

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра інформаційних технологій

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Світлана ВАЩЕНКО

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»,

освітньо-професійної програми «Інформаційні технології проектування»

на тему: Візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни

Здобувача групи ІТ-02 Копитенка Олександра Сергійовича
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Олександр КОПИТЕНКО
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник доцент, к.т.н., доцент Ірина БАРАНОВА _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Суми – 2024

Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра інформаційних технологій
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітньо-професійна програма «Інформаційні технології проектування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. зав. кафедри ІТ

_____ Світлана ВАЩЕНКО

«_____» _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Копитенка Олександра Сергійовича

1 Тема роботи Візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни

керівник роботи Баранова Ірина Володимирівна, к.т.н., доцент,

затверджені наказом по університету від « 07 » 05 2024 р. №0482-VI

2 Строк подання студентом роботи « 26 » 05 2024 р.

3 Вхідні дані до роботи технічне завдання, фото оригінальної будівлі

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз предметної області, постановка задачі, проєктування 3D моделі Вознесенської церкви м.Ромни, практична реалізація моделі, висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) актуальність роботи, мета та задачі, аналіз аналогів 3D моделей пам'яток архітектури, вимоги до проєкту, структурно-функціональний аналіз, засоби реалізації, практична реалізація 3D моделі: моделювання об'єктів, створення анімації об'єкту камери, налаштування матеріалів та освітлення, фінальна візуалізація, висновки

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7.Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ініціалізація та дослідження предметної області	08.04.24 – 10.04.24	
2	Оформлення технічного завдання	11.04.24 – 13.04.24	
3	Планування робіт проєкту	14.04.24 – 16.04.24	
4	Огляд останніх досліджень та аналогів	17.04.24 – 24.04.24	
5	Постановка задачі	25.04.24 – 28.04.24	
6	Вибір засобів реалізації	29.04.24 – 01.05.24	
7	Структурно-функціональний аналіз	02.05.24 – 08.05.24	
8	Моделювання 3D моделі Вознесенської церкви м.Ромни	09.05.24 – 16.05.24	
9	Візуалізація фінальної сцени	17.05.24 – 24.05.24	
10	Оформлення документації	25.05.24 – 30.05.24	

Студент

(підпис)

Олександр КОПИТЕНКО

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., доц. Ірина БАРАНОВА

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни».

Пояснювальна записка складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел із 22 найменувань, додатків. Загальний обсяг роботи – 63 сторінки, у тому числі 41 сторінка основного тексту, 3 сторінки списку використаних джерел, 18 сторінок додатків.

Актуальність роботи полягає в застосуванні технологій 3D моделювання для збереження інформації про зовнішній вигляд пам'яток архітектури та культури, полегшенні дослідження стилів будівництва, культурних та архітектурних особливостей, притаманним будівлям нашої країни.

Мета роботи: створення візуальної моделі Вознесенської церкви міста Ромни, використовуючи реальні зображення будівлі з відтворенням якісних матеріалів.

В першому розділі оглянуто останні дослідження за темою предметної області, проведено аналіз аналогічних проєктів моделей пам'яток архітектури, виконано постановку задач.

Проведено аналіз існуючих програмних продуктів для реалізації проєкту та обрано для використання Blender3D.

В розділі 2 висвітлено питання структурно-функціонального моделювання проєкту. Тут розглянуті контекстна діаграма та діаграми декомпозиції, а також варіанти використання цієї моделі.

В розділі 3 наведено етапи практичної реалізації роботи, які відносяться до основної структури локації, моделювання елементів та налаштування текстур з камерою. Для кожного етапу було надано пояснення з реалізації.

Ключові слова: 3D модель, Вознесенська церква, Blender, полігональне моделювання, анімація, візуалізація.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз предметної області 3D візуалізації в архітектурі	8
1.1 Огляд останніх досліджень	8
1.2 Аналіз існуючих аналогічних моделей	12
1.3 Постановка задачі.....	17
1.4 Вибір засобів реалізації.....	18
2 Моделювання процесу візуалізації тривимірної моделі	24
2.1 Структурно-функціональне моделювання	24
2.2 Діаграма варіантів використання.....	26
3 Практична реалізація тривимірної моделі	27
3.1 Основні етапи та структура роботи	27
3.2 Моделювання основних об'єктів сцени	27
3.3 Налаштування матеріалів, текстур та освітлення	35
3.4 Налаштування анімації камери та рушію візуалізації	37
Висновки.....	41
Список використаних джерел.....	42
Додаток А. Технічне завдання.....	45
Додаток Б. Планування робіт	50

ВСТУП

Зображення тривимірних об'єктів стає ключовим аспектом у багатьох сферах сучасного життя. Від маркетингу до архітектури, від кінематографії до промислового дизайну – всюди використовуються технології 3D моделювання для створення реалістичних прототипів майбутніх споруд чи товарів.

В реаліях нашого часу постає питання збереження нашої культурної спадщини, до якої в першу чергу постають церкви, які являють собою не лише символи духовності, а й витвори архітектурного мистецтва. В цьому дуже сильно допомагають створені за допомогою 3D технологій моделі та сцени, які можливо зберегти в хмарних сховищах та різних серверах.

Тому візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни є **актуальною задачею** через те, що ми не тільки збережемо інформацію про її зовнішній вигляд та нашу культуру, але й зможемо в майбутньому дослідити стиль будівництва, архітектурні та культурні особливості, притаманні будівлям нашого регіону.

Об'єктом дослідження даної роботи є візуалізація тривимірних архітектурних будівель.

Предметом дослідження є детальна та реалістична 3D модель реконструйованої Вознесенської церкви м. Ромни.

Метою даної роботи є створення візуальної моделі «Вознесенської церкви» міста Ромни, використовуючи реальні зображення будівлі.

Для досягнення мети проєкту необхідно виконати наступні **задачі**:

- провести дослідження та аналіз предметної області візуалізації 3D моделей церков та об'єктів культури;
- створити план проєкта;
- змоделювати об'єкти сцени;
- створити реалістичні матеріали для об'єктів та налаштувати освітлення;
- створити анімацію переміщення камери та виконати візуалізацію готової сцени.

Практичне значення 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни полягає в збереженні культурної спадщини та інформації про зовнішній вигляд для подальшого дослідження та використання при відбудові чи реставрації.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ 3D ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В АРХІТЕКТУРІ

1.1 Огляд останніх досліджень

Нині технологія 3D-моделювання і візуалізації розвивається досить швидко і використовується в багатьох сферах нашого життя, серед яких є й архітектура. Завдяки цим технологіям архітектори можуть демонструвати свої проекти, що допомагає краще уявити, як буде виглядати проєкт в реальному вигляді. 3D моделі використовують для порівняння з будівництвом, щоб дізнатись на якому етапі воно знаходиться і це лише декілька варіантів використання [1].

Також набирає обертів і розвиток 3D моделювання для збереження пам'яток культури. Одною з головних переваг цього напрямку є не просто збереження історико-культурної спадщини, а й можливе відновлення того, що було зруйновано.

Для цього можливе використання декількох методів, а саме відтворення за допомогою програмних додатків для 3D моделювання чи використання технології сканування, що забезпечує високу якість та точність створеної 3D-моделі. Одним з прикладів використання цієї технології може бути моделювання одних з найважливіших пам'яток культурної спадщини Румунії, а саме наскальна скульптура Децебала на Дунаї та Сфінкс з гір Бучеджі [2]. На рисунку 1.1 наведено реальні зображення двох пам'яток.



Рисунок 1.1 – Реальні зображення двох пам'яток [2]

На рисунку 1.2 наведено етапи створення моделі наскельної скульптури Децебала на Дунаї.

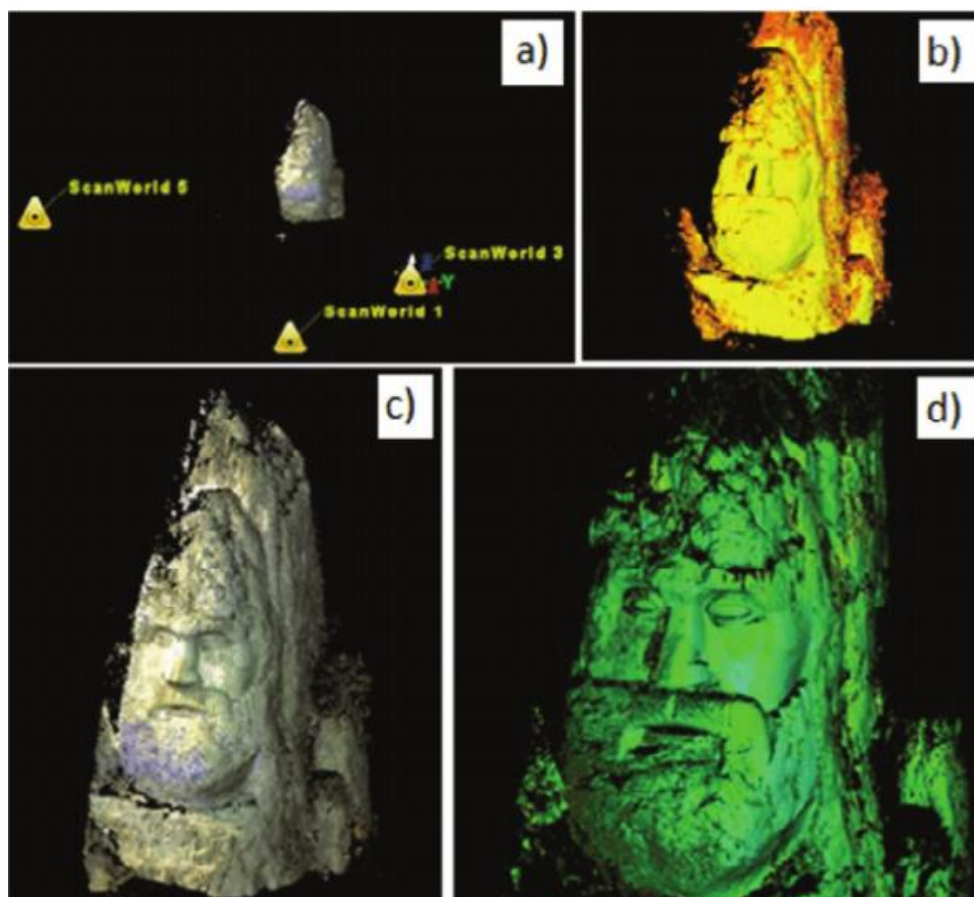


Рисунок 1.2 – Основні етапи 3D моделювання наскельного скульптури Децебала (а– розміщені точки збору даних, б – вирівнювання 3D-даних, с – інтеграція сітки, д – створена 3D модель з текстурою) [2]

На рисунку 1.3 представлено етапи створення моделі Сфінкса з гір Бучеджі.

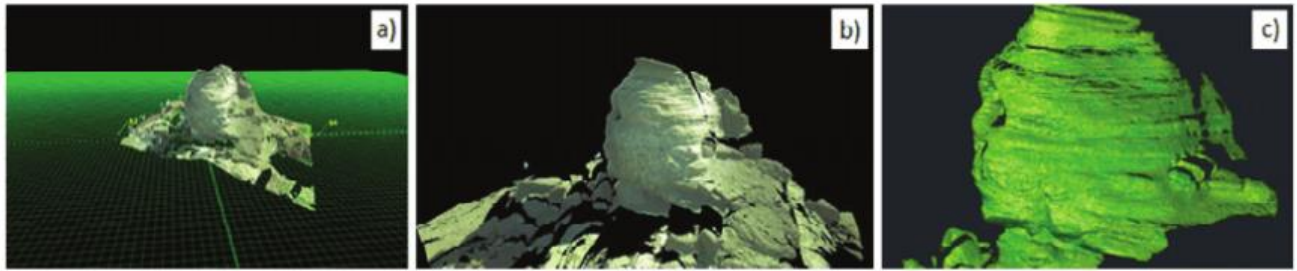


Рисунок 1.3 – Основні етапи 3D моделювання Сфінкса (а – розміщені точки збору даних, б – інтеграція сітки, с – створена 3D модель з текстурою) [2]

Прикладом, як 3D моделі допомагають при відновленні пам'яток, може слугувати те, що у 2015 році керівництво та архітектори французької компанії Art Graphique et Patrimoine (AGP) виконали детальне цифрове сканування значної частини Собору Паризької Богоматері, зафіксувавши пам'ятку до початку пожежі. У квітні 2023 року вони розповіли Fast Company, як нові та старі скани собору відіграли важливу роль у реконструкції собору. На рисунку 1.4 представлено частину 3D-моделі, надану компанією [3].



Рисунок 1.4 – Зображення 3D-моделі собору надано Fast Company [3]

Іншим прикладом вкладу 3D моделювання до збереження об'єктів спадщини є відтворення за допомогою 3D-моделювання кількох пам'яток міста Даки. Цю модель використовували не лише для збереження, але й для дослідження – створені моделі реалізовували в віртуальному середовищі, щоб дослідники могли краще аналізувати їх [4].

Також через повномасштабне вторгнення Росією до України, ми втрачаємо сотні визначних пам'яток, культурних об'єктів і звичайні будівлі. Для забезпечення збереження інформації про їх зовнішній вигляд була запущена ініціатива під назвою Backup Ukraine [5]. Її створили креативна агенція VICE, Virtue Worldwide, яка співпрацює з Blue Shield Denmark та Датською національною комісією ЮНЕСКО. Цифровізація відбувається за допомогою мобільного додатку Polycam.

З моменту запуску до ініціативи приєдналися 150 людей як волонтери, скануючи до 10 фрагментів культурної спадщини щодня і понад 6000 людей в Україні завантажили додаток для доступу до цифрового архіву. На рисунку 1.5 представлено 3D-сканування церкви Успіння Богородиці Пирогощі, що була збудована в 1132 році [5].



Рисунок 1.5 – 3D-сканування церкви Успіння Богородиці Пирогощі [5]

Тож візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни є актуальною задачею, оскільки дозволяє не тільки зберегти інформацію про зовнішній вигляд церкви, а й допоможе створити план відновлення в разі необхідності.

1.2 Аналіз існуючих аналогічних моделей

На сьогоднішній день 3D-модельовання досить широко поширене в більшості сфер нашого життя. Особливо можемо відмітити сферу архітектури, де все частіше ми можемо побачити створені макети будівель в тривимірному просторі, моделі відреставрованих та збережених об'єктів історичної спадщини та багато чого іншого.

На сайті sketchfab.com для подальшого аналізу обрано чотири моделі, що представляють культурну спадщину різних народів:

- Arlanda Uppsala Cathedral;
- Notre Dame De Paris Cathédral;
- Catedral da Sé de São Paulo;
- Church of Saint Stanislaus.

Arlanda Uppsala Cathedral

Якщо розбирати цю модель, то можна побачити, що автор досить ретельно підійшов до відтворення та деталізації будівлі (рис.1.6).

Велику увагу було приділено деталям, а саме були виконанні виступи на стінах, поглиблення під арки та вікна, хрести на верхівках башт виконані якісно. Матеріали для моделі підібрані якісні та доречні, що лише підкреслює реалістичність представленої сцени [6].

Дана модель має свою цінність при збереженні інформації про зовнішній вигляд та допоможе при створенні планів для реставрації будівлі, якщо це знадобиться в майбутньому.

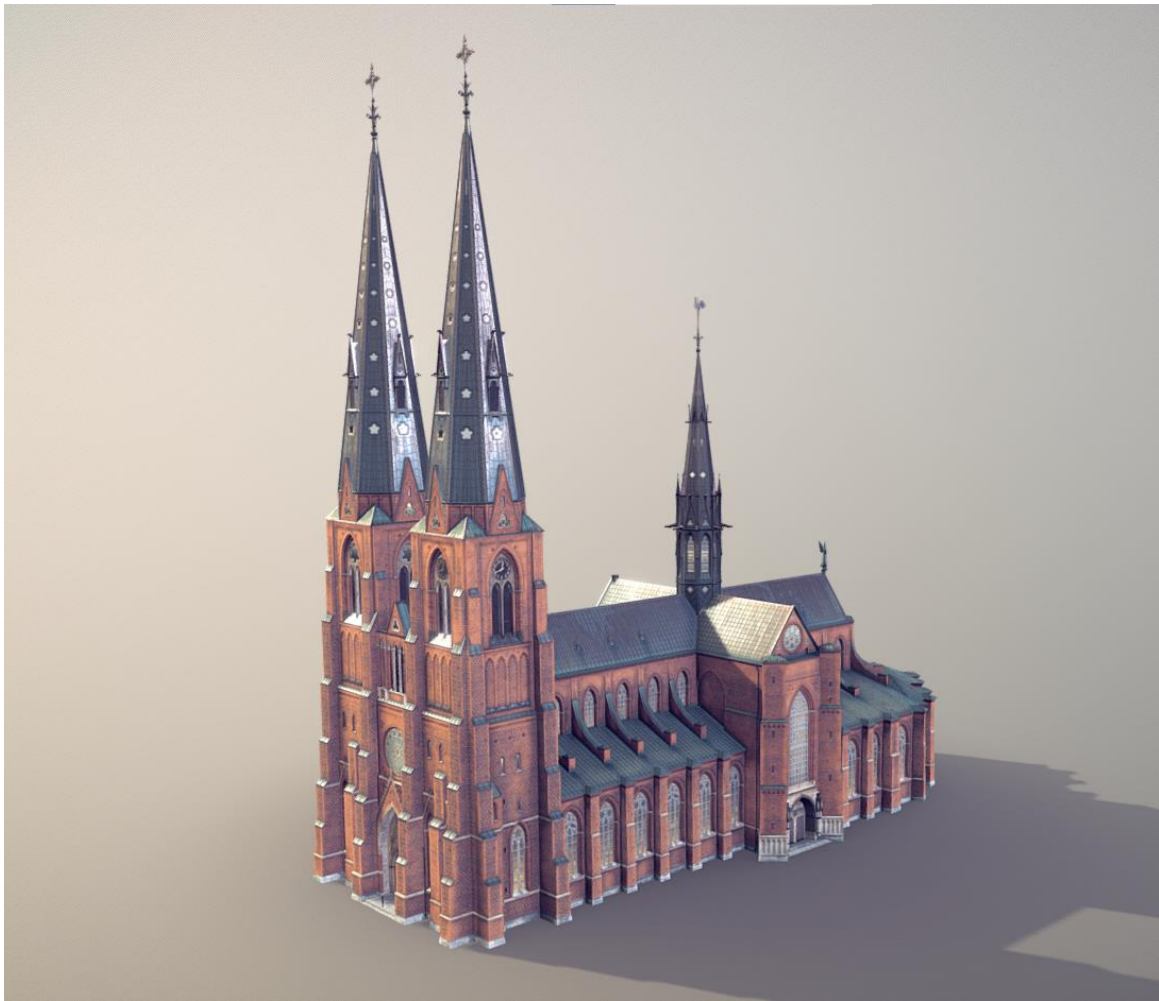


Рисунок 1.6 – Вигляд 3D-моделі Arlanda Uppsala Cathedral [6]

Notre Dame De Paris Cathedral

Дана модель представляє собою відтворення знаменитого Собору Паризької Богоматері, який також відомий під назвою Нотр-Дам-де-Парі (рис.1.7).

Автори даної моделі ретельно підійшли до відтворення оригінальної будівлі. Був відтворений барельєф на стінах та дрібні деталі по типу металевих візерунків на вікнах вітражах, деталі башт та статуєтки горгулій. Матеріали підібрані добре, підкреслюючи реалістичність моделі [7].

Дана модель вже зараз доводить свою цінність не тільки для збереження даних про зовнішній вигляд собору, але й як можливий макет при реставрації будівлі, що йде на цей момент часу.

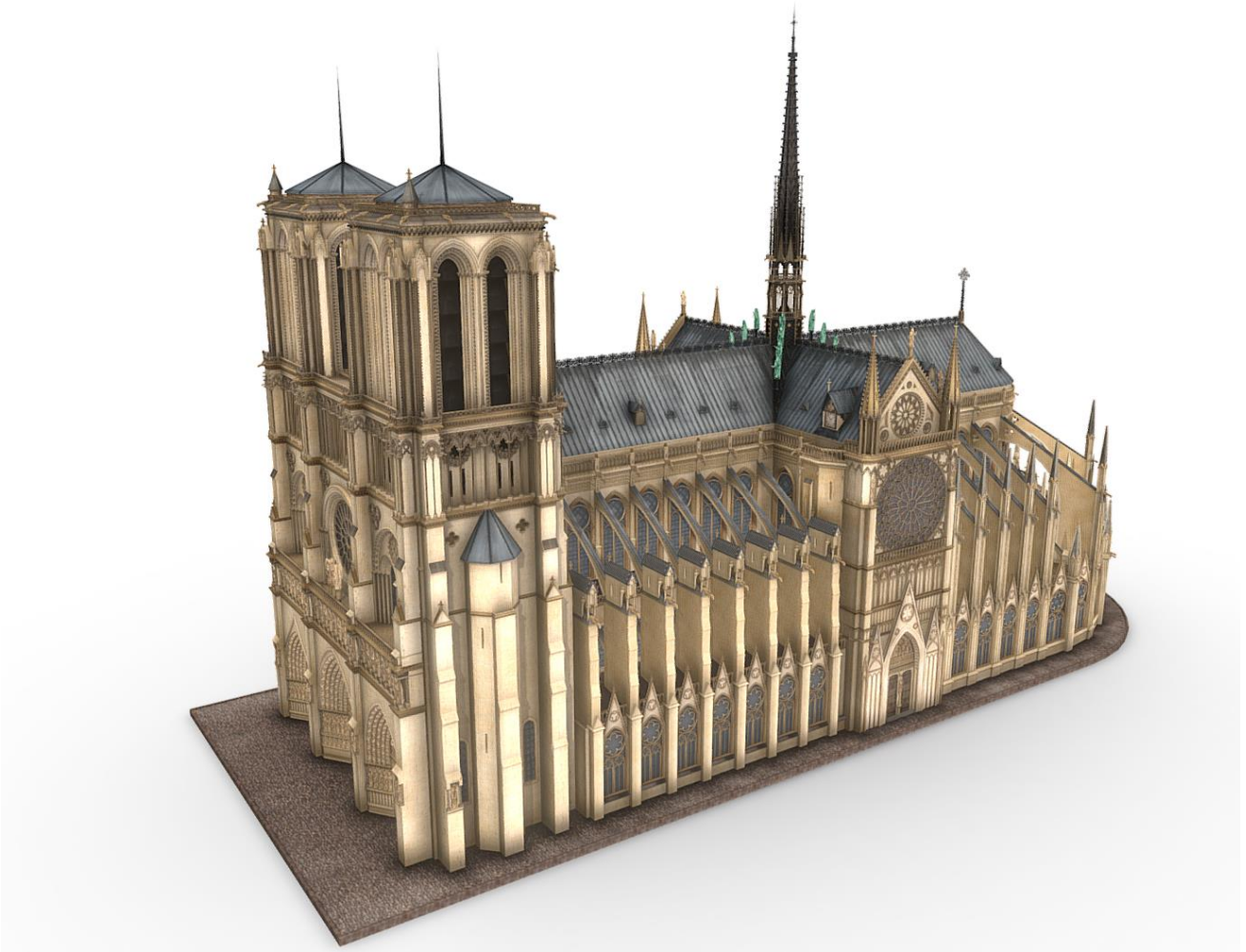


Рисунок 1.7 – Вигляд 3D-моделі Notre Dame De Paris Cathedral [7]

Catedral da Sé de São Paulo

Дана модель представляє собою відтворення Собору Сан-Пауло, що знаходиться в Бразилії (рис.1.8).

Виконання моделі реалізовано за допомогою технології 3D-сканування, через це деталізації була виконана на відносно поганому рівні, що частково згладжується матеріалами. Більшість деталей виглядають нереалістично через проблеми, що часто виникають при скануванні великих об'єктів. До таких деталей можемо віднести плоскі хрести, відсутність поглиблень на стінах та інші дрібні частинки [8].

Дана модель може бути використана для збереження інформації про зовнішній вигляд та культурної спадщини, але через досить низьку деталізацію не

може бути використана при створенні планів щодо реставрації чи вивченні особливостей будівництва.

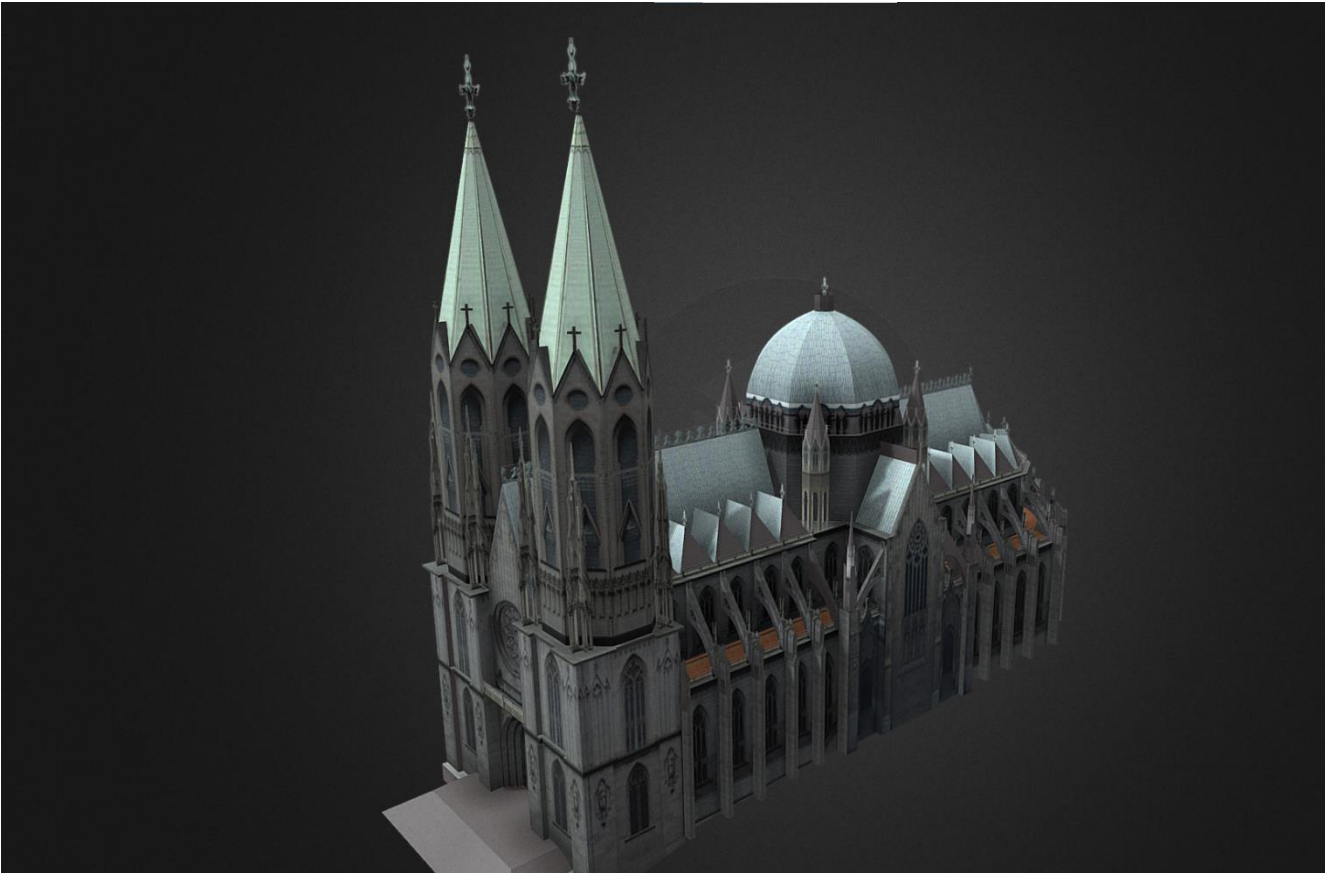


Рисунок 1.8 – Вигляд 3D-моделі Cathedral da Sé de São Paulo [8]

Church of Saint Stanislaus

На даній моделі представлено Костел святого Станіслава м. Чортків. Сама будівля поєднує в собі риси романської та готичної архітектури (рис.1.9).

Модель виконана досить якісно, не зважаючи на проблеми в деяких місцях при деталізації все виглядає природно. Особливої уваги заслуговують матеріали, використані при моделюванні. Вони надають відчуття того, що перед нами знаходиться фото в тривимірному просторі [9].

Дана модель, як і минулі розглянуті сцени, підходить для збереження культурної спадщини та для створення планів щодо можливої реставрації будівлі чи досліджень особливостей архітектури.



Рисунок 1.9 – Вигляд 3D-моделі Church of Saint Stanislaus [9]

Проаналізувавши представлені 3D моделі, ми можемо визначити критерії, що використовуються при їх порівнянні та визначенні переваг, яких потрібно дотримуватися для створення хорошої кінцевої моделі. Порівняльна таблиця 3D моделей аналогів представлена нижче (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика аналогічних 3D моделей

Критерії порівняння	3D моделі			
	Arlanda Uppsala Cathedral	Notre Dame De Paris Cathédral	Catedral da Sé de São Paulo	Church of Saint Stanislaus
Масштабність роботи (0-10)	7	8	4	7
Деталізація (0-10)	6	9	3	7
Якість налаштування матеріалів (0-10)	8	9	6	8
Використання для збереження спадщини (0-10)	8	9	7	8
Використання при реставрації (0-10)	8	10	4	7

1.3 Постановка задачі

Метою проекту є візуалізація 3D моделі проекту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни з використанням реальних зображень будівлі. Головним призначенням є збереження культурної спадщини та інформації про зовнішній вигляд церкви у вигляді 3D моделі.

Для досягнення результату треба вирішити наступні питання:

- за результатами аналізу предметної області розробити технічне завдання на проект;
- виконати планування робіт та проаналізувати можливі ризики реалізації проекту;

- розробити структуру проєкта, визначити необхідні об’єкти для моделювання;
- розробити відповідні моделі основних об’єктів сцени та елементів декору з необхідним ступенем деталізації, налаштувати для них реалістичні текстури й матеріали;
- налаштувати реалістичне освітлення в сцені;
- створити анімацію переміщення камери навколо території церкви;
- провести тестування моделі та виконати візуалізацію фінальної сцени.

Модель 3D локації має максимально точно відповідати оригінальним зображенням будівлі та території, що її оточує, матеріали повинні бути якісними та додавати реалізму кінцевому результату.

Більш детальні вимоги до проєкту описані у технічному завданні на розробку проєкту (додаток А).

1.4 Вибір засобів реалізації

Вибір програмного забезпечення для 3D-моделювання – одна з найважливіших речей для початку роботи. Кожна програма має свої власні переваги та недоліки. Тому ми маємо обрати найбільш збалансований програмний додаток для реалізації проєкту, з усіма потрібними нам інструментами для роботи [10]. Для подальшого аналізу було взято такі популярні програмні додатки: Blender 3D, Cinema 4D, 3ds Max та Maya.

Blender 3D

Одна з головних переваг Blender це те що він має відкритий вихідний код, через що сам програмний продукт є безкоштовним. Він має чудову документацію, що допомагає новачкам або вже існуючим користувачам швидко розібратись з принципами роботи та створювати неймовірні 3D-моделі. Оновлення відбуваються досить часто завдяки чому Blender швидко наздоганяє по функціоналу інші програмні додатки, що робить його надзвичайно конкурентноздатним. Програма

має великий функціонал, користувач може моделювати, створювати анімації, редагувати відео та займатися скульптингом [11].

Приклад робочого процесу у програмному додатку Blender 3D представлено на рисунку 1.10.

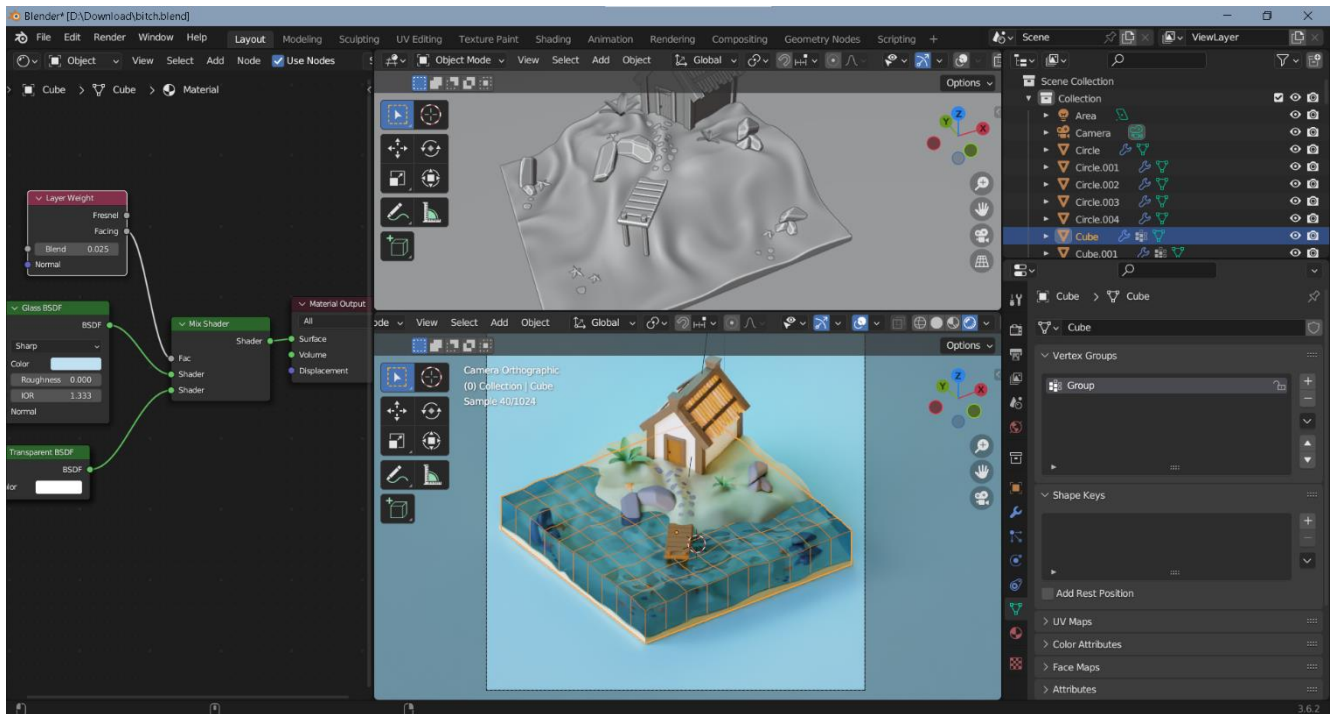


Рисунок 1.10 – Приклад робочого процесу у програмному додатку Blender 3D

Cinema 4D

Cinema 4D – це додаток з широким спектром застосування. Cinema 4D використовується для моделювання, створення анімацій та рендеренгу. Користувачі дуже швидко можуть навчитись роботі з цим додатком завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу. Велика бібліотека шаблонів, моделей та готових анімацій значно прискорюють роботу в цьому додатку. Також він має велику сумісність з такими програмними додатками, як Adobe Photoshop, Adobe Illustrator та After Effects [12].

Приклад робочого процесу у програмному додатку Cinema 4D представлено на рисунку 1.11.

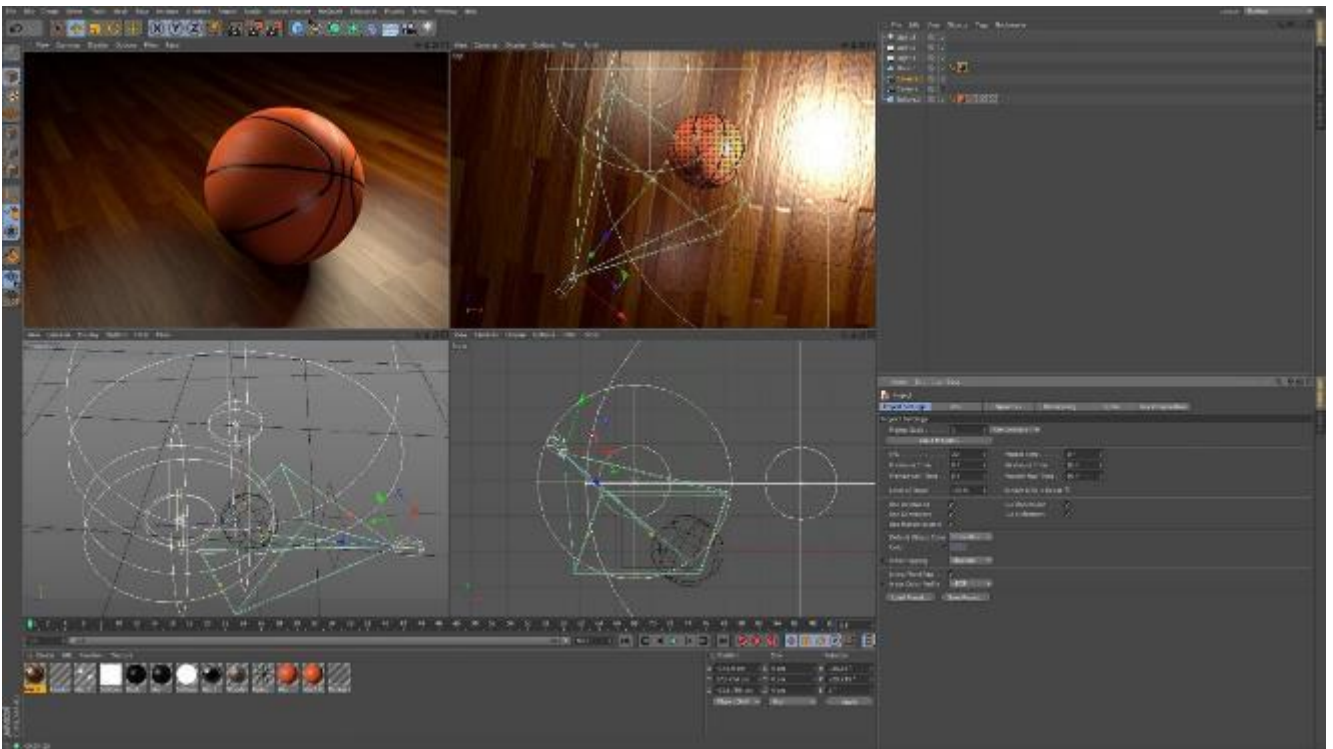


Рисунок 1.11 – Приклад робочого процесу у програмному додатку Cinema 4D

3ds Max

3ds Max – це надзвичайно багатofункціональне програмне забезпечення для 3D-моделювання та анімації, яке пропонує багато переваг[13-14]. Має велику бібліотеку моделей та велику кількість різноманітних інструментів для створення, дозволяє працювати над різними проєктами по типу візуалізації архітектури, створенні відеоігор, анімаційних фільмів та рекламних роликів тощо. Програма сумісна з великою кількістю інших додатків для 3D моделювання, дозволяє легко інтегрувати його в процес розробки [15].

3ds Max досі залишається одним з головних програмних додатків для 3D моделювання та використовується в багатьох компаніях в різних куточках світу.

Приклад робочого процесу у програмному додатку 3ds Max представлено на рисунку 1.12.



Рисунок 1.12 – Приклад робочого процесу у програмному додатку 3ds Max

Maya

Maya, як і 3ds Max, створений компанією Autodesk та має широкий спектр застосування, а саме: 3D-моделювання, анімація симуляції та візуалізація. Цей програмний продукт використовується у багатьох професійних студіях у різних галузях, таких як кіноіндустрія, телебачення та ігри. Має хороший інструментарій для моделювання та створення анімацій. Maya легко інтегрується з іншими програмами і має велику активну спільноту, що підтримує її. Хоча він і має можливість створення нових моделей, основною задачею цього додатку є робота над анімаціями [16].

Приклад робочого процесу у програмному додатку Maya представлено на рисунку 1.13.

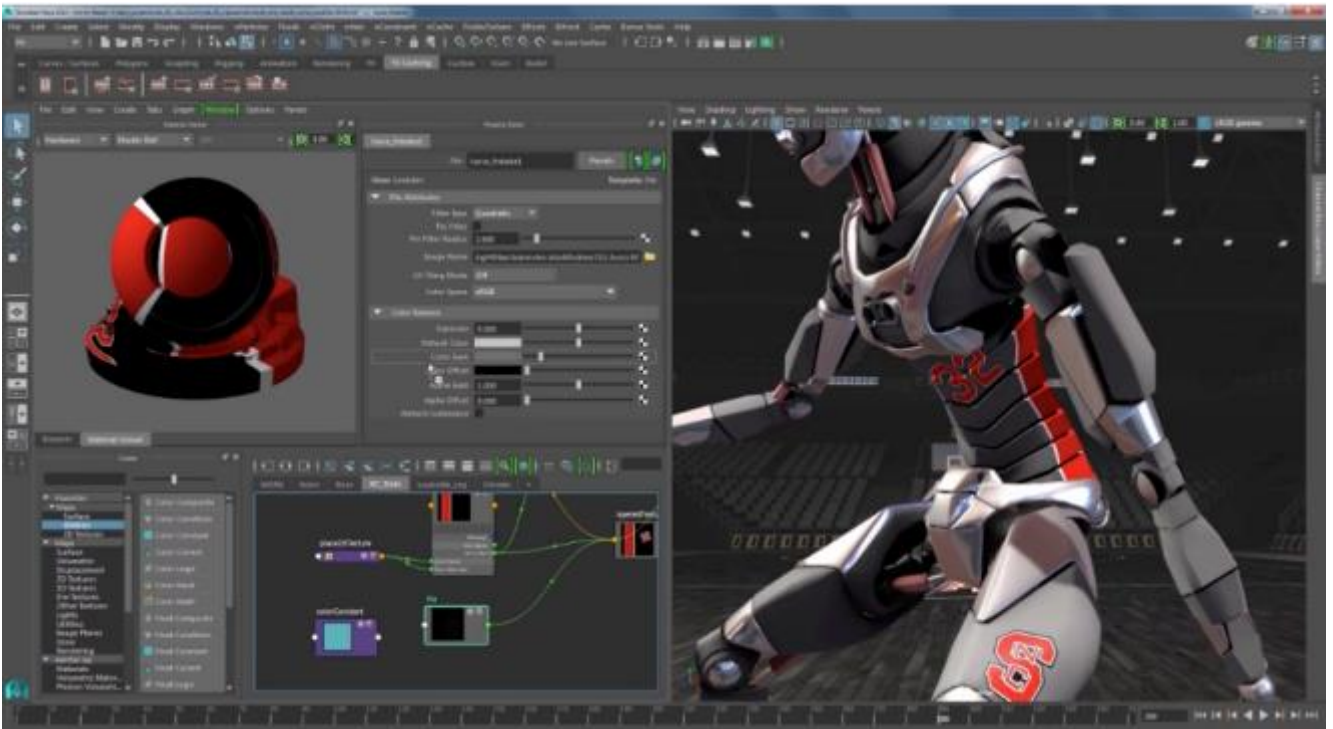


Рисунок 1.13 – Приклад робочого процесу у програмному додатку Maya

Для більшої наочності порівняння графічних редакторів складено таблицю характеристик всіх додатків для моделювання (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Порівняння додатків для моделювання

Характеристика	Додатки для 3D моделювання			
	Blender 3D	Cinema 4D	3ds Max	Autodesk Maya
Компанія	Open-source	MAXON	Autodesk	Autodesk
Рік випуску	2003	1990	1996	1998
Призначення	Моделювання, скульптинг, анімація.	Анімація професійного рівня та моделювання	3D-моделювання, анімація	Анімація, візуалізація, моделювання
Поріг входу	Середній	Легкий	Середній	Середній
Ціна	Безкоштовний	1,511 € за рік	1,875\$ за рік	1,875\$ за рік

Після детального аналізу додатків для 3D моделювання було визначено, що програмний застосунок Blender 3D для реалізації поставленої задачі підходить краще інших. Він має всі важливі та потрібні інструменти для створення проєкту [17]. Також безкоштовне поширення даного продукту дозволяє зменшити можливі витрати на проєкт.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ

2.1 Структурно-функціональне моделювання

Зручна методологія IDEF0 [18] використовується для побудови моделі проекту. Цей підхід передбачає створення простої та зрозумілої ієрархії діаграм. Спочатку створюється контекстна діаграма, яка описує в цілому систему та її взаємодію з оточуючим середовищем. Потім, за необхідності досягнення певного рівня розуміння, кожна підсистема декомпонується.

Основними частинами діаграми IDEF0 є блоки та стрілки. Блоки використовуються для позначення функції системи моделювання якої відбувається, а стрілки відображають взаємодію між цими блоками.

Діаграма нульового рівня IDEF0 даного проекту зображена на рисунку 2.1.

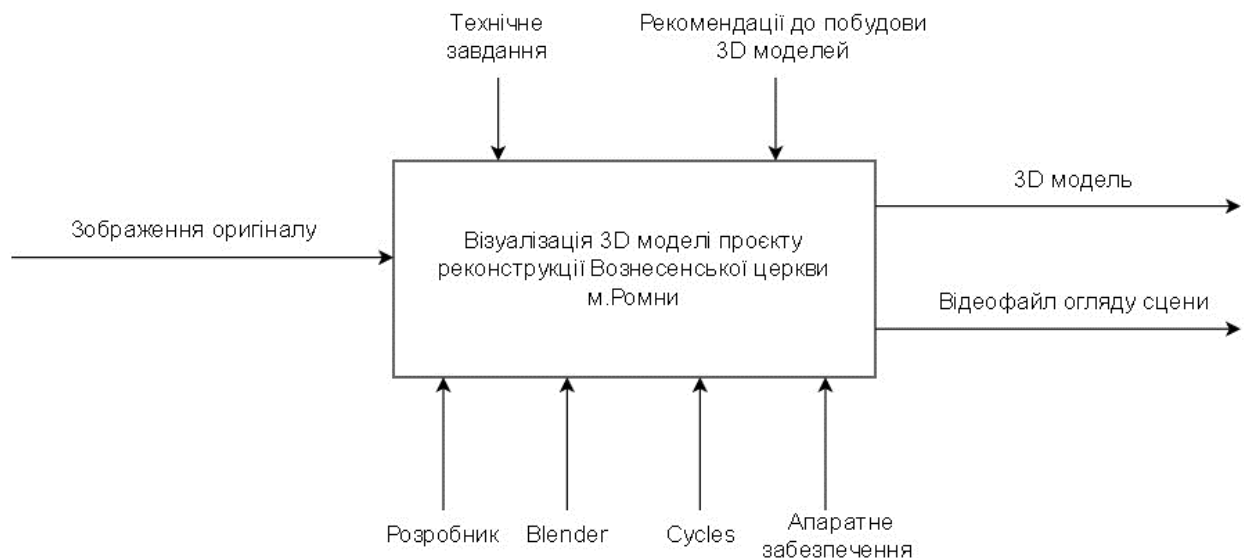


Рисунок 2.1 – Контекстна діаграма «Візуалізація 3D моделі проекту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни»

Як вхідні дані позначається зображення оригіналу. До елементів управління віднесені технічне завдання та рекомендації до побудови 3D моделей. Механізмами реалізації є розробник, Blender, Cycles та апаратне забезпечення. Вихідними даними є відеофайл огляду сцени та 3D модель.

Далі робимо декомпозицію контекстної діаграми по методології IDEF0. На рисунку 2.2 наведено діаграму декомпозиції блоку «Візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни».

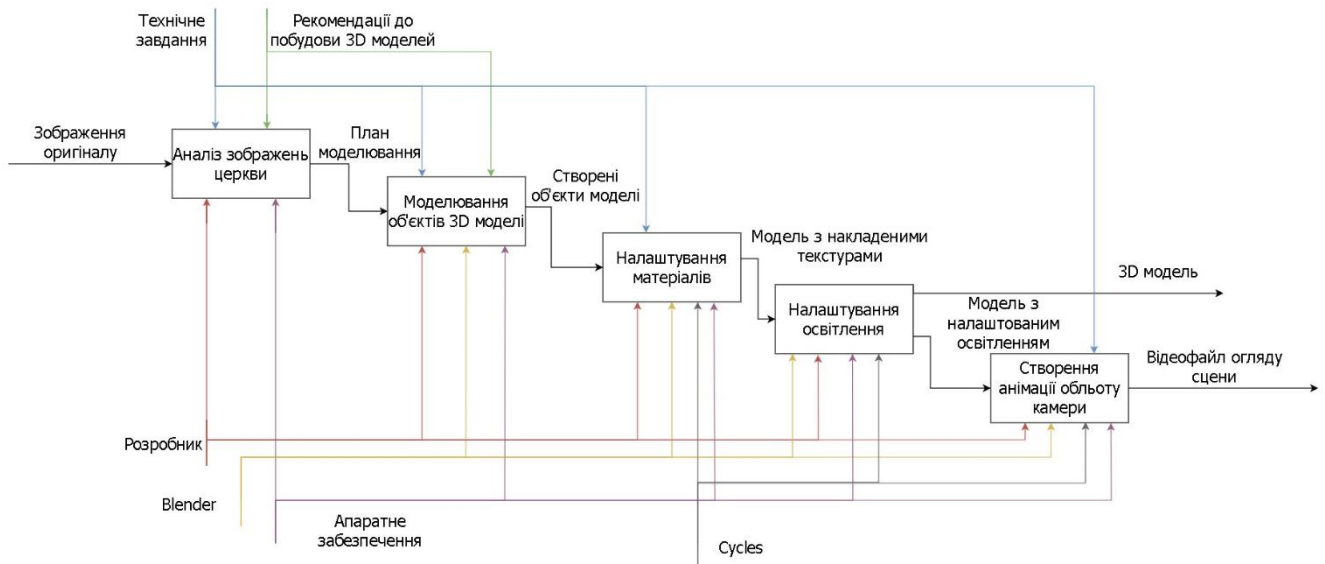


Рисунок 2.2 – Діаграма декомпозиції блоку «Візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни»

Дана діаграма декомпозиції демонструє на які підпроцеси розбивається процес візуалізації 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м. Ромни та які результати ми отримуємо після їх виконання.

1. Результатом аналізу зображень церкви буде план моделювання;
2. Результатом блоку моделювання будуть створені 3D моделі об'єктів;
3. Результатом налаштування матеріалів буде модель з накладеними текстурами;
4. Результатом налаштування освітлення буде модель з налаштованим освітленням та 3D модель;
5. Результатом створення анімації об'єкту камери буде відеофайл огляду сцени.

2.2 Діаграма варіантів використання

Наступним кроком у процесі моделювання є створення діаграми варіантів використання [19]. Вона дозволяє користувачам зрозуміти, які функції надаються системою, а також які права доступу відповідають кожній з цих функцій.

На рисунку 2.3 наведено діаграму варіантів використання.

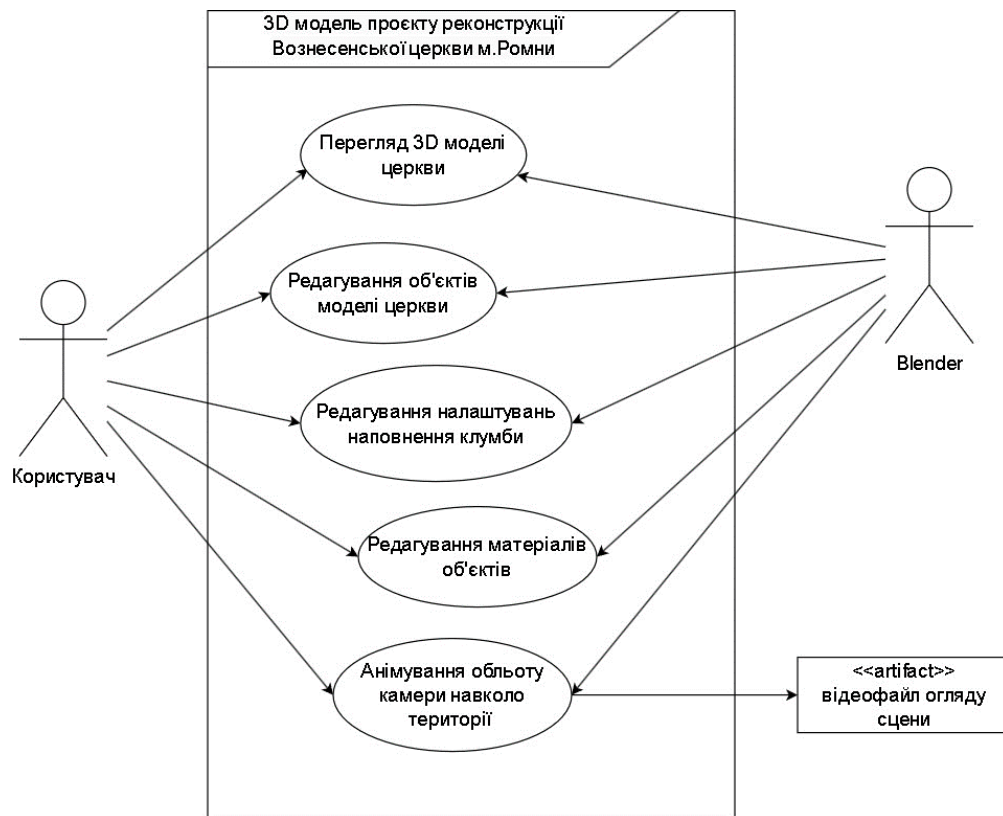


Рисунок 2.3 – Діаграма варіантів використання

В ролі актора виступає користувач. Серед варіантів використання 3D моделі проєкта Вознесенської церкви є перегляд 3D моделі церкви, редагування об'єктів моделі, редагування налаштувань наповнення клумби, редагування матеріалів об'єктів, анімування об'єкту камери навколо території.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ

3.1 Основні етапи та структура роботи

Під час підготовки до роботи над проектом було вирішено виконувати моделювання всіх потрібних об'єктів за допомогою апроксимації поверхонь багатокутниками – методом полігонального моделювання. Візуалізована модель буде низько полігональною, що дозволяє економити ресурси ПК під час створення анімації та рендеру фінального результату.

Практична реалізація моделі відбувалась поетапно. У першу чергу було виконано моделі основних будівель, а саме церкви та дзвіниці з прибудовою. Далі були відтворені елементи декору такі як паркан, решітка для нього та деяких місць моделі та місце під клумбу. Наступним етапом є налаштування матеріалів та текстур для створених об'єктів, налаштування освітлення та виконання анімації об'єкту камери. Останнім етапом є перевірка налаштувань рушія для рендеренгу, його налаштування у разі потреби та виконання візуалізації фінальної сцени у вигляді короткого анімаційного відео.

3.2 Моделювання основних об'єктів сцени

Першим кроком моделювання буде створення фундаменту церкви, з якого в подальшому буде моделюватись сама будівля. Для цього ми візьмемо один з стандартних примітивів - static mesh Circle. З яким ми будемо працювати в режимі EditMode. Далі в цьому режимі ми обрізали основне коло та додали сегменти кола, з яких будуть створені менші башти церкви. За допомогою команди Join було об'єднано сегменти в один об'єкт (рис. 3.1).

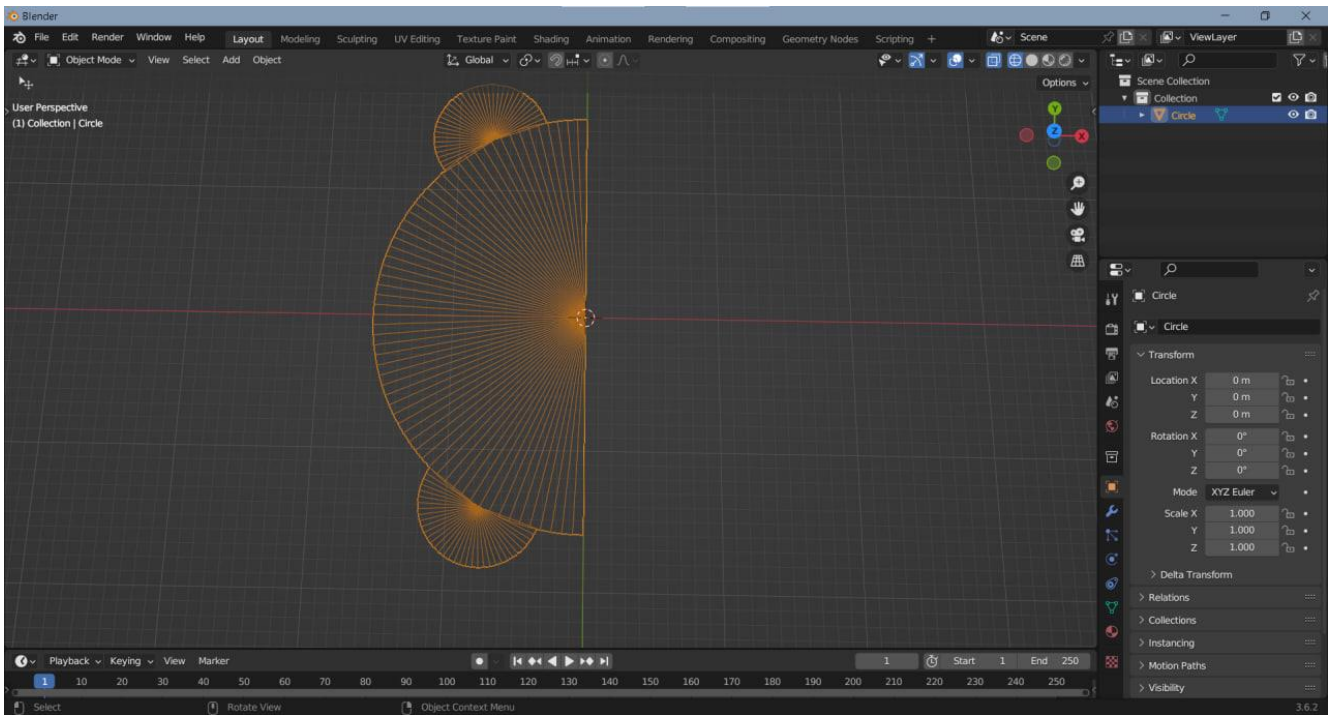


Рисунок 3.1 – Об'єднані сегменти кола

За допомогою інструменту Extrude ми утворюємо нові вершини, видавлюючи їх з вже існуючих. Тим самим ми надаємо форму стінам будівлі та деяким виступам на ній. Також було додано модифікатор Mirror для віддзеркалення існуючої моделі для полегшення моделювання (рис. 3.2).

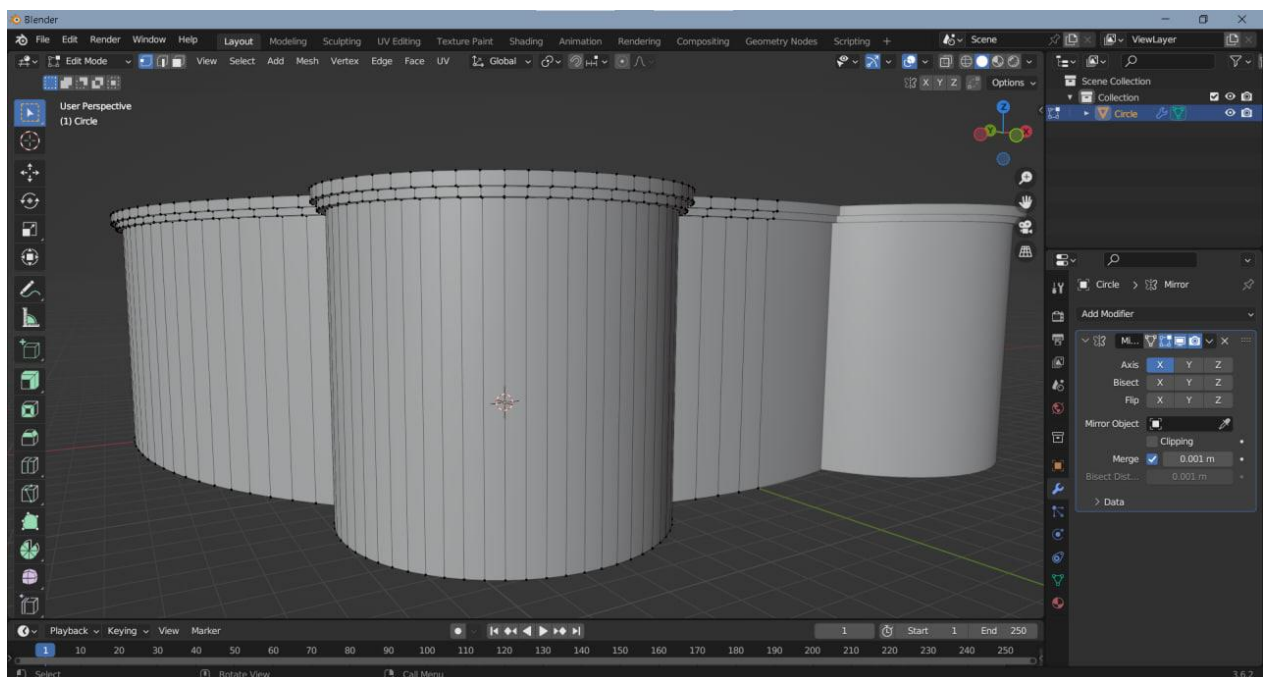


Рисунок 3.2 – Результат роботи інструменту Extrude та модифікатору Mirror

Далі утворюємо елементи даху з виїмками. Для цього ми знову використовуємо інструмент Extrude. Після за допомогою інструменту Inset утворюємо вкладку граней під майбутні виїмки. Після створення нових полігонів обираємо їх та вдавлюємо їх інструментом Extrude (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Декоративні елементи даху

Для створення вікон використовуємо інструменти Inset, Extrude та Bevel. За допомогою Inset виконуємо створення нових вкладок полігонів під майбутні вікна, за допомогою Extrude вдавлюємо їх в стіну. Інструментом Bevel виконуємо заокруглення кутів для придання кращої форми.

Утворені полігони скла відділяємо від основної моделі та виконуємо розділення на менші полігони за допомогою Loop Cut. Після чого обираємо утворені полігони та інструментом Inset створюємо нові вкладки. В налаштуваннях інструменту вмикаємо пункт Select Outer для виділення полігонів, що слугуватимуть рамками між склом, та видавлюємо їх за допомогою Extrude.

На рисунку 3.4 можна побачити результат виконання цих дій. Цей метод буде використовуватись для всіх вікон в подальшому.

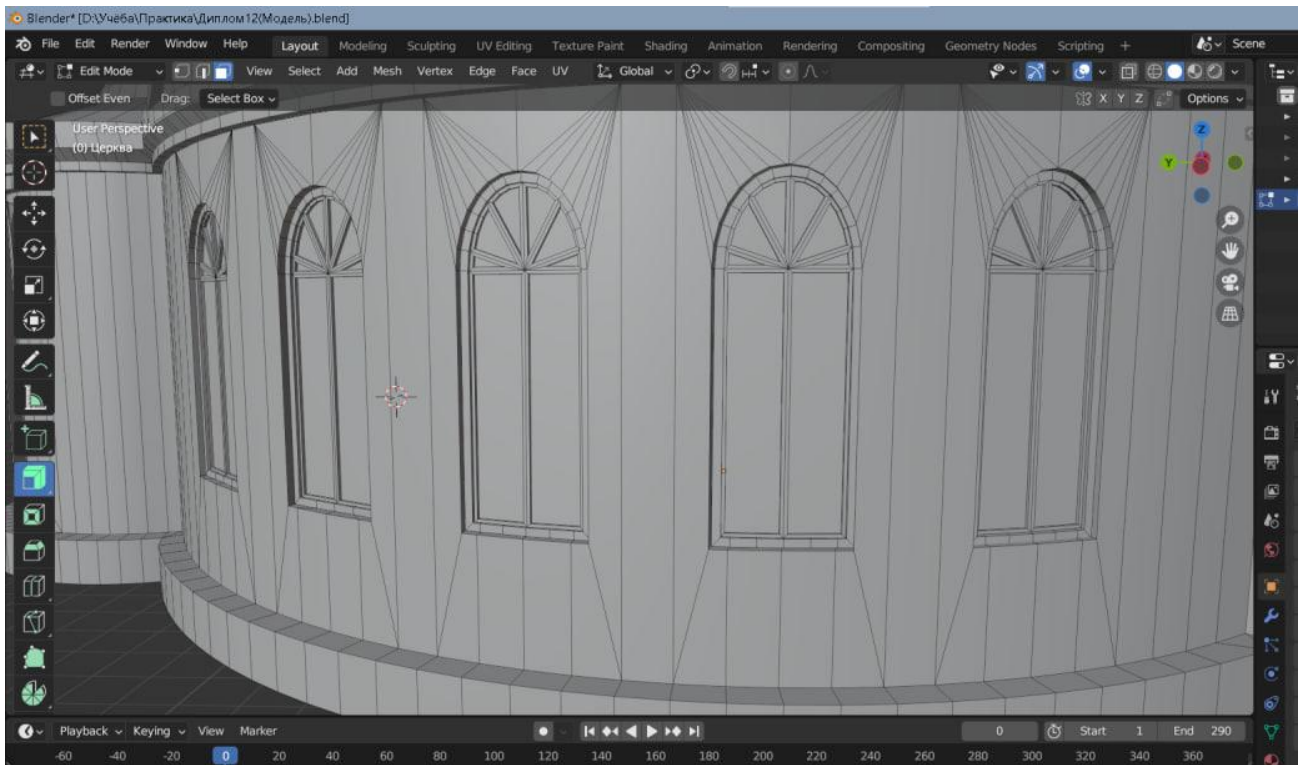


Рисунок 3.4 – Створені вікна

Тепер переходимо до створення башт церкви. Для цього за основу було взято примітив Circle, з якого за допомогою Extrude та Scale утворили стіни башти. Потім було додано примітив UV Sphere для створення куполу башти. У верхів'ї сфери були використано інструменти видавлювання та масштабування для створення меншої башти. Хрести було створено з примітивів Box.

Для створення віконних виїмок був задіяний раніше використовуваний метод. На рисунку 3.5 показано результат.

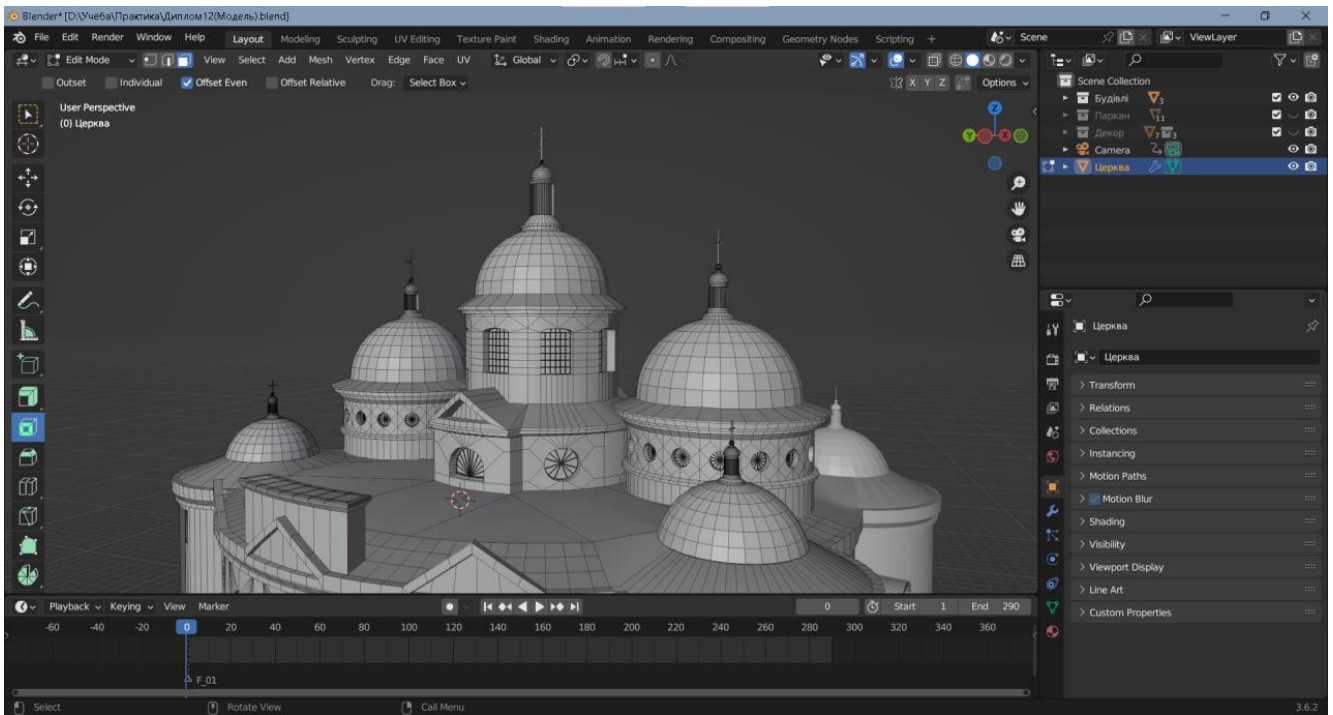


Рисунок 3.5 – Башти церкви

Наступним було виконано відтворення сходів та навісу над головним входом до будівлі, та сам вхід. Навіс та сходи було створено за допомогою Extrude. Опори для навісу утворені з примітиву Circle за допомогою полігонального моделювання та інструментів Extrude та Scale. Двері для входу моделювались за тим же методом, що й вікна. На вході було додано хрести як декоративний елемент для дверей. На рисунку 3.6 показано головний вхід до будівлі.

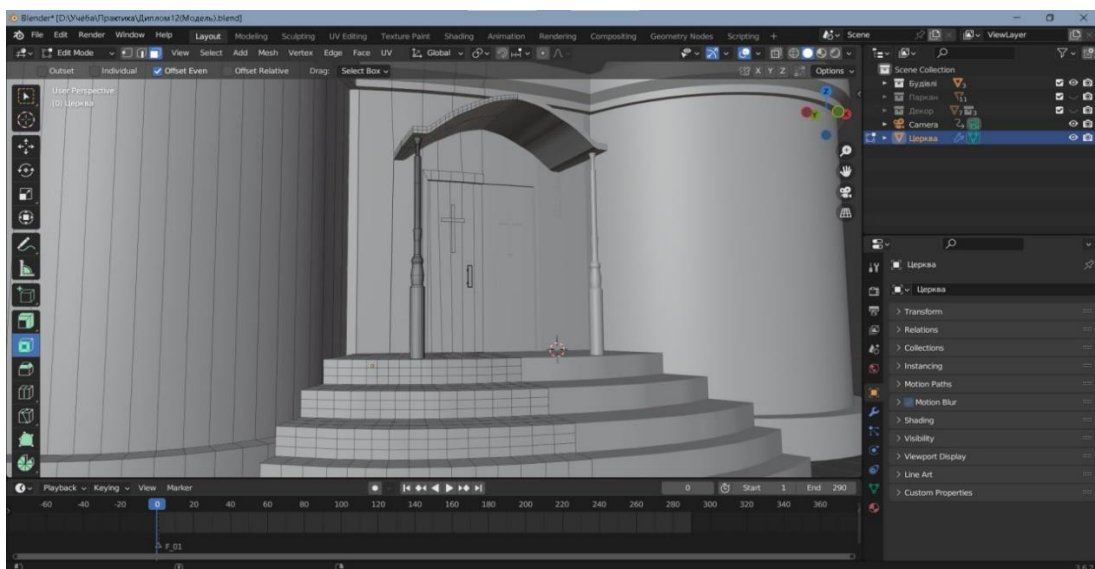


Рисунок 3.6 – Головний вхід до будівлі

За схожими методами описаними вище було виконано моделювання дзвіниці та прибудови до неї, а також основної частини паркану. Результат чого показано на рисунках 3.7-3.8.

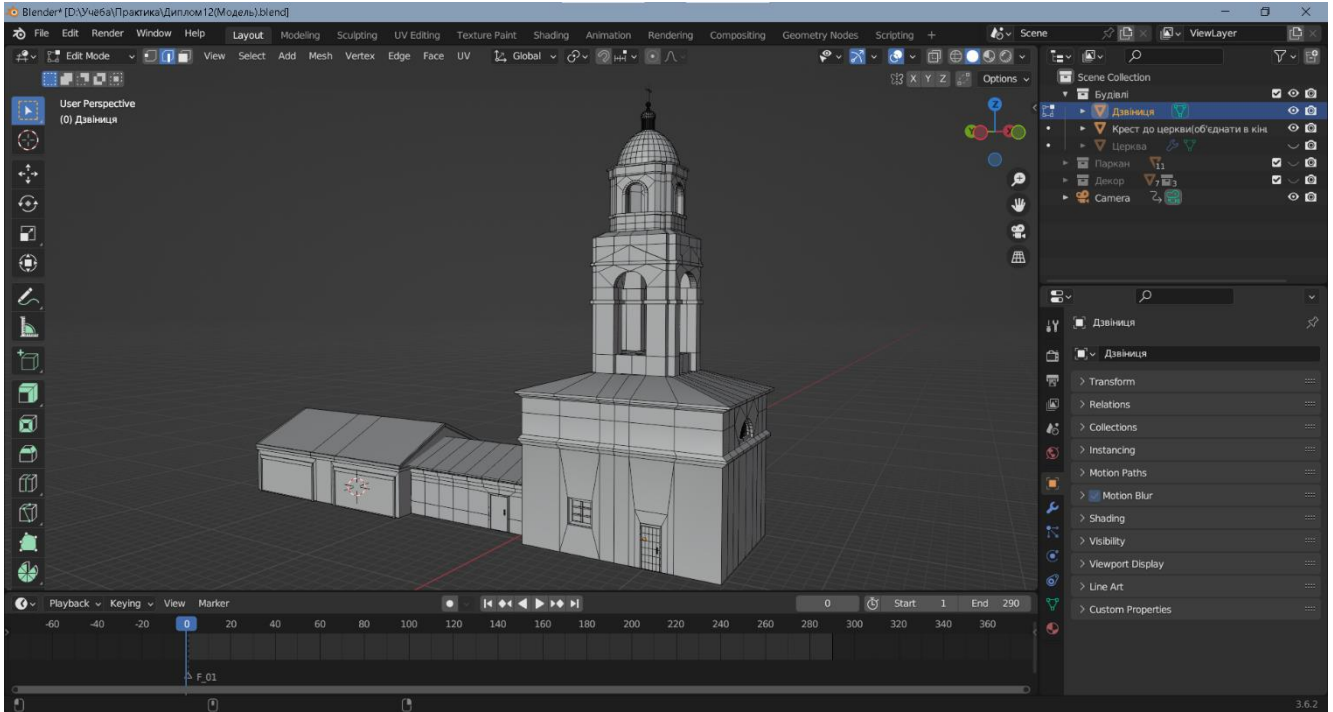


Рисунок 3.7 – Модель дзвіниці та прибудови

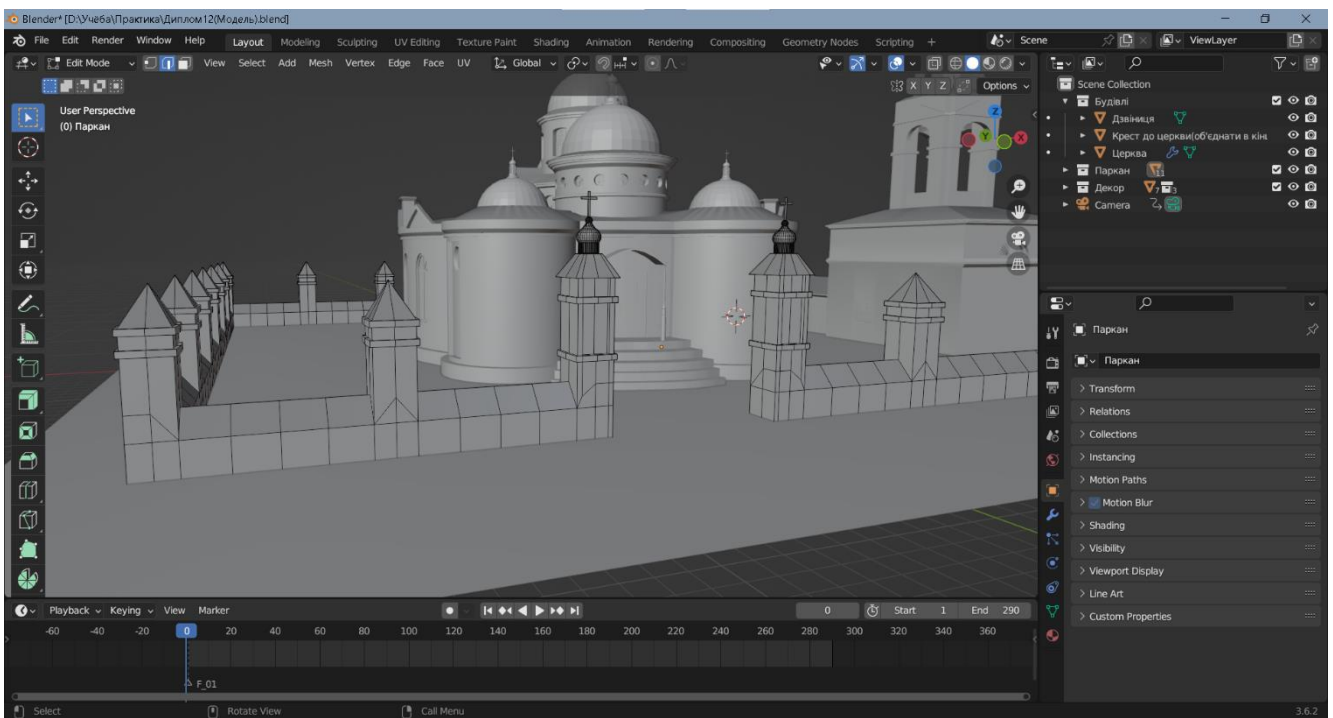


Рисунок 3.8 – Модель основної частини паркану

Решітку паркану виконано з примітиву Box з використання методів полігонального моделювання. Серед інструментів, що використовувались, – Extrude, Loop Cut, Scale, Rotate та Move. Після отримання основного пруту виконуємо розділення об’єкту за допомогою Loop Cut та виконуємо видавлювання деяких полігонів, що будуть слугувати нам з’єднанням між основними частинами. У верхів’ї видавлюємо нові полігони та за допомогою Rotate закручуємо та збільшуємо верхній полігон для створення більш цікавої форми, після цього ще раз видавлюємо його та звужуємо, поки вершини не зійдуться в одній точці – в результаті отримаємо прут для паркану. Результат наведено на рисунку 3.9.

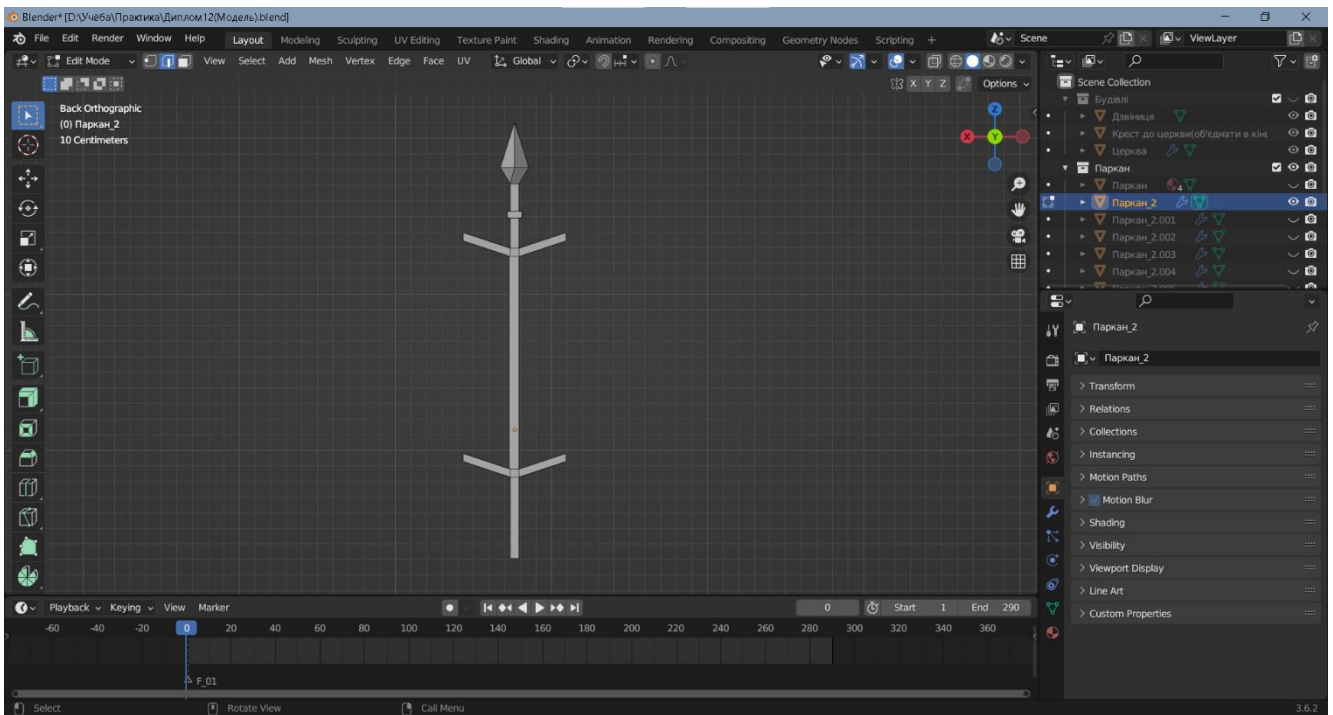


Рисунок 3.9 – Прут решітки паркану

Після чого додаємо до нього модифікатор Array та використовуємо отриману модель для покращення зовнішнього виду сцени. На рисунку 3.10 показано приклад роботи модифікатору Array.

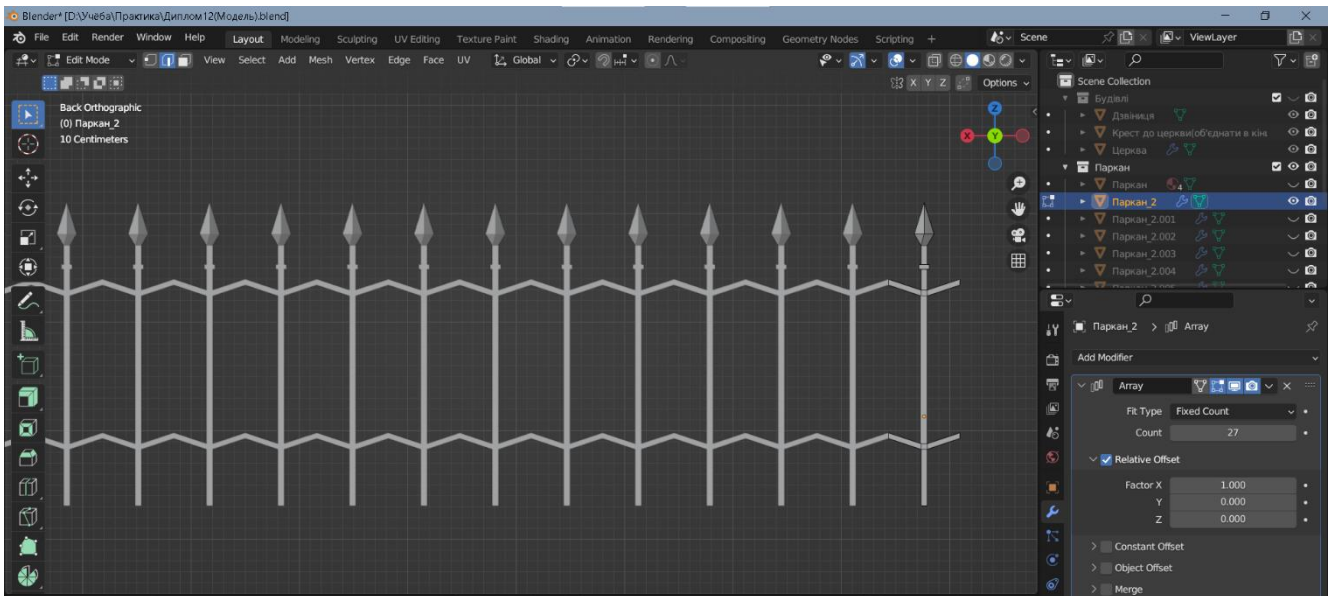


Рисунок 3.10 – Результат роботи Array

Клумба була виконана за допомогою інструментів Extrude та Bevel. Спочатку до сцени додали примітив Plane, якому за допомогою функції Subdivide було збільшено кількість полігонів. Потім, використовуючи видавлювання, було створено бордюри, та відділено в новий об'єкт функцією Separate. Результат роботи показано на рисунку 3.11.

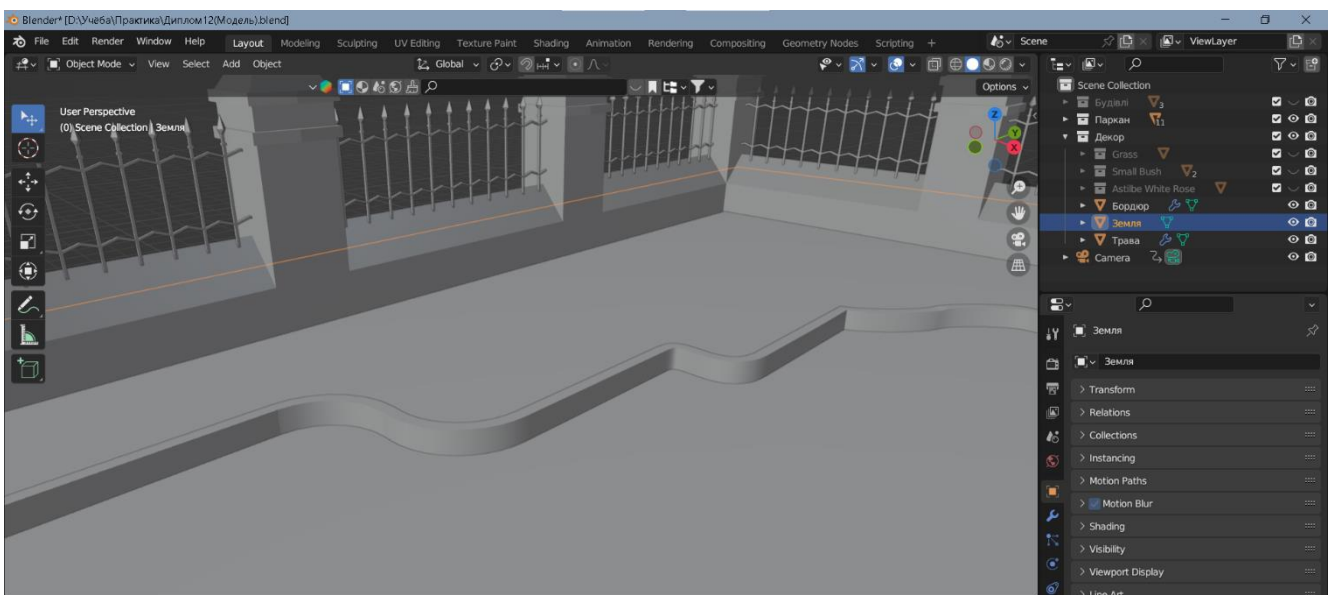


Рисунок 3.11 – Результат моделювання клумби

Для наповнення клумби було використано інструментарій Geometry node. Для об'єктів наповнення було використано моделі з бібліотеки BlenderKit [20], а саме моделі трави, кущів та квітів. Налаштування та результат використання Geometry node показано на рисунку 3.12.

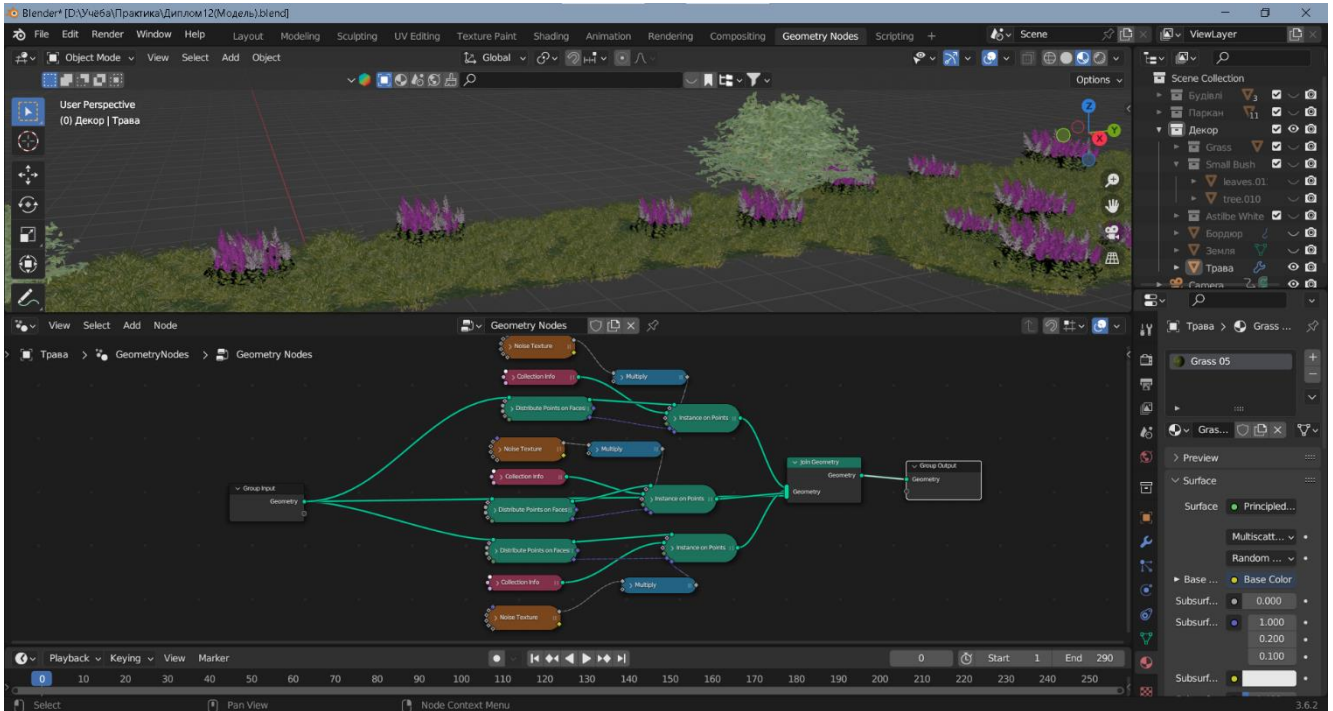


Рисунок 3.12 – Результат моделювання клумби

3.3 Налаштування матеріалів, текстур та освітлення

Для кожного елемента локації було створено текстури. Для створення текстур використовувались такі Nodes як Texture Coordinate, Mapping, Noise Texture, Color Ramp, Mix, Bump.

Інші матеріали виконувались за тією ж методикою.

Для прикладу наведено декілька матеріалів. На рисунку 3.13 представлено матеріал сходів.

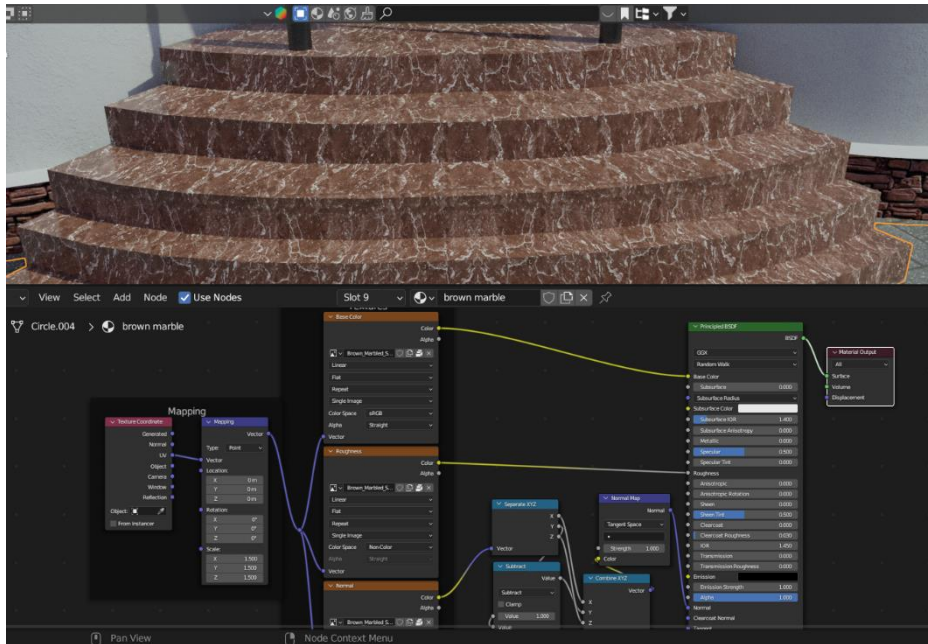


Рисунок 3.13 – Налаштування матеріалу сходів

На рисунку 3.14 наведено матеріал штукатурки на стінах.

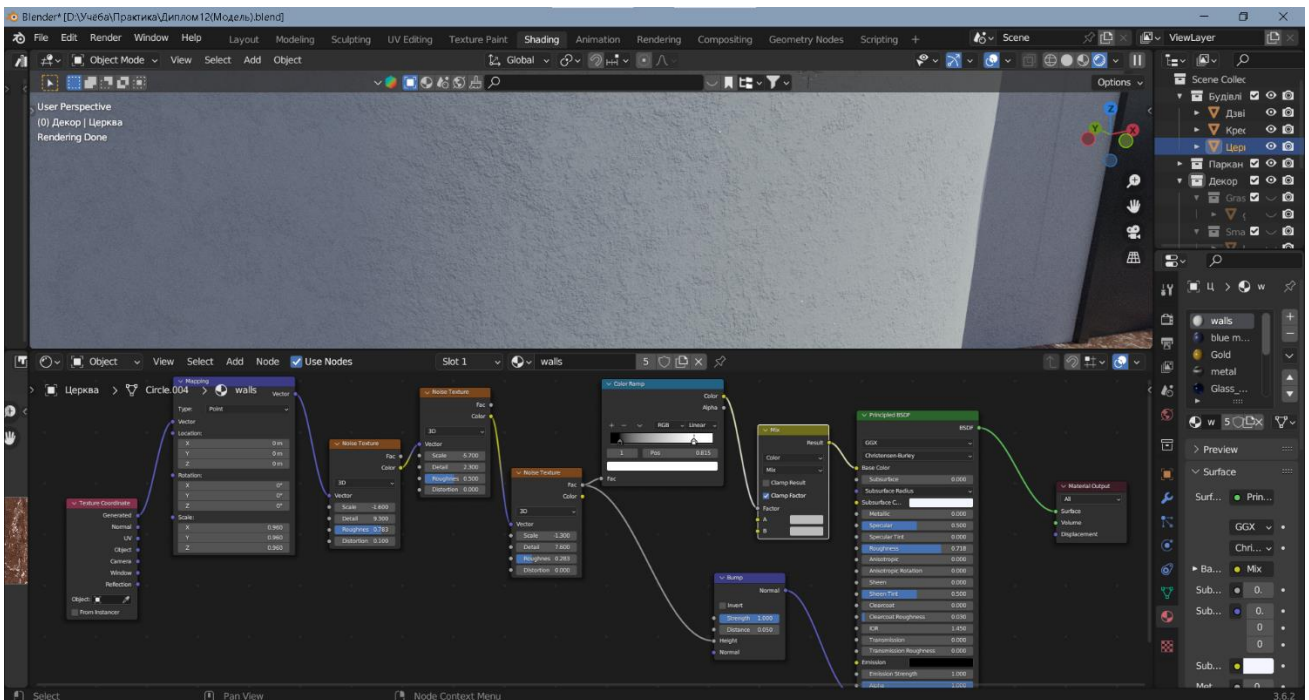


Рисунок 3.14 – Налаштування матеріалу стін

На рисунку 3.15 наведено налаштування матеріалу скла для вітражів.

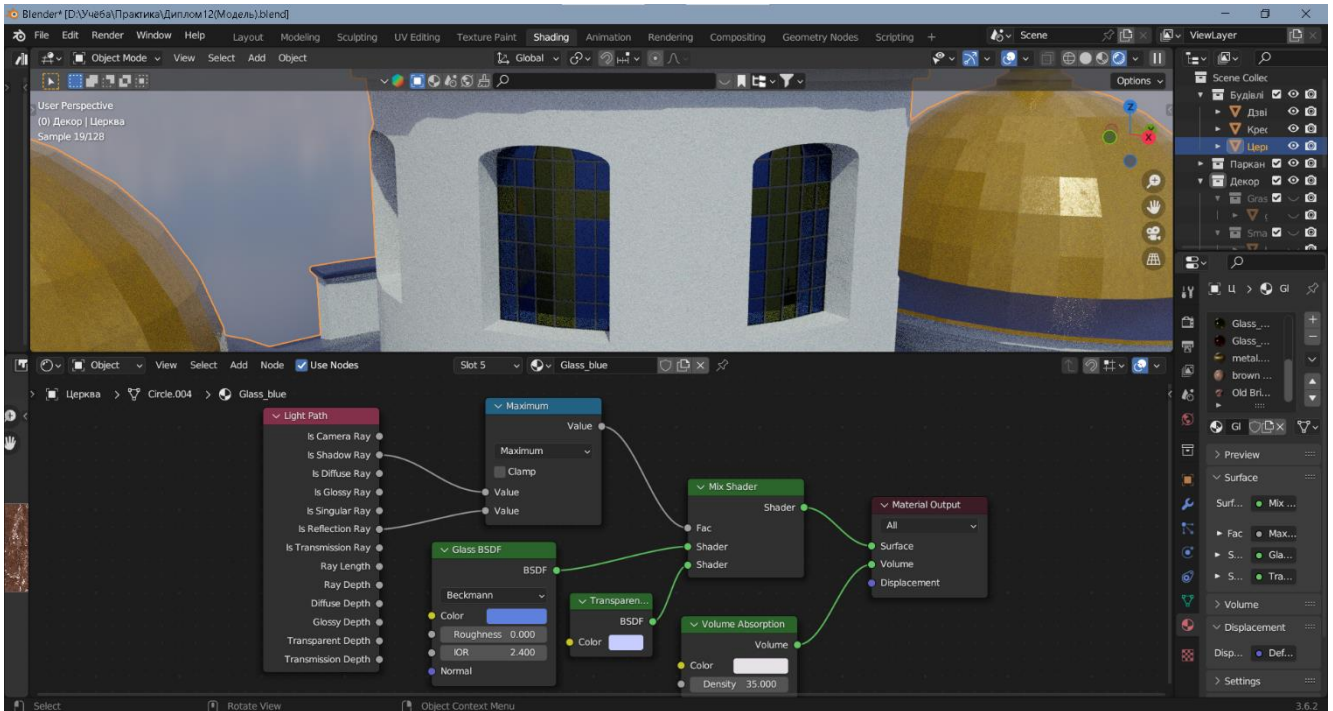


Рисунок 3.15 – Налаштування матеріалу скла

Для налаштування ефектного освітлення сцени було використано HDRІ. Ця технологія дозволяє досягти реалістичного відтворення тіней та світла за допомогою зображень з високим динамічним діапазоном.

HDRІ освітлення забезпечує природні відблиски, глибокі тіні та багаті деталі, створюючи враження реалістичної атмосфери. Сцена наповнюється життям, а глядач може відчути себе частиною цього оточення, насолоджуючись м'якими переходами від світла до тіні та природними рефлексіями.

3.4 Налаштування анімації камери та рушію візуалізації

Тепер переходимо до створення анімації об'їзду камери навколо сцени. Для цього в першу чергу потрібно створити саму віртуальну камеру, яка додається так само, як інші об'єкти до сцени. На рисунку 3.16 показано налаштування камери.

Було вирішено змінити фокусну відстань до 20 мм для здобуття більшого захвату камери. Інші налаштування залишено без змін.

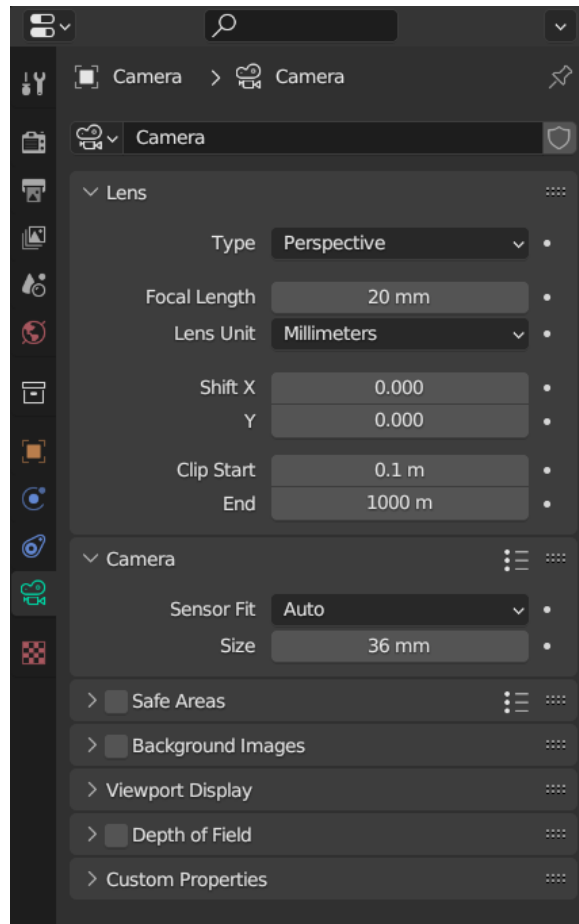


Рисунок 3.16 – Налаштування об'єкту камери

Тепер обираємо камеру та на першому кадрі в панелі Timeline додаємо ключ Location & Rotate, після цього використовуємо функцію Walk Navigation за таким шляхом View-Navigation-Walk Navigation або комбінацію клавіш за замовчуванням «Shift+`». Після переміщення камери на потрібне місце фіксуємо її вимкнувши режим Walk Navigation та додаємо новий ключ Location & Rotate. Тепер повторюємо ці кроки стільки, скільки потрібно.

На рисунку 3.17 показано Timeline з налаштованими ключовими кадрами анімації.

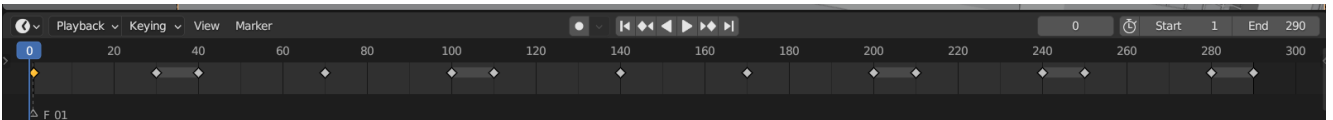


Рисунок 3.17 – Timeline з ключовими точками анімації камери

Далі виконуємо налаштування рушію візуалізації.

Для візуалізації проекту було вирішено використати рушій Cycles зі стандартними налаштуваннями. Цей рушій використовує трасування променів для створення реалістичних зображень.

Тепер виконуємо візуалізацію проекту. Для цього обираємо потрібний кадр та запускаємо функцію Render Image для зображення чи Render Animation для анімації. На рисунках 3.18-3.19 показано декілька кадрів візуалізації проекту.



Рисунок 3.18 – Кадр візуалізації з першого ракурса



Рисунок 3.19 – Кадр візуалізації з другого ракурса

Таким чином, можна зробити висновок, що поставлена задача проєкта була виконана. Було створено модель Вознесенської церкви м.Ромни та відео огляду території.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проекту було розглянуто сучасний стан досліджень в області 3D моделювання культових споруд та архітектурних пам'яток, проаналізовано аналогічні проекти.

В результаті підтверджена актуальність розробки 3D моделі проекту реконструкції церкви, враховані переваги та недоліки аналогічних продуктів та сформульовані вимоги до моделі.

Також проведено аналіз найбільш поширених додатків для 3D моделювання. За результатами порівняння переваг та недоліків кожного з них було обрано програмне забезпечення Blender 3.6 для реалізації проекту.

Сформульована постановка задачі та технічне завдання на виконання проекту. Проведено планування робіт та проаналізовано можливі ризики при виконанні проекту. Усі результати наведені у додатках А та Б.

Проведено структурно-функціональне моделювання проекту, розроблені контекстна та діаграма декомпозиції, діаграма варіантів використання моделі.

Показано поетапно практичну реалізацію проекту. Наведено основні методи та підходи, які використано при створенні моделей об'єктів та їх текстуруванні. Показано налаштування віртуальної камери та рушія візуалізації. Виконано анімацію об'єкту камери по створеній сцені.

Практичне значення 3D моделі реконструкції Вознесенської церкви у м. Ромни полягає у збереженні культурної спадщини та інформації про зовнішній вигляд, що може бути корисним для майбутніх досліджень і використання при відбудові або реставрації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. What is 3d modelling in architecture? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.thecadroom.com/blog/what-is-3d-modelling-in-architecture/>
2. Calin M. et al. 3D Modeling for Digital Preservation of Romanian Heritage Monuments // Agriculture and Agricultural Science Procedia ISSN 2210-7843. 2015. Vol. 6. P. 421–428.
3. Digital reconstruction: how can modern technologies help preserve architectural heritage? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://rubryka.com/en/article/3d-skanuvannya-arhitektury/>
4. Ahmed S. et al. Preserving heritage sites using 3D modeling and virtual reality technology // ICCSP '19: Proceedings of the 3rd International Conference on Cryptography, Security and Privacy. 2019. 267–272 p.
5. Ukrainians are using 3D technology to preserve hundreds of cultural artifacts in a digital archive, far away from Russia's attacks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://edition.cnn.com/style/article/ukraine-uses-3d-technology-to-preserve-cultural-heritage/index.html>
6. Arlanda Uppsala Cathedral [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sketchfab.com/3d-models/arlanda-uppsala-cathedral-9c91370bec27494ca3c64a3a3ea9964d>
7. Notre Dame De Paris Cathédral [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sketchfab.com/3d-models/notre-dame-de-paris-cathedral-d2bfad438659439eb38f0d261426f6e2>
8. Catedral da Sé de São Paulo [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sketchfab.com/3d-models/catedral-da-se-de-sao-paulo-a2e7c359bdbf4a4682dd165a2397fb36>
9. Church of Saint Stanislaus [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sketchfab.com/3d-models/church-of-saint-stanislaus-563ae95af7084d74869fe7f6daa1717e>

10. У світі тривимірної творчості: путівник для початківців у 3D моделюванні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://cloud.itstep.org/blog_3/into-the-world-of-3d-creativity-a-beginners-guide-to-3d-modeling

11. Dovramadjiev T. Modern accessible application of the system Blender in 3D design practice // Publishing House “Union of Scientists - Stara Zagora.” 2015. P. 10 – 13.

12. Cinema 4D reviews [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.softwareadvice.com/vector-graphics/cinema-4d-profile/reviews/>

13. Лотошинська Н.Д., Ізонін І.В. Технології 3D-моделювання в програмному середовищі 3ds Max з дисципліни «3D-графіка»: навч.посібник / Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2020. – 216 с.

14. ASCENT. Autodesk 3ds Max 2022 Fundamentals. Published by ASCENT, 2021. 696 pp.

15. Пуга Verner, Alexander Tverdohleb, Victoria Dytiuk. Analysis of renderer systems in Autodesk 3D Max. // Conference: Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2020 (СИТЕРТМТІ'2020). April 2020, Dnipro, Ukraine. – P. 188-196.

16. Kelly L. Murdock. Autodesk Maya 2022 Basics Guide. SDC Publications, 2021. – 648 pp.

17. John M. Blain. The Complete Guide to Blender Graphics, 7th Edition. A K Peters/CRC Press, 2022. – 626 p.

18. Проектування інформаційних систем: Комп'ютерний практикум: навч. посібник для студентів спеціальності 122 “Комп'ютерні науки” для всіх спеціалізацій / Укладачі: Л. М. Добровська, О.В. Аверьянова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021 – 202 с.

19. How a UML use case diagram can benefit any process [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://nulab.com/learn/software-development/how-a-uml-use-case-diagram-can-benefit-any-process/>.

20. BlenderKit [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.blenderkit.com>

21. Постановка цілей по SMART [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdatu.edu.ua/images/vihovna-robota/psiholog/ps10.pdf>

22. ДСТУ ISO 21511:2022 Ієрархічні структури робіт для управління проектами та програмами [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://pmdoc.ua/iso/iso21511/>

ДОДАТОК А.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на створення графічного продукту
«Візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції
Вознесенської церкви м.Ромни»

ПОГОДЖЕНО:

Доцент кафедри інформаційних технологій

_____ Баранова І.В.

Студент групи ІТ-02

_____ Копитенко О.С.

Суми 2024

1 Призначення й мета створення 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни

1.1 Призначення 3D моделі

Головним призначенням даного проєкту є збереження культурної спадщини та інформації про зовнішній вигляд Вознесенської церкви м.Ромни у вигляді 3D моделі.

1.2 Мета створення 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м.Ромни

Головна мета – створення візуальної моделі «Вознесенської церкви» міста Ромни, використовуючи реальні зображення будівлі в застосунку Blender, відтворення якісних матеріалів та зображення фінального результату візуалізації.

1.3 Цільова аудиторія

Цільовою аудиторією даного проєкту є досить різноманітна група людей з якої можна виділити такі основні групи:

Історики та культурологи: Використання 3D моделі для дослідження архітектурних особливостей даної будівлі.

Архітектори: Можливе використання моделі при плануванні чи вирішенні можливих проблем, що будуть пов'язані з реставрацією будівлі в реальному житті.

Місцеві мешканці та туристи: Отримання кращого уявлення про зовнішній вигляд церкви після її реконструкції.

Організації з охорони культурної спадщини: Використання для аналізу планів по реконструкції будівлі та надання рекомендацій для збереження оригінального стилю будівництва.

2 Вимоги до 3D моделі реконструкції церкви

2.1 Вимоги до 3D моделі реконструкції церкви в цілому

Візуалізації 3D моделі повинна відповідати оригінальній будівлі, максимально відтворюючи всі можливі деталі.

Моделювання виконується за допомогою програмного продукту Blender 3.6, налаштування та застосування матеріалів, візуалізація фінального результату у вигляді короткої анімації обльоту камери навколо території – програмним продуктом Blender.

2.2 Вимоги до функції моделі

Модель має бути достатньо гнучкою, щоб її можна було використовувати в різних проектах, наприклад, для вивчення методів будівництва, певних історичних чи культурних особливостей, розробки планів будівництва чи реконструкції тощо.

2.3 Вимоги до програмного та апаратного забезпечення

Системні вимоги для моделювання і використання локації повинні відповідати таким:

- ОС: Microsoft® Windows 10/11;
- ЦП: 64 бітний багатоядерний процесор;
- Пам'ять: мінімум 4 ГБ ОЗУ(рекомендується 8 ГБ або більше);
- Відеокарта: графічна карта з підтримкою OpenGL 3.2 із 4 ГБ ОЗУ;
- Дисплей: монітор з підтримкою роздільної здатності 1920 x 1080 та 24-бітовим кольором;
- Місце: 2 ГБ або більше вільного дискового простору для встановлення.

3 Структура проєкту 3D моделі реконструкції церкви

3.1 Наповнення 3D моделі реконструкції церкви

В 3D моделі реконструкції церкви повинні знаходитись моделі церкви, дзвіниці, внутрішній двір з елементами декору, рослинність та паркан, що оточує територію церкви.



Рисунок А.1 – Зовнішній вигляд церкви

3.2 Дизайн 3D моделі реконструкції церкви

Під час роботи над 3D моделлю важливо враховувати оригінальний стиль будівництва, для збереження історичних та культурних особливостей. Модель має максимально точно відповідати оригіналу в плані матеріалів відтворення. Для

досягнення реалізму буде виконано відтворення навколишнього середовища та декору прилеглого до території церкви.

4. Склад і зміст робіт зі створення 3D моделі реконструкції церкви

Докладний опис етапів роботи зі створення 3D моделі локації наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Етапи створення 3D моделі реконструкції церкви

№	Склад і зміст робіт	Строк розробки
1	Дослідження предметної області проєкту	3 дні
2	Складання технічного завдання	4 дні
3	Пошуки прототипів та аналогів	3 дні
4	Моделювання основної частини церкви	8 днів
5	Моделювання дзвіниці	6 днів
6	Моделювання та додавання елементів декору	3 дні
7	Робота над відтворенням матеріалів	8 днів
8	Робота над освітленням моделі	2 дні
9	Налаштування камери та перевірка рендеру	1 день
10	Виправлення помилок	2 дні
	Загальна тривалість робіт	40 днів

ДОДАТОК Б. ПЛАНУВАННЯ РОБІТ

Метою даної роботи є розробка 3D моделі реконструйованої церкви м. Ромни для збереження інформації про її зовнішній вигляд та використання моделі в різних проєктах по типу досліджень особливостей архітектури чи створенні планів реконструкції.

Для досягнення мети проєкту необхідно виконати наступні задачі:

- планування робіт;
- дослідження предметної області;
- аналіз зображень оригінальної будівлі;
- моделювання будівлі церкви та дзвіниці;
- моделювання декору та прилеглої території;
- налаштування сцени та освітлення;
- організація анімації об'єкту камери;
- здійснення візуалізації;
- підготовка необхідної документації.

Б.1 Деталізація мети проєкту методом SMART

Деталізацію мети проєкту виконуємо за допомогою SMART-методу. Якщо описувати цей метод, то його можна розшифрувати наступним чином[21].

Specific (S): Точне описання цілей збільшує їх досяжність.

Measurable (M): Прогрес вимірюється для оцінки успішності.

Achievable (A): Реалістична оцінка власних можливостей.

Relevant (R): Проєкт повинен мати значення та бути реалістичним.

Time-bound (T): Проєкт має конкретні терміни виконання.

Ці критерії дозволяють більш ефективно планувати роботу та забезпечують хороший контроль над реалізацією проєкту візуалізації 3D моделі реконструкції Вознесенської церкви м. Ромни.

Отже, ми можемо визначити мету нашого проєкту, керуючись аспектами цього методу. Дані про мету містяться в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Формалізація мети за технологією SMART

Specific	Візуалізація 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м. Ромни, яка буде максимально точно відтворювати оригінальну будівлю
Measurable	Даний проєкт не є комерційним, тому результатом його роботи буде оцінка керівника проєкту
Achievable	Для виконання проєкту є затверджена тема кваліфікаційної роботи, спеціалізовані знання у виконавця, доступ до програмного продукту Blender
Relevant	Розробка візуалізації 3D моделі проєкту реконструкції Вознесенської церкви м. Ромни відповідає меті збереження культурної спадщини України у вигляді зручної моделі
Time-bound	Проєкт має встановлені часові рамки, які затверджуються на початкових етапах розробки. Виконання роботи виконується з оглядом на обмеження в часі

Б.2 Планування змісту робіт та структури виконавців

Планування змісту робіт. WBS (Work Breakdown Structure – ієрархічна структура робіт) – це графічний вигляд елементів проєкту, які згруповані ієрархією у єдине ціле з продуктом проєкту. Структура декомпозиції робіт орієнтована на досконале виконання робіт по частинам і сама є ключовою частиною проєкту, яка спрямована на організацію командної роботи. На найвищому (першому) рівні розміщений продукт проєкту. Основні дії та заходи, що забезпечують досягнення мети проєкту, зафіксовані на другому рівні декомпозиції. Декомпозиція робіт виконується до тих пір, поки вони не стануть елементарними (простими).

Елементарні роботи – це дії, які мають однозначний чіткий результат, на які призначена відповідальному одна конкретна особа, для якої можна обчислити витрати праці і тривалість виконання.

На рисунку Б.1 представлено WBS з розробки проєкту.

Наступним етапом після декомпозиції процесів є розробка організаційної структури виконавців або OBS, яка визначається як графічна структура відображення учасників або відповідальних осіб, які беруть участь у реалізації проєкту. У ролі відповідальних осіб виступають співробітники, що відповідають за організацію і виконання елементарної роботи, що зазначена у WBS. Кожну елементарну роботу можна розглядати як окремий проєкт.

На рисунку Б.2 представлено організаційну структуру планування проєкту. Список виконавців, що функціонують в проєкті описано в таблиці Б.2.

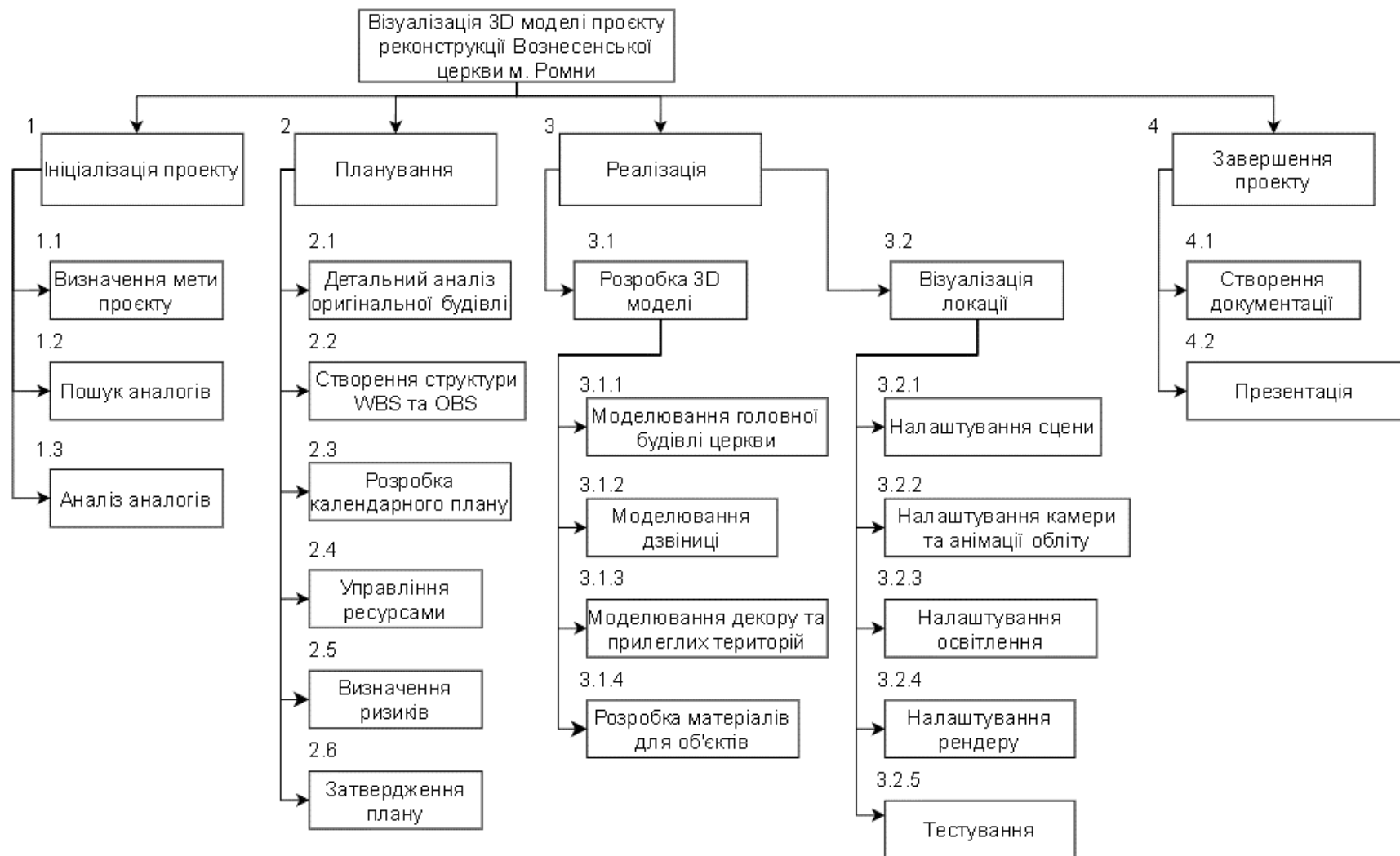


Рисунок Б.1 – WBS-структура робіт проекту

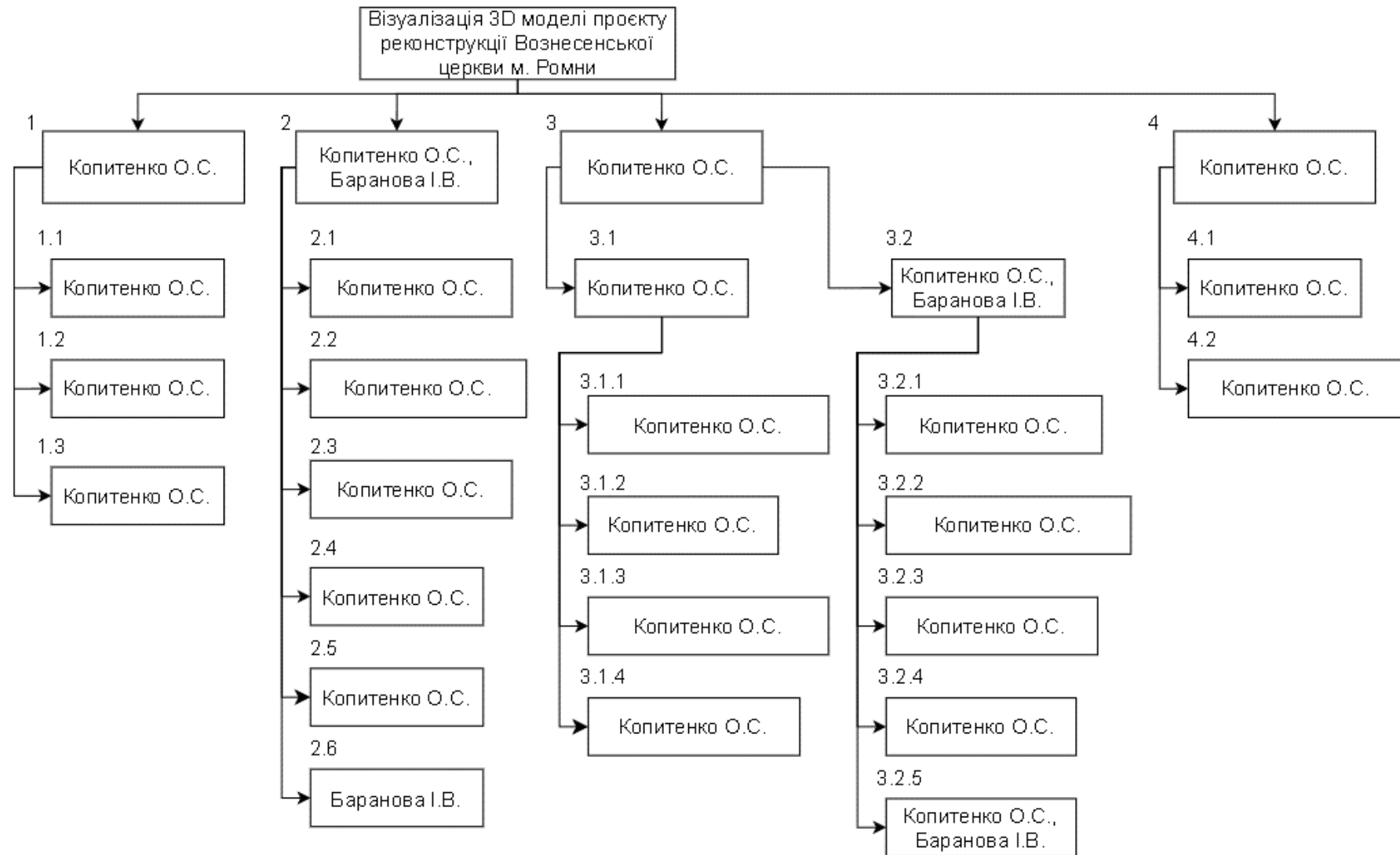


Рисунок Б.2 – OBS-структура робіт проекту

Таблиця Б.2 – Виконавці проєкту

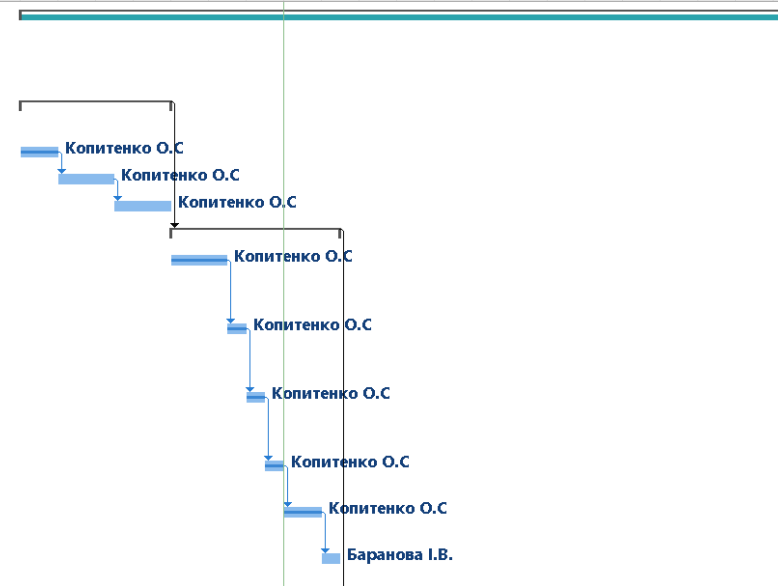
Роль	Ім'я	Проектна роль
3D-моделлер	Копитенко О.С.	Створення 3D об'єктів моделі
Керівник проєкту	Баранова І.В.	Формує завдання на розробку проєкту та затверджує план роботи.
Менеджер проєкту	Копитенко О.С.	Відповідає за виконання термінів, розподіл ресурсів та завдань між учасниками.
Аналітик	Копитенко О.С.	Проводить аналіз та дослідження предметної області
Тестувальник	Копитенко О.С., Баранова І.В.	Знаходження помилок до релізу моделі

Б.3 Діаграма Ганта

Для організації та контролю над роботами було використано інструмент планування, відомий як Діаграма Ганта. Цей метод дозволяє ефективно відстежувати фактичне виконання завдань, встановлювати взаємозв'язки між роботами та визначати терміни для кожної конкретної дії в рамках проєкту. Використання цього інструменту сприяє покращенню керованості та організації процесів у проєкті.

Діаграма Ганта проєкту представлена на рисунку Б.3.

➤	• Візуалізація 3D моделі реконструкції Вознесенської церкви м. Ромни	53 днів	Пн 01.04.24	Чт 23.05.24		
➤	• Ініціалізація проекту	8 днів	Пн 01.04.24	Пн 08.04.24		
➤	Визначення мети	2 днів	Пн 01.04.24	Вт 02.04.24		Копитенко О.С
➤	Пошук аналогів	3 днів	Ср 03.04.24	Пт 05.04.24	3	Копитенко О.С
➤	Аналіз аналогів	3 днів	Сб 06.04.24	Пн 08.04.24	4	Копитенко О.С
➤	• Планування	9 днів	Вт 09.04.24	Ср 17.04.24	2	
➤	Детальний аналіз оригінальної будівлі	3 днів	Вт 09.04.24	Чт 11.04.24		Копитенко О.С
➤	Створення структури WBS та OBS	1 день	Пт 12.04.24	Пт 12.04.24	7	Копитенко О.С
➤	Розробка календарного плану	1 день	Сб 13.04.24	Сб 13.04.24	8	Копитенко О.С
➤	Управління ресурсами	1 день	Нд 14.04.24	Нд 14.04.24	9	Копитенко О.С
➤	Визначення ризиків	2 днів	Пн 15.04.24	Вт 16.04.24	10	Копитенко О.С
➤	Затвердження плану	1 день	Ср 17.04.24	Ср 17.04.24	11	Баранова І.В.



➤	• Реалізація 3D моделі	32 днів	Чт 18.04.24	Нд 19.05.24	6	
➤	• Розробка 3D моделі	25 днів	Чт 18.04.24	Нд 12.05.24		
➤	Моделювання головної будівлі церкви	8 днів	Чт 18.04.24	Чт 25.04.24		Копитенко О.С
➤	Моделювання дзвіниці	6 днів	Пт 26.04.24	Ср 01.05.24	15	Копитенко О.С
➤	Моделювання декору та прилеглих територій	3 днів	Чт 02.05.24	Сб 04.05.24	16	Копитенко О.С
➤	Розробка матеріалів для об'єктів	8 днів	Нд 05.05.24	Нд 12.05.24	17	Копитенко О.С
➤	• Візуалізація локації	7 днів	Пн 13.05.24	Нд 19.05.24	14	
➤	Налаштування сцени	1 день	Пн 13.05.24	Пн 13.05.24		Копитенко О.С
➤	Налаштування камери та анімації обліту камери	2 днів	Вт 14.05.24	Ср 15.05.24	20	Копитенко О.С
➤	Налаштування освітлення	1 день	Чт 16.05.24	Чт 16.05.24	21	Копитенко О.С

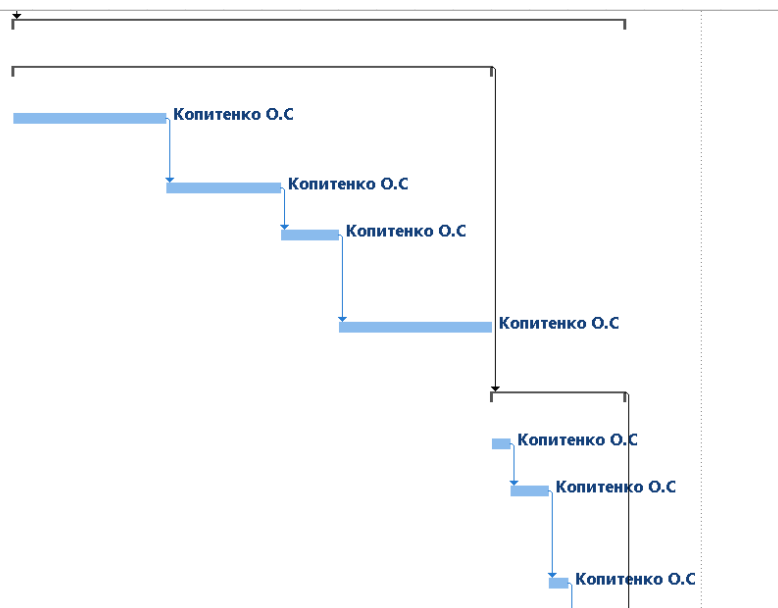
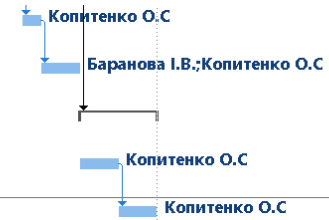


Рисунок Б.3 – Діаграма Ганта

➔	Налаштування рендеру	1 день	Пт 17.05.24	Пт 17.05.24	22	Копитенко О.С
➔	Тестування	2 днів	Сб 18.05.24	Нд 19.05.24	23	Баранова І.В.; Копитенко О.С
➔	Завершення проєкту	4 днів	Пн 20.05.24	Чт 23.05.24	19	
➔	Створення документації	2 днів	Пн 20.05.24	Вт 21.05.24		Копитенко О.С
➔	Презентація	2 днів	Ср 22.05.24	Чт 23.05.24	26	Копитенко О.С



Продовження рисунка Б.3

Б.4 Управління ризиками проєкту

Під час виконання якісної оцінки ризиків треба визначити ризики, які мають бути усунені якнайшвидше. Залежно від ступеня важливості ризику – реагування буде відповідне. Наступним етапом є виконання кількісного оцінювання ризиків. Кількісне та якісне оцінювання можуть виконувати одночасно або окремо, що залежить від ступеня забезпечення проєкту. У таблиці Б.3 надано перелік ризиків даного проєкту. Результати оцінки ризиків надано у таблиці Б.4.

Таблиця Б.3 – Ризики проєкту

№ ризику	Назва (опис) ризику
1	Непорозуміння між розробником та замовником
2	Відсутність доступу до мережі Інтернет
3	Неоптимальний розподіл часу
4	Вибір неефективної технології розробки 3D-моделі
5	Помилки 3D-моделювання
6	Збої в роботі програмного забезпечення
7	Відсутність резервних копій даних
8	Хвороба розробника
9	Неправильна оцінка в масштабі моделі
10	Виникнення затримки в роботі через відключення світла

Таблиця Б.4 – Результати визначення ймовірності, впливу та рангу ризиків проекту

№ ризику	Назва (опис) ризику	Ймовірність (0,1-0,9)	Вплив (0,05-0,8)	Ранг
1	Непорозуміння між розробником та замовником	0.3	0.2	0.06
2	Відсутність доступу до мережі Інтернет	0.2	0.4	0.08
3	Неоптимальний розподіл часу	0.1	0.2	0.02
4	Вибір неефективної технології розробки 3D-моделі	0.3	0.4	0.12
5	Помилки 3D-моделювання	0.3	0.4	0.12
6	Збої в роботі програмного забезпечення	0.2	0.5	0.1
7	Відсутність резервних копій даних	0.1	0.4	0.04
8	Хвороба розробника	0.2	0.6	0.12
9	Неправильна оцінка в масштабі моделі	0.3	0.2	0.06
10	Виникнення затримки в роботі через відключення світла	0.1	0.8	0.08

Для того, щоб знизити негативний вплив ризиків на проєкт треба виконати планування реагування на них. До нього входить оцінка наслідків впливу на проєкт і розробка відповідних заходів. Аналіз виконується за показниками, які описані в таблиці Б.4. У результаті планування заходів реагування на ризики проєкту було отримано матрицю ймовірності виникнення та впливу ризиків таблиця Б.5. Зеленим кольором на матриці позначають прийнятні ризики, жовтим – виправдані, а червоним – недопустимі.

Таблиця Б.5 – Матриця ймовірності та впливу згідно проєкту

Ймовірність ризиків (Й)	Вплив загрози (ризиків)				
	Дуже малий	Малий	Середній	Великий	Дуже великий
	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8
0,9	0,045	0,09	0,18	0,36	0,72
0,7	0,035	0,07	0,14	0,28	0,56
0,5	0,025	0,05	0,1 R6	0,2	0,4
0,3	0,015	0,03	0,06 R1, R9	0,12 R4, R5, R8	0,24
0,1	0,005	0,01	0,02 R3	0,04 R7	0,08 R2, R10

Класифікація ризиків за рівнем відповідно до отриманого значення індексу представлена у таблиці Б.6. У таблиці Б.7 описано ризики та стратегії реагування на кожен з них.

Таблиця Б.6 – Шкала оцінювання за рівнем ризику.

№	Назва	Межі	Ризики, які входять (номера)
1	Прийнятні	$0,005 \leq R \leq 0,05$	3, 7
2	Виправдані	$0,05 < R \leq 0,14$	1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10
3	Недопустимі	$0,14 < R \leq 0,72$	-

Таблиця Б.7 – Ризики та стратегії реагування

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	Тип стратегії реагування	План А	План Б
1	Новий	Непорозуміння між розробником та замовником	0.3	0.2	0.06	Зменшення	1.Налагодити гарні відносини між розробником та керівником. 2.Створити комфортні умови для співпраці	При виявленні непорозуміння потрібно з'ясувати, що саме стало причиною непорозуміння та обговорити її
2	Новий	Відсутність доступу до мережі Інтернет	0.2	0.4	0.08	Зменшення	Розробка плану дій на випадок відключення інтернету	Забезпечити доступ до мережі інтернет за допомогою інших операторів зв'язку
3	Новий	Неоптимальний розподіл часу	0.1	0.2	0.02	Зменшення	Провести аналіз актуальності найважливіших процесів та робіт. Правильно визначити пріоритети виконання робіт.	Змінити порядок пріоритетів робіт. Знайти способи оптимізації роботи з вже існуючою розстановкою. Обговорити варіанти внесення поправок до термінів реалізації із замовником.

Продовження таблиці Б.7

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	Тип стратегії реагування	План А	План Б
4	Новий	Вибір неефективної технології розробки 3D-моделі	0.3	0.4	0.12	Зменшення	1.Проаналізувати методи та засоби для розробки моделі. 2.Обрати зрозумілу та легку в використанні технологію розробки	Виділити час та ресурси на пошуки покращення обраної технології. Застосувати допоміжні ресурси
5	Новий	Помилки 3D-моделювання	0.3	0.4	0.12	Зменшення	На етапі моделювання тісно співпрацювати із керівником та на певних етапах демонструвати поточні результати	Здійснювати проміжний контроль результатів в ході виконання проєкту.
6	Новий	Збої в роботі програмного забезпечення	0.2	0.5	0.1	Зменшення	Підготувати резерв програмних засобів.	Замінити програмне забезпечення
7	Новий	Відсутність резервних копій даних	0.1	0.4	0.04	Зменшення	1.Налаштувати автоматичне збереження даних. 2.Зберігати дані на різних носіях інформації.	Робити копію даних після кожного виконаного етапу.

Продовження таблиці Б.7

ID	Статус ризику	Опис ризику	Ймовірність виникнення	Вплив ризику	Ранг ризику	Тип стратегії реагування	План А	План Б
8	Новий	Хвороба розробника	0.2	0.6	0.12	Зменшення	Створення гнучкого графіку роботи	Перерозподіл завдань.
9	Новий	Неправильна оцінка в масштабі моделі	0.3	0.2	0.06	Зменшення	1.Провести детальний аналіз проекту. 2.Визначити основні етапу проекту, розподілити час на їх виконання.	Переоцінка масштабів проекту. Перебудова стратегії реалізації проекту
10	Новий	Виникнення затримки в роботі через відключення світла	0.1	0.8	0.08	Зменшення	Встановлення резервного живлення	Перехід на альтернативні джерела живлення.