етапів досить не доцільно. Програма є платною, програма також вибаглива до потужностей персонального комп'ютеру.

4 СТВОРЕННЯ ТИПОВОЇ ДЕМОНСТРАЦІЙНОЇ СЦЕНИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ ОСНОВНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Створення типової сцени у Maya

У якості демонстраційної сцени обрано кімнату із «магічним» кубом. Для того, щоб виявити переваги та недоліки, буде змодельовано сцену, створено матеріали та текстури, освітлення та камеру, після чого буде виконано прорахунок фінального зображення (рендер). При створенні було використано лише можливості програм, без застосування сторонніх бібліотек матеріалів та рендер механізмів.

Для прорахунку використано персональний комп'ютер із такими складовими компонентами :

Оперативної пам'яті 16 Гб із максимальною частотою 3200 МГц

Процесор Intel Core i5-8600K 3.6GHz/8GT/s/9MB

Відеокарта MSI GeForce GTX 1070 Ti Gaming 8GB GDDR5 із пропускною можливістю 256 біт

Материнська плата MSI Z370 SLI PLUS із можливістю підключення двох відеокарт одночасно

Та два диски для накопичення пам'яті SSD на якому знаходиться Windows та HDD із частотою оберту 7200 об/с на якій знаходяться програми та фінальне зображення.

Дана система була використана для рендеру усіх зображень.

Моделювання

Під час створення моделей було враховано основні особливості при моделюванні, такі як bevel та інші. Моделювання досить зручне, «гарячі» клавіші досить зрозумілі та інтуїтивні. Створення сцени розпочато із створення кімнати, створено стіни та стелю. Після чого, у стінах створено отвори для вікон та дверей. Також змодельовано базові елементи, такі як стіл, шафа, полички, магічний куб, стілець та інші. Після створення та розташування моделей отримано сцену (рис.4.1).

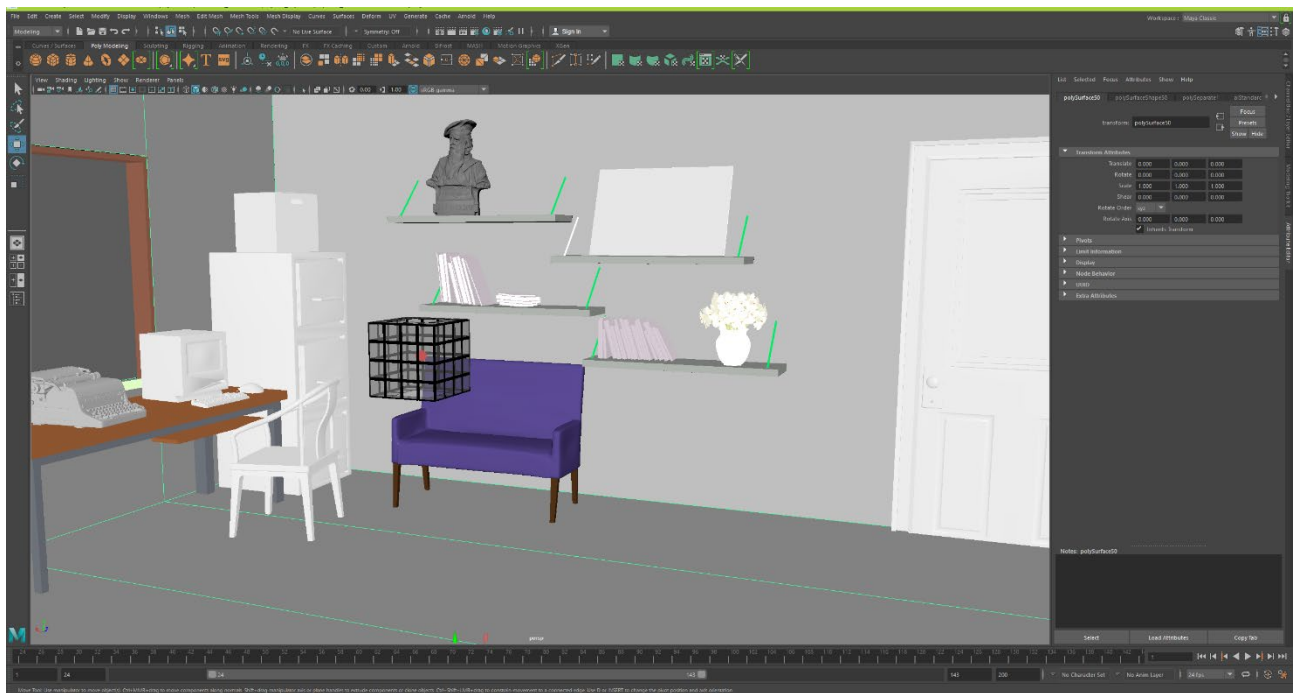


Рисунок 4.1 – Змодельована демонстраційна сцена

Деякі моделі одразу отримували прості текстури для того, щоб виділялись при відображенні.

Після створення моделей, можна приступати до етапу текстуровання. Текстуровання виконано лише за допомогою вбудованих бібліотек, без використання сторонніх текстур. Під час текстуровання, до деяких об'єктів, наприклад, кріслу, що знаходиться під поличками було додано Vmap геометрію. Даний тип геометрії не дає фізичних текстур, лише візуально, за рахунок роботи із світлом та відбиттям створює ніби випуклості(рис.4.2).

Для виявлення переваг та недоліків, UV розгортка була виконана автоматично. У користувача є можливість виконати налаштування обраної текстури, що буде нанесена на розгортку. Налаштування відносно гнучкі, дають можливість до різних варіантів маніпуляцій. Найкорисніші налаштування – це розворот текстур, масштабування та зміна частоти нанесення. Для того, щоб стики текстур не було видно, необхідно додавати так звані «безшовні» текстури.

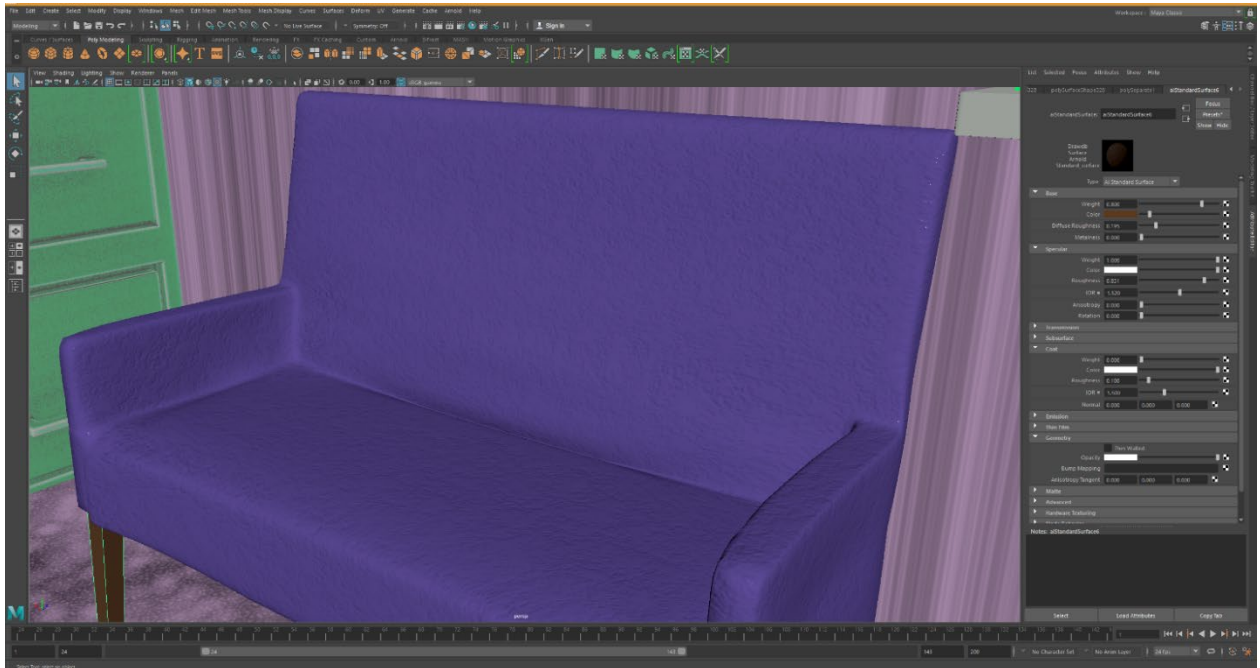


Рисунок 4.2 – Використання Vmap геометрії для створенні рел'єфу

Після текстурування, необхідно додати джерела світла та камеру, з якої буде виконано прорахунок зображення. Для зовнішнього освітлення використано HDRI карту, щоб отримати природне світло з вікна. Для освітлення самої кімнати використано два джерела світла сферичної форми. Одне джерело розміщено всередині куба, друге у лампі, що знаходиться на столі. Після чого необхідно виконати налаштування рендеру.

Так як, віртуальні джерела світла імітують справжні, необхідно імітувати генерацію світлових променів. Враховуючи те, що у віртуальному просторі необхідно працювати із пікселями, віртуальні джерела світла порціоно виконують освітлення пікселів шар за шаром. Тобто, якщо необхідно виконати освітлення 100 пікселів, а джерело світла за один шар (ітерацію) покриває 10

пікселів, можна отримати різну якість зображення, змінюючи кількість ітерацій. Кількість таких ітерацій обирається для таких характеристик зображення: кольору, відбиття, відбитків лінз камери, прозорості, загальної освітленості. Якщо необхідно отримати максимальну деталізацію, то вибирають максимальну кількість шарів, які будуть накладені один на одного, щоб освітити кожен піксель. Коли необхідно виконати тестове зображення, досить буде і декількох шарів, при цьому зображення буде досить шумне (рис.4.3).

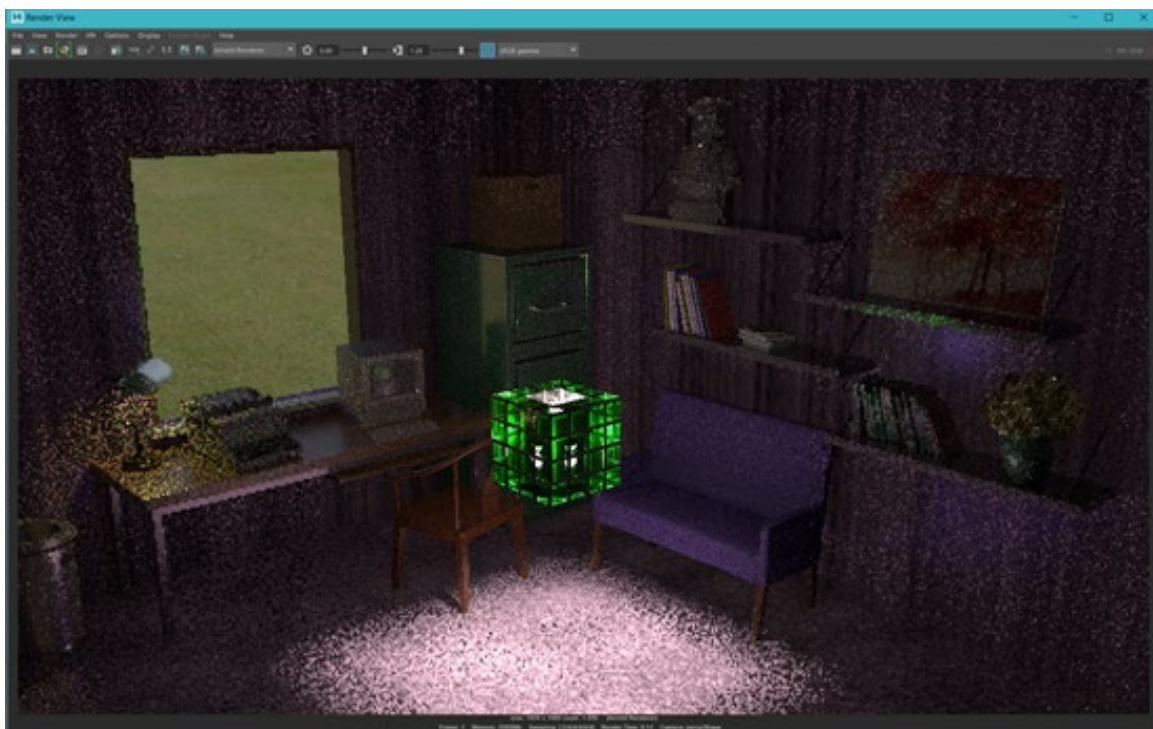


Рисунок 4.3 – Шумне зображення із малою кількістю шарів освітлення

Тому, під час фінального прорахунку зображення, використовують максимально ефективну кількість шарів. У даному випадку, виконано такі налаштування.

В залежності від кількості обраних шарів, змінюється і час прорахунку. Із обраними налаштуваннями, та роздільною здатністю фінального зображення FullHD 1920*1080 прорахунок був здійснений за 2 години 2 хвилини. Фінальний результат зображено на рисунку 4.4.

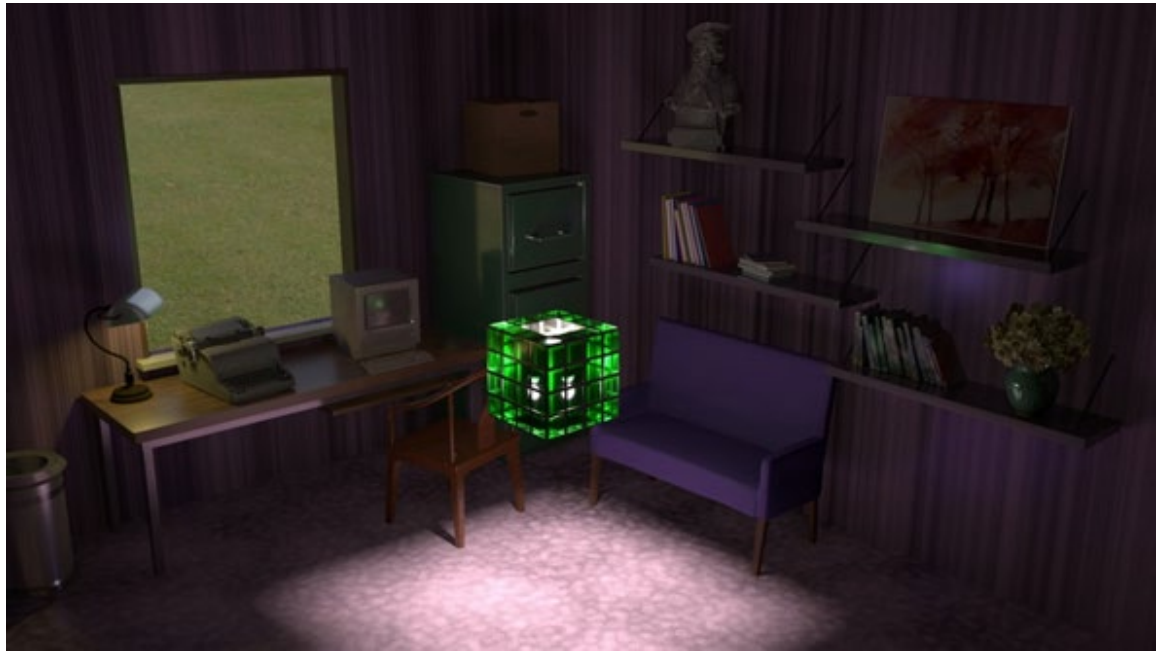


Рисунок 4.4 – Фінальне зображення

4.2 Створення типової сцени у Blender

Моделювання

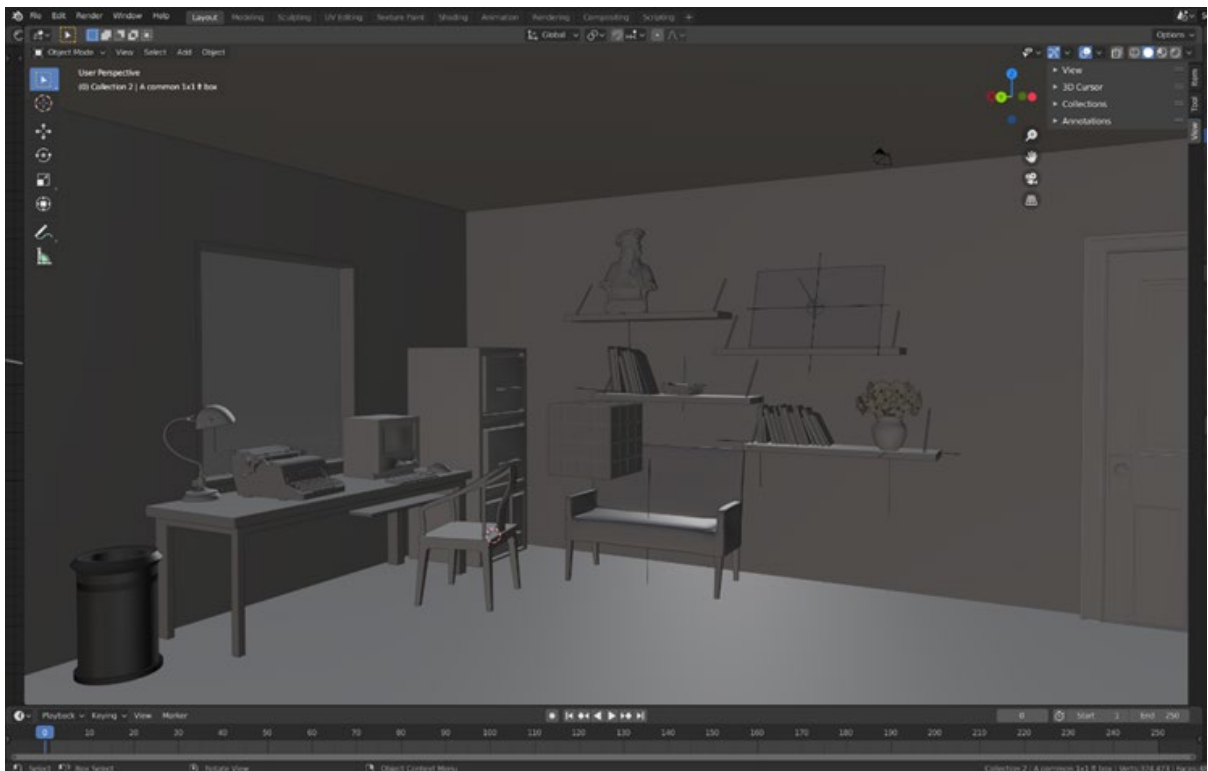


Рисунок 4.5 – Змодельована демонстраційна сцена

Під час створення моделей було враховано основні особливості при моделювання, такі як bevel та інші. Моделювання досить зручне, гарачі клавіші досить зрозумілі та інтуїтивні. Створення сцени розпочато із створення кімнати, створено стіни та стелю. Після чого, у стінах створено отвори для вікон та дверей. Також змодельовано базові елементи, такі як стіл, шафа, полички, магічний куб, стілець та інші. Після створення та розташування моделей отримано сцену зображену на рисунку 4.5.

Після створення моделей, можна приступати до етапу текстурування. Текстурування виконано лише за допомогою вбудованих бібліотек, без використання сторонніх текстур. Blender має досить не погану вбудовану бібліотеку матеріалів, що мають досить гнучкі налаштування (рис.4.6). Під час текстурування, до деяких об'єктів, наприклад, кріслу, що знаходиться під поличками було додано Vmap геометрію.

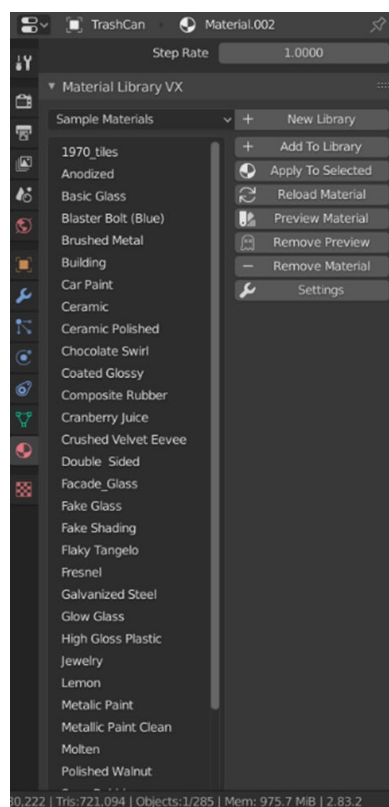


Рисунок 4.6 – Вбудована бібліотека матеріалів у Blender

Для виявлення переваг та недоліків, UV розгортка була виконана автоматично. У користувача є можливість виконати налаштування обраної

текстури, що буде нанесена на розгортку. Налаштування дозволяють маніпуляції із розвороту, масштабування та зміни частоти нанесення текстур. Для того, щоб стики текстур не було видно, необхідно додавати так звані «безшовні» текстури.

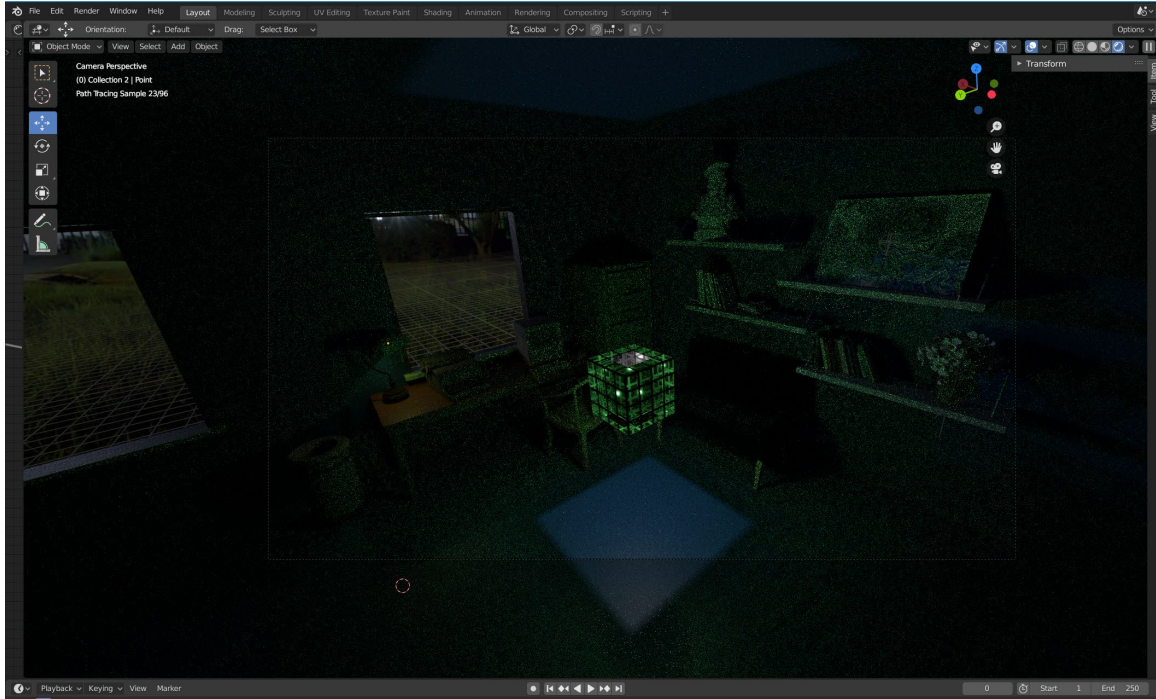


Рисунок 4.7 – Шумне зображення із малою кількістю шарів освітлення

Після текстурування, необхідно додати джерела світла та камеру, з якої буде виконано прорахунок зображення. Для зовнішнього освітлення було використано HDRI карту, щоб отримати природне світло з вікна. Для освітлення самої кімнати було використано два джерела світла сферичної форми. Одне джерело було розміщено всередині куба, друге у лампі, що знаходиться на столі. Після чого необхідно виконати налаштування рендеру.

Коли необхідно виконати тестове зображення, досить буде і декількох шарів, при цьому зображення буде досить шумне (рис.4.7).

В залежності від кількості обраних шарів, змінюється і час прорахунку. Із обраними налаштуваннями, та роздільною здатністю фінального зображення FullHD 1920*1080 прорахунок був здійснений за 5 години 36 хвилини. Фінальний результат зображено на рисунку 4.8. Слід зауважити, що при однакових налаштуваннях шарів зображення, у даному випадку

зображення більш шумне та темне, при тому, що час прорахунку у два з половиною рази довший.



Рисунок 4.8 – Фінальне зображення

4.3 Створення типової сцени у Cinema 4D

Моделювання

Під час створення моделей враховано основні особливості при моделювання, такі як bevel та інші. Моделювання досить зручне, гарячі клавіші досить зрозумілі та інтуїтивні. Створення сцени розпочато із створення кімнати, створено стіни та стелю. Після чого, у стінах створено отвори для вікон та дверей. Також змодельовано базові елементи, такі як стіл, шафа, полички, магічний куб, стілець та інші. Після створення та розташування моделей було отримано даний результат (рис.4.9).

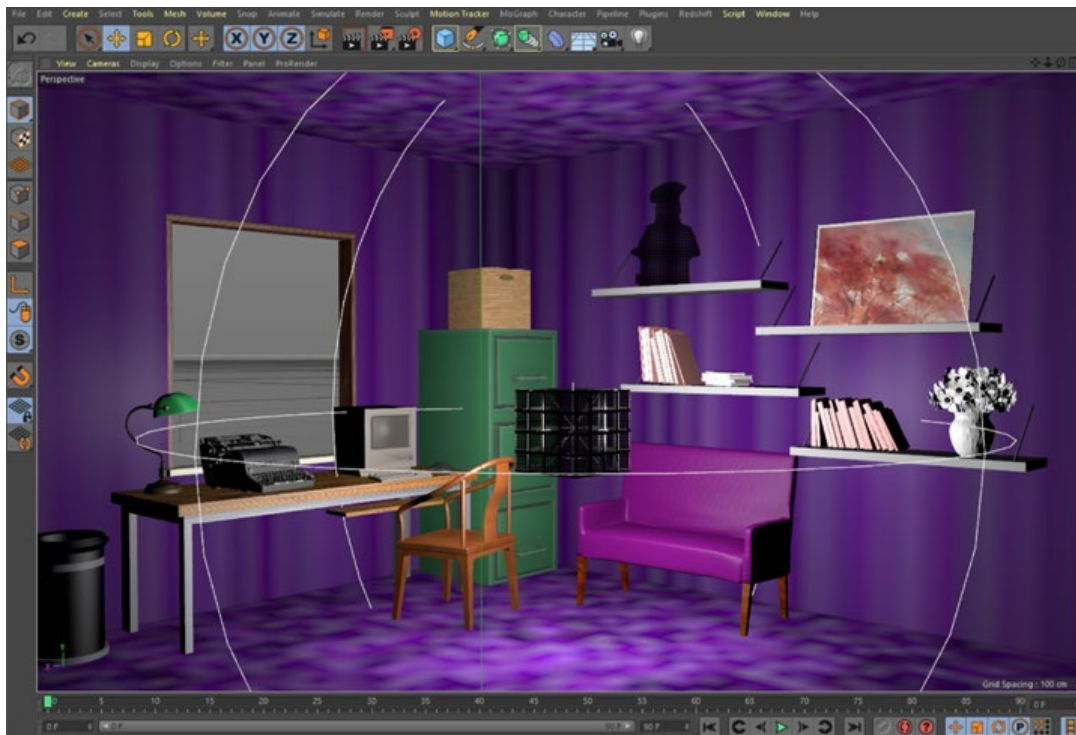


Рисунок 4.9 – Змодельована демонстраційна сцена

Деякі моделі одразу отримували прості текстури для того, щоб виділялись при відображенні.

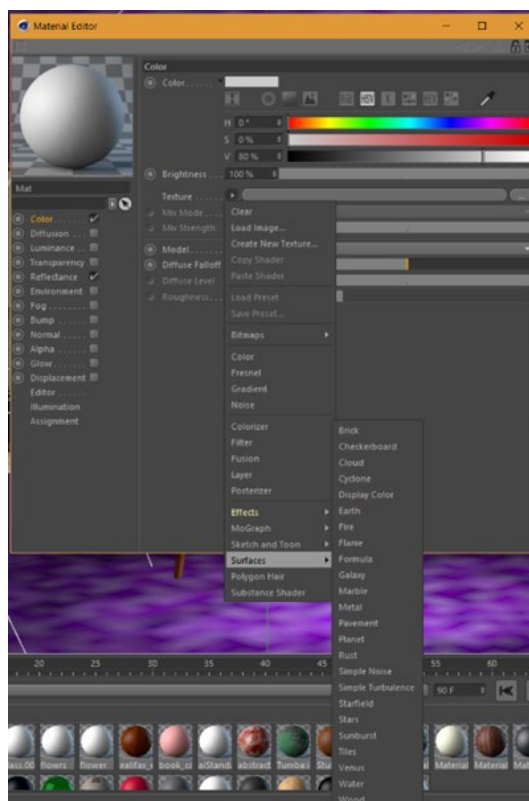


Рисунок 4.10 – Вбудована бібліотека матеріалів у Сінема 4D

Після створення моделей, можна приступати до етапу текстурування. Текстурування виконано лише за допомогою вбудованих бібліотек, без використання сторонніх текстур. Сінема має малу, але не погану вбудовану бібліотеку матеріалів, що мають досить гнучкі налаштування (рис.4.10). Під час текстурування, до деяких об'єктів, наприклад, кріслу, що знаходиться під полицками додано Vmap геометрію.

Для виявлення переваг та недоліків, UV розгортку виконано автоматично. У користувача немає можливість виконати налаштування обраної текстури відносно UV розгортки. Для того, щоб стики текстур не було видно, необхідно додавати так звані «безшовні» текстури.



Рисунок 4.11 – Фінальне зображення

Після текстурування, необхідно додати джерела світла та камеру, з якої буде виконано прорахунок зображення. Для зовнішнього освітлення було використано HDRI карту, щоб отримати природне світло з вікна. Для освітлення самої кімнати було використано два джерела світла сферичної форми. Одне джерело було розміщено всередині куба, друге у лампі, що знаходиться на столі. Після чого необхідно виконати налаштування рендеру [18].

В залежності від кількості обраних шарів, змінюється і час прорахунку. Із обраними налаштуваннями, та роздільною здатністю фінального зображення FullHD 1920*1080 прорахунок був здійснений за 19 хвилин. Фінальний результат зображено на рисунку 4.11. Слід зауважити, що при однакових налаштуваннях шарів зображення, у даному випадку зображення більш шумне проте час прорахунку значно менший.

4.4 Аналіз переваг та недоліків програм

На основі результатів розгляду можливостей програм Maya, Blender, Cinema 4D, запропоновано порівняльну таблицю для визначення яку з програм краще застосовувати на яких етапах .

Таблиця 4.1 – Порівняння можливостей програм на різних етапах створення тривимірних сцен

Етап	Maya	Blender	Cinema 4D
Моделювання	Відмінно	Відмінно	Добре
Ретопологія	Добре	Добре	Добре
Скульптинг	Погано	Добре	Погано
Створення UV	Добре	Добре	Добре
Бекінг	Погано	Погано	Погано
Текстурування	Добре	Добре	Погано
Рігінг та скінінг	Добре	Добре	Добре
Анімація	Відмінно	Добре	Добре
Освітлення	Добре	Добре	Добре

Для позначення використано оцінки такі як «відмінно» - означає доцільне використання програми для даного етапу, має широкий та зручний інструментарій для виконання. «Добре» - використовувати можна, але не найдоцільніший варіант, інструменти присутні, але не зручні та мають багато

похибок. «Погано» - краще не використовувати для даного етапу створення тривимірних анімаційних сцен, інструменти або відсутні взагалі або працюють не коректно, та виникне необхідність повторного виконання у окремій спеціалізованій програмі.

За результатами, наведеними в таблиці, можна зробити висновки, що у сучасних комплексних рішеннях, головні проблеми виникають на етапах створення UV, та текстуріванні. Це пов'язано із досить слабкими власними інструментами для створення текстур та UV editors. У Cinema 4D виявились найслабші інструменти для текстурівання. Також, майже всі програми не підходять для скульптингу, а скульптинг у свою чергу необхідний для створення органічних об'єктів у сцені. Тому виникає необхідність у створенні програми, яка б враховувала переваги та недоліки сучасних програм.

Для керування якістю фінального зображення у налаштуваннях доступні такі параметри як : кількість ітерацій кольору, відбиття, відбиття лінз камери, прозорості, загальної освітленості. Обрано однакову кількість ітерацій для всіх параметрів у кожній із обраних програм, для порівняння якості фінального зображення та часу прорахунку.

Кількість ітерацій та отриманий час прорахунку відображено у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Результат прорахунку фінального зображення

Кількість ітерацій та параметр	Maya	Blender	Cinema 4D
Колір	784	784	784
Відбиття	784	784	784
Відбиття лінз камери	49	49	49
Прозорість	784	784	784
Загальна освітленість	2401	2401	2401
Час прорахунку зображення	2 год 2 хв	5 год 36 хв	19 хв

Виходячи із того, що при однаковій кількості ітерацій параметрів зображення, отримано різний візуальний результат зображення та час прорахунку. Фінальне зображення отримане у програмі Maya має найменшу кількість шумів, гарну деталізацію та відносний реалізм. Час прорахунку серед обраних програм середній. Зображення отримане у програмі Blender має найбільшу кількість шумів та найбільший час прорахунку, що у два рази довший за прорахунок у Maya та майже у 19 разів довший за прорахунок у Cinema 4D. Також досить слабку деталізацію та відносний реалізм. У Cinema 4D отримано найменший час прорахунку зображення, при однакових налаштуваннях, зображення має шуми, майже на одному рівні з Maya, не погану деталізацію та відносний реалізм.

Висновки до розділу 4

Через слабкі інструменти створення текстур та UV editors у більшості сучасних комплексних рішень якісно можна виконати етапи моделювання та анімації. Для створення органічних об'єктів необхідні коректні інструменти для роботи із скульптингом та оптимізацію навантаження на ПК, що в сучасних рішеннях реалізовано погано.

Для повного циклу виробництва як ігор, так і кіновиробництва із використанням тривимірного моделювання та анімації необхідно досить багато різноманітного програмного забезпечення, окремого майже для кожного етапу. Для зменшення витрат на виробництво, необхідно програмне забезпечення, яке дозволить виконати моделювання, текстурування, анімацію та рігінг, бекінг та ретопологію, та буде мати потужний вбудований рендер механізм, для отримання фотореалістичного результату.

Сучасні комплексні програми у більшій ступені підходять для створення моделей та їх оточення, а також анімації. Тому необхідне нове рішення, яке дозволить виконувати більшість етапів при комплексному моделюванні.

5. СТАРТАП-ПРОЕКТ

5.1. Опис ідеї проекту

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання універсального рішення для виконання повного циклу створення тривимірних анімаційних сцен	1.Кіновиробництво	Економія часу та ресурсів
	2. Ігрова індустрія	Економія часу ресурсів
	3.Продакшен студії	Економія часу ресурсів

Таблиця 5.2 – Визначення характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Запропонована програма	Blender	Maya	Cinema 4D			
1.	Запікання карт для бекінгу	Дає змогу	Не дає змогу	Не дає змогу	Не дає змогу			+
2.	Фотореалістичний рендер механізм	Дає змогу	Не дає змогу	Не дає змогу	Не дає змогу			+
3.	Робота із зовнішніми пристроями вводу даних	Дає змогу	Дає змогу	Не дає змогу	Не дає змогу			+

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту.

У таблиці 5.3 показано оцінку технологічної здійсненності ідеї проекту та наведено технології, що можуть бути використані для реалізації проекту.

Таблиця 5.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення універсальної програми для виконання повного циклу створення тривимірних анімаційних сцен	Запікання карт для бекінгу	Наявний	Доступна
2		Фотореалістичний рендер механізм	Наявна	Доступна
3		Робота із зовнішніми пристроями вводу даних	Необхідно розробити	Доступна

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: універсальне рішення для виконання повного циклу створення тривимірних анімаційних сцен.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У таблиці 5.4 показано попередню характеристику потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	500000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Зацікавлення потенційних клієнтів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	58%

У таблиці 5.5 показано характеристику потенційних клієнтів стартап-проекту.

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Вимоги споживачів до товару
1	Здешевлення та покращення процесу створення відеоконтенту	Продакшен студії	Можливість виконати всі етапи в одному програмному середовищі
2	Пришвидшення процесу кіновиробництва	Компанії, які займаються виробництвом фільмів	
3	Пришвидшення виготовлення та здешевлення процесу виробництва гри	Компанії, які займаються виробництвом ігор	

У табл. 5.6 показані фактори загроз реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Незацікавленість клієнтів	Внаслідок невдалого маркетингу клієнт може не зацікавитись послугами	Демонстрація можливостей створеного продукту
2	Втрата конкуренції	Втрата рангу надійного поставника	Грамотна цінова політика

У табл.5.7 показано фактори можливостей при реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Перехід до домінування на ринку медійних послуг	Зростання попиту	Якісне та кількісне нарощування потужностей

2	Імплементація створеного продукту в існуючі технології кіновиробництва	Зростання попиту внаслідок зростання клієнтів	Якісне та кількісне нарощування потужностей
---	--	---	---

У таблиці 5.8 визначено особливості конкурентного середовища та його вплив на впровадження проекту.

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Використання схожих програм	Стандартизація на високому рівні
2. Локальний	Відсутність єдиного постачальника Програмного забезпечення	Окремий підхід до кожного клієнту. Технічна підтримка
3. Міжгалузєва	Відсутня	Відсутня
4. Товарно-видова	Застосування стандартизованих технологій	За необхідності, використання загальноживаних програмних засобів
5. Цінова	Наймання розробників чи компаній, які мають значну ціну	Можливість заощадити за допомогою застосування універсального рішення
6. Марочна	Для кожного типу забезпечення потрібна команда розробників	Отримання переваги на ринку медійних послуг

У табл. 5.9 показано фактори конкурентоспроможності та їх обґрунтування.

Таблиця 5.9. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Раціональніший ціновий показник	Відсутність необхідності виділення розробників на кожний проект.
2	Надання сервісних послуг	При бажанні клієнта, можлива технічна підтримка штатного розробника

У табл. 5.10 наведено сильні та слабкі сторони проекту.

Таблиця 5.10. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Раціональніший ціновий показник	18			+				
2	Надання сервісних послуг	14				+			
3	Необхідність самостійної роботи клієнта	6					+		

У табл.5.11 наведено SWOT-аналіз стартап-проекту.

Таблиця 4.11. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: раціональний ціновий показник, надання сервісних послуг	Слабкі сторони: Необхідність самостійної роботи клієнта
Можливості: Перехід до ексклюзивного застосування нового методу, Імплементация створеного продукту в існуючі технології кіновиробництва	Загрози: Незацікавленість клієнтів, втрата авторитету

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту наведені у табл.4.12.

Таблиця 5.12. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Укладення договорів з медійними компаніями та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення	висока	незначні
2	Використання приладів загального вжитку для підвищення конкурентоспроможності	середня	незначні

Обрана альтернатива - укладення договорів з медійними компаніями та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення.

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Обґрунтування вибору цільових груп потенційних споживачів наведено у табл. 5.13.

Таблиця 5.13. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Продакшен студії	Середня	Високий	Середня	Висока
2	Компанії, які займаються виробництвом фільмів	Висока	Високий	Середня	Низька
3	Компанії, які займаються виробництвом ігор	Висока	Високий	Середня	Середня

Визначення базової стратегії розвитку наведено у табл. 5.14.

Таблиця 5.14. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Використання альтернативних технологій та пристроїв	Встановлення нового стандарту якості	Зацікавлення та залучення найбільш популярних продакшен студій	Стратегія диференціації
2	Дешевизна проекту	Раціональніші витрати програмне забезпечення	Застосування загальноживаних апаратних рішень замість спеціалізованих комплексів	Стратегія лідерства по витратах

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки наведено у табл.5.15.

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Так	Забирати існуючих та шукати нових	Не буде	Стратегія виклику лідера

Визначення стратегії позиціонування наведено у табл. 5.16.

Таблиця 5.16. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока якість послуг	Стратегія диференціації	Новизна, гарант якості, точність дослідження	Якість, надійність, точність
2	Мінімальні витрати	Стратегія лідерства по витратах	Універсальність запропонованого рішення	Дешевизна, універсальність

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Ключові переваги концепції потенційного товару наведено у табл. 5.17.

Таблиця 5.17. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
-------	---------	----------------------------	--

1	Якість	Висока якість, точність	Надійність
2	Дешевизна	Раціональне використання коштів, дешевше програмне забезпечення	Дешевизна

Визначення меж встановлення ціни на послугу наведено у табл. 5.18.

Таблиця 5.18. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар
1	1600 у.о./од.	1800 у. о./од	Високий	Н. \$ 600 В. \$ 900 (Товар) Н.300

Формування системи збуту послуги наведено у табл. 5.19.

Таблиця 5.19. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтована на отримання максимальної якості та легкості створення відеоконтенту та ігор	Поставки якісного та надійного Програмного забезпечення	Значна	Договірна система збуту

Концепції маркетингових комунікацій наведено у табл. 5.20.

Таблиця 5.20. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення

1	Зацікавленість в якісному та легкому для розробки продукті	Медіа ресурси	Гарантованість якості та стандартизація, політика сервісності	Зацікавити у покращеннях пов'язаних із зростаючою популярністю послуг	Представлення легкості виконання повного циклу створення тривимірних анімаційних сцен
---	--	---------------	---	---	---

Висновки до розділу 5

Запропоновано стартап-проект, який пропонує універсальну програму для виконання повного циклу створення тривимірних анімованих сцен для ігор та кіновиробництва. Програма орієнтована для використання у продакшен студіях, виробників ігор та кінокомпаніях. Проведено дослідження доцільності та рентабельності даного бізнес-проекту. Обґрунтовано комерційну привабливість проекту.

ВИСНОВКИ

В рамках магістерської дисертації проведено дослідження найбільш популярного програмного забезпечення, що використовується при створенні відео контенту та ігор. На основі проведених досліджень отримано наступні результати:

Встановлено області застосування тривимірної графіки. У сфері відео-кіновиробництва усе частіше віддається перевага графіці перед натурними зйомками, тому що графіка дозволяє реалізувати будь-які концепти та візуальні рішення, і зменшує витрати під час виробництва на створення декорацій.

Під час виробництва ігор, з технічного боку, у першу чергу приділяють увагу оптимізації гри для підтримки ПК різної потужності. Для зменшення кількості анімації використовують маркерну технологію захвату руху. За допомогою моделей та текстур різної якості вдається зменшити навантаження на систему, проте втрачаючи реалізм зображення.

Через недосконалість сучасного комплексного програмного забезпечення, повний цикл виробництва ігор чи відео вимагає відповідного програмного забезпечення на кожному з етапів. На кожному етапі використовують програмні модулі, які є складовими комплексного програмне забезпечення. Ефективність програмних модулів для різних етапів відрізняється між виробниками ПО. Тому необхідно дослідити можливості програмного забезпечення на різних етапах обробки.

Maya найбільше підходить для створення самих моделей, їх оточення, світла та анімації, проте виконувати скульптинг чи текстурювання досить не доцільно, так як інструменти для виконання цих етапів досить погано працюють, досить вибаглива до потужностей персонального комп'ютеру.

Blender також найбільше підходить для створення самих моделей, їх оточення, світла та анімації, а також можна використовувати для скульптингу. Програма є безкоштовною, що є безпосередньою перевагою. Програма є не досить вибагливою до потужності персонального комп'ютеру на етапах

моделювання, проте найвибагливішою із розглянутих під час прорахунку зображення.

Cinema 4D можна використовувати для створення моделей , їх оточення та сцен, проте використовувати для інших етапів досить не доцільно. Програма є платною, програма також вибаглива до потужностей персонального комп'ютеру на етапах моделювання, проте найменш вибаглива під час прорахунку зображення.

Сучасні комплексні програми у більшій ступені підходять для створення моделей та їх оточення, а також анімації. Тому необхідне нове рішення, яке дозволить виконувати більшість етапів при комплексному моделюванні.

У результаті досліджень запропоновано варіант програмного забезпечення, що може бути використано при створенні тривимірних анімаційних сцен для відео виробництва, та виробництва ігор.

Запропоновано стартап-проект, який обґрунтовує доцільність створення універсальної програми для виконання повного циклу створення тривимірних анімованих сцен для ігор та кіновиробництва. Програма орієнтована для використання у продакшен студіях, виробників ігор та кінокомпаніях.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Літнарівич Р.М., Чернецький І.Ф. , М.І. Дєдх. Сучасні технології опрацювання графічної інформації. Курс лекцій. Частина 1. МEGУ, Рівне, 2012.- 130 с.
2. History of 3D Computer Graphics. Останнє відвідування: Листопад 01, 2020 URL: <https://www.3dhorse.com/blogs/3d/history-of-3d-computer-graphics>
3. The full cycle of creating a character model for the game Останнє відвідування: Листопад 01, 2020 URL: <https://sudonull.com/post/65662-The-full-cycle-of-creating-a-character-model-for-the-game>
4. Franson D., Thomas E. “Game character design complete”, 2007 Thomson Course Technology, a division of Thomson Learning Inc, Texturing ст 11-16
5. Tobler, R. F., and Maierhofer, S. “A mesh data structure for rendering and subdivision”, In Proceedings of WSCG (Inter-national Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision), 2006, pp.157–162.
6. NURBS modeling, Alias System, 2004. Останнє відвідування: Листопад 01, 2020. [Online]. URL: <https://courses.cs.washington.edu/courses/cse459/06wi/help/mayaguide/Complete/NURBS.pdf>
7. Maya Features URL: <https://www.autodesk.com/products/maya/features?geoNavigationPreferredSite=US&support=ADVANCED&plc=MAYA&term=1-YEAR&quantity=1>
8. Rigging and grooming a 3D cartoon character in Maya Останнє відвідування: Листопад 01, 2020 URL: <https://area.autodesk.com/blogs/the-maya-blog/rigging-and-grooming-a-3d-cartoon-character-in-maya/>
9. Animation Basics Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn->

- explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Maya-Animation/files/GUID-91055F04-C5E0-45DA-BE0C-218D92AF6A16-htm.html
10. Blender 2.90 Reference Manual Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
 11. Blender 2.90.1 Python API Documentation Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://docs.blender.org/api/current/>
 12. Blender Developer Documentation Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: https://wiki.blender.org/wiki/Main_Page
 13. Blender Features: Animation Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://www.blender.org/features/animation/>
 14. Review: Maxon's Cinema 4D Release 21 Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://magazine.renderosity.com/article/5602/review-maxons-cinema-4d-release-21>
 15. Polygon modeling Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://www.maxon.net/en/cinema-4d/cinema-4d-polygon-modeling>
 16. Character Animation Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://www.maxon.net/en/cinema-4d/cinema-4d-character-animation>
 17. GENERAL WORKFLOW Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://www.maxon.net/en/cinema-4d/general-workflow>
 18. Rendering Останнє відвідування: Листопад 14, 2020 URL: <https://www.maxon.net/en/cinema-4d/cinema-4d-rendering>

ДОДАТОК А
SUMMARY

3D modeling and animation are now used every day. It is difficult to imagine the modern world without the help of three-dimensional elements used from the fields of film production, game creation and various audio-visual content, to design models, architectural visualization and prostheses printed on a 3D printer, or any elements. However, each of the areas of application has its own characteristics when creating the models and environments. All this is dictated by the size of the object, its detail on the screen, when it comes to audio-visual content. When creating any design elements, maximum accuracy is required, because every miscalculation is human life. When creating computer games, there are other features: namely, games should be available on the maximum number of devices, with the most different technical characteristics of personal computers, from low-budget, with weak characteristics, and for powerful machines that are used for maximum immersion in the gameplay.

For different stages of creation, there are now many alternative software options. Most of this provision, aimed at the implementation of one or more stages of production, and one, holistic and universal program that would allow the implementation of all stages, with a quality that is not inferior to individual programs aimed at such actions now does not exist. Therefore, when creating, you have to use a lot of different software, which is quite irrational, because you need to know the program and actually buy it.

Currently, most modeling programs have the ability to create, text, scan, create lighting and environments, and render 3D objects and scenes. Programs such as Maya, 3Ds Max, Blender and Cinema 4d are the most common in various areas of audio-visual and game production. Autodesk Inventor, AutoCAD, 3D-compass are used in the design of structures and various technical drawings.

When creating audio-visual content, they try to achieve maximum photo-realism, so that the viewer / player, models do not stand out against the background of real objects and people. You need to consider how close and for how long the spectator / player will observe the created object, and depending on these parameters, make it more detailed at the level of the grid and textures to avoid unnatural bends and movements.

One of the new areas of application is architectural visualization and modeling in the field of medicine. When creating a video or movie, graphics are increasingly preferred to full-length shooting.

Based on the analyzed information, we can conclude that graphics allows you to implement any concepts and visual solutions, and reduces production costs for the creation of scenery.

The development and availability of technologies have allowed modeling to reach all levels of possible application. During the application in various fields of activity, new stages in modeling began to appear.

Features can be divided into two main categories - these are the features that arise when creating the models themselves, and features in modeling for different applications.

Modern modeling, except in some cases, tries to achieve maximum photorealism, when the created elements will be added to the actual video. Therefore, it is necessary to adhere to both the proportions and visual details, such as cracks and others. When modeling for a cartoon or game, they also try to maintain a visual resemblance to the real environment, and hyperbole is often expressed in the characters themselves.

In three-dimensional modeling, as in life, there are two types of created objects - it is organic and hard surface or objects that have undergone machining. To avoid confusion - if it is a living tree, then it is organic, when wood is made into a product - it is a hard surface. Also, it should be noted that the simplest products, such as stools, are not considered hard surfaces, as their design is quite simple.

There are three basic units in three-dimensional modeling - a point, edge or face, and a plane (polygon). There are also different coordinate systems. There is its own coordinate system for each object, ie the coordinates relative to which changes occur within the object, and the general coordinate system, relative to which changes occur between the objects themselves.

Currently, there are several modeling techniques:

- Polygonal modeling

- Sculpture
- Point modeling
- Modeling using NURBs elements
- Procedural modeling

Polygonal modeling - a classic technique of creating models, is that the model grid is built using polygons. Polygon - one of the basic units in three-dimensional space, there are many tools. allowing you to manipulate them. In this modeling, the polygons create a so-called ring of polygons, which will be smoothed in the future. The landfill has sides, front and back, which plays a role in light reflection. On the front side there are normals, relative to which the light is refracted on the object. The polygon method can be used to simulate literally any element, but everything will depend on the power of the PC, because the increase in polygons leads to a rapid filling of RAM.

The main features follow from the name itself, when creating a grid by polygon modeling, you need to be very careful about the topology of the grid. When creating, make sure that the polygons are rectangular and that all points lie in the same plane. When calculating, the video card can work only with triangles, so first, before the calculations, the program translates the grid into a triangle, and the simplest division into triangles from rectangles. Thus, you can avoid incorrect calculations of the system, because all incorrectly divided polygons will have to be translated into a triangle manually.

If you do not pay attention to the grid during modeling, you will need to do a retopology before the calculation. That is, on the created object it will be necessary to delete an existing grid, and to construct new on which the program will be able to translate correctly in a triangular form.

In polygonal modeling, subdivide modeling is most often used. That is, a fairly low-polygon model is created, after which the subdivide modifier is used, which works on the principle of division into 4 . That is, each polygon is divided into 4 equal parts, thus there is a smoothing. It should be noted that the smoothing occurs from edge to edge, so it is essential that the topology of the grid was as correct as possible.

When creating models that have undergone machining, you need to pay attention to the following nuances - in the real world there are no perfectly sharp edges, that is, you need to add the so-called Bevel (chamfer). When modeling any objects by type of utensils or others that will eventually be placed on the surface, do not make a flat bottom.

Realism should also be adhered to, if an object in life consists of 10 separate parts, then in three-dimensional space it is necessary to create it from 10 separate parts.

Deformations also occur along the polygonal grid, so if this element will perform some functions, such as an explosion, for example, you need to add polygons, so that the object is destroyed visually as real.

When creating textures, you should pay attention to details, because it is the details that can give the naturalness of the created model. If you are creating a metal surface, such as a street lamp, you should add traces of the lamp's interaction with the environment and weather conditions, ie add rust, scratches, uneven paint and corrosion to the texture.

Sculpture

A method of modeling that was taken from real life. The principle is that from a very high-polygonal grid, with brushes to create a mold, like real clay, to increase or decrease the relief and any other manipulations. Sculpting is used to create organic matter, as due to the large number of polygons you can make any level of detail, and avoid angularity. To implement sculpture, it is necessary to focus very well on the anatomy of both humans and animals. After creating the sculpture, it is necessary to carry out retopology, ie to rebuild the grid, because during the sculpting the grid is not paid attention to. They also use clothing to create clothes and hair.

Spline NURBS modeling

This method differs from polygonal technique in that the 3D artist operates not with faces, but with pieces bounded by curved lines. To change the characteristics of the surface you need to change the curvature of the line. NURBS-surfaces have infinite detail, as the shape of such surfaces is described by mathematical formulas, rather than the location of the vertices as in polygonal modeling. Before visualizing such a surface,

the program pre-triangulates it. Triangulation is the process of breaking down into triangular planes. This method of modeling has advantages over polygonal, namely - accuracy. This technique is used for the manufacture of precision industrial products, which will then be made by casting, stamping and the like.

Procedural modeling

Procedural modeling is based on nodes and mid-node operations. For example, a low-polygonal model of a house is created, the first node reads the geometry and distinguishes individual elements - roof, windows, walls. Then the individual elements go to the next modules as input information. After that, the roof gets to the node that generates the tile, the walls to the node that will generate the plaster and so on. Inside the nodes can be both simple geometry and individual splines or parts of the model. Nodes have the ability to randomly set the generation of materials or parts of geometry, you can also perform manual adjustment. The advantages of procedural modeling are the ability to flexibly change any part of the model, as all operations are stored inside the nodes. However, the more operations you perform, the more memory you need to remember them, so procedural modeling requires a very powerful personal computer, but in most cases render farms are used.

When creating models for the gaming industry, the main parameters to pay attention to are the optimization and automatic location of landscape elements, because these parameters affect the impression of the game. When creating vegetation, planes and simulations, such as wind, rain, and fog, are used to simulate three-dimensional elements, although when you zoom in, you can see a different image. Disadvantages also arise at the stage of arrangement of vegetation in large scenes, because it is performed in most cases automatically, on a polygonal grid.

When creating models for film production, there is a need to adapt the created model to the footage. To do this, use marker technology to capture motion and the element that will be replaced by a three-dimensional model. When it is necessary to replace a living creature, use a man in a green suit. This method facilitates the animation and adaptation of created and captured material. There is also an option when the scene is completely replaced by a simulated one in a three-dimensional

environment, when it is not possible to successfully combine it with the captured material.

Many stages of image processing require appropriate software. At each stage, use software modules that are part of integrated software. The effectiveness of software modules for different stages differs between software vendors. Therefore, it is necessary to explore the possibilities of software at different stages of processing.

The third section provides an overview of the main programs for creating three-dimensional animation scenes.

Maua is best suited for creating the models themselves, their environment, light and animation, but sculpting or texturing is not advisable enough, as the tools to perform these steps work quite poorly. In addition, the program itself is paid, but it is possible to get a free student version. It is also quite demanding on the power of a personal computer.

Blender is also best suited for creating the models themselves, their surroundings, lights and animations, and can also be used for sculpting. The program is free, which is a direct advantage. The program is not demanding enough on the power of a personal computer.

Cinema 4D can be used to create models, their surroundings and scenes, but it is not advisable to use for other stages. The program is paid, the program is also picky about the power of a personal computer.

Due to weak texture creation tools and UV editors in most modern complex solutions it is possible to qualitatively perform the stages of modeling and animation. Creating organic objects requires the right tools for sculpting and optimizing the load on the PC, which is poorly implemented in modern solutions.

For the full cycle of production of both games and film production using three-dimensional modeling and animation requires a lot of different software, separate for almost every stage. To reduce production costs, you need software that will allow modeling, texturing, animation and rigging, backing and retopology, and will have a powerful built-in rendering mechanism to obtain a photorealistic result.

Modern complex programs are more suitable for creating models and their environment, as well as animation. Therefore, a new solution is needed that will allow you to perform most of the steps in integrated modeling.