

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління

ХЛОПЕЦЬКИЙ Денис Михайлович

**Метод побудови 3D туру пам'яткою архітектури / Method for
Constructing a 3D Tour of an Architectural Monument**

спеціальність: 122 - Комп'ютерні науки
освітньо-професійна програма - Комп'ютерні науки

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи КНм-21
Хлопецький Д.М.

Науковий керівник:
к.т.н., доцент Биковий П.Є.

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:

«___» _____ 20___ р.

Завідувач кафедри

_____ М.П. Комар

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра інформаційно-обчислювальних систем і управління
Освітній ступінь «магістр»
спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки
освітньо-професійна програма – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ М.П. Комар
«_____» _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Хлопецький Денис Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Метод побудови 3D туру пам'яткою архітектури / Method for Constructing a 3D
Tour of an Architectural Monument

керівник роботи к.т.н., доцент Биковий П.Є.

затверджені наказом по університету від 8 грудня 2022 року № 491.

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи 11 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу студента, наукові статті, технічна література.

4. Основні питання, які потрібно розробити

- дослідження актуальності задачі;
- аналіз існуючих аналогів;
- програмні засоби та апаратне забезпечення;
- постановка задачі дослідження;
- платформи та інструменти;
- методи сканування простору;
- структура запропонованого методу побудови 3D туру;
- Matterport та його можливості;
- створення моделі;
- створення 3D туру;
- оцінка якості 3D туру.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

- розміщення точок в Matterport;
- результат фотограметрії зроблений за допомогою дрона;
- редагування точок переміщення;
- графік значень факторів користувацького досвіду.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 8 грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз технологій побудови 3D турів пам'ятками архітектури	12.2022 р. – 03.2023 р.	
2	Методи створення та підтримки інтерактивних 3D турів	03.2023 р. – 05.2023 р.	
3	Практична реалізація віртуальних турів	05.2023 р. – 11.2023 р.	
4	Повне завершення та представлення кваліфікаційної роботи на кафедрі	01.12.2023 р.	

Студент _____ Хлопецький Д.М.
підпис

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент Биковий П.Є.
підпис

РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему «Метод побудови 3D туру пам'яткою архітектури» на здобуття освітнього ступеня «Магістр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» освітньої програми «Комп'ютерні науки» написана обсягом в 87 сторінок і містить 35 ілюстрацій, 1 таблиця, 2 додатки та 47 використаних джерел.

Метою даної кваліфікаційної роботи є покращення якості створення 3D турів різними методами.

Методи досліджень: створення 3D турів використовує різні методи, такі як фотограмметрія (використання фотографій), лідар (точне вимірювання відстаней), сканування структури (створення 3D моделей), VR і AR (віртуальна та доповнена реальність) та 360-градусні фотографії і відео. Вибір методу залежить від потреб проекту, бюджету і доступності обладнання.

Результати дослідження: в створенні 3D турів призводить до нових технологій, програмного забезпечення та інтерактивних платформ для створення та споживання віртуальних турів. Результат може включати стандарти та методології, спрямовані на поліпшення досвіду користувача в різних галузях, таких як туризм, нерухомість і освіта.

Результати роботи можуть успішно застосовуватися для використання в будь-якій із багатьох сфер людської діяльності, де використовується туризм та історія.

Ключові слова: 3D ТУР, 3D МОДЕЛІ, VR, AR, ТУРИЗМ, СЦЕНАРІЙ, ФОТОГРАММЕТРІЯ, ХМАРА ТОЧОК, ТОЧКИ ПЕРЕМІЩЕННЯ.

ABSTRACT

The qualifying work on the topic "Method for Constructing a 3D Tour of an Architectural Monument" for obtaining an educational degree "Master" in the specialty 122 "Computer Science" of the educational program "Computer Science" is written in the volume of 87 pages and contains 35 illustrations, 1 table, 2 appendices and 47 used sources.

The purpose of this qualification work is to improve the quality of creating 3D tours using various methods.

Research methods: Creating 3D tours uses different methods such as photogrammetry (using photographs), lidar (accurate measurement of distances), structure scanning (creating 3D models), VR and AR (virtual and augmented reality) and 360-degree photos and videos. The choice of method depends on the needs of the project, the budget and the availability of equipment.

Research findings: in the creation of 3D tours leads to new technologies, software and interactive platforms for the creation and consumption of virtual tours. The output may include standards and methodologies aimed at improving the user experience in various industries such as tourism, real estate and education.

The results of the work can be successfully applied for use in any of the many areas of human activity where tourism and history are used.

Keywords: 3D TOUR, 3D MODELS, VR, AR, TOURISM, SCENARIO, PHOTOGRAMMETRY, POINT CLOUD, MOVEMENT POINTS.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз технологій побудови 3D турів пам'ятками архітектури	10
1.1 Дослідження актуальності задачі.....	10
1.2 Аналіз існуючих аналогів	12
1.3 Програмні засоби та апаратне забезпечення	15
1.4 Постановка задачі дослідження	19
Висновки до розділу 1	23
2 Методи створення та підтримки інтерактивних 3D турів.....	24
2.1 Платформи та інструменти	24
2.2 Методи сканування простору	36
2.3 Структура запропонованого методу побудови 3D туру	40
3 Практична реалізація віртуальних турів	48
3.1 Matterport та його можливості.....	48
3.2 Створення моделі.....	54
3.3 Створення 3D туру	56
3.4 Оцінка якості 3D туру	67
Висновки до 3 розділу	70
Висновки	72
Список використаних джерел	74
Додаток А програмний код	78
Додаток Б Копії публікацій	84

ВСТУП

Актуальність теми. Створення віртуальних турів дозволяє зберігати та відтворювати архітектурні пам'ятки, робить їх доступними для туристів та популяризує культурні об'єкти. Використання 3D турів у навчанні розширює можливості освіти, а взаємодія з архітектурою у віртуальному просторі стає іммерсивним досвідом. Технологічний розвиток у галузі віртуальної реальності та комп'ютерної графіки підтримує інновації в побудові 3D турів. Також ця тема стимулює спільнотну взаємодію та може бути використана в маркетингових кампаніях для просування культурної спадщини. Використання 3D турів для консервації архітектурних об'єктів та для архітектурних досліджень також є важливими аспектами. Крім того, побудова 3D турів сприяє розвитку інформаційних технологій та креативних підходів до віртуальної реалізації архітектурних об'єктів. Усі ці аспекти роблять тему дослідження та реалізації методу побудови 3D турів пам'яткою архітектури актуальною та перспективною.

Мета дослідження. В розгляді та розробці ефективного підходу до побудови 3D турів пам'яткою архітектури. Завдання включають в себе детальний аналіз існуючих методик створення 3D турів, вивчення технічних та культурних аспектів їхнього використання. Також важливим завданням є визначення оптимальних стратегій взаємодії з архітектурними об'єктами у віртуальному просторі та вивчення впливу таких турів на сприйняття користувачами культурної спадщини. Дослідження має на меті визначити переваги та можливі обмеження використання 3D турів у контексті архітектурних пам'яток, а також розробити рекомендації для покращення їхнього створення та використання.

Об'єкт дослідження. Комплексний аналіз та вдосконалення підходів до створення 3D турів, спрямованих на вивчення та віртуальне взаємодію з архітектурними пам'ятками. Дослідження фокусується на розробці та оптимізації методології побудови віртуальних турів для ефективного відтворення та вивчення архітектурної спадщини. Дослідження також орієнтується на вивчення взаємодії користувачів з віртуальними турами та визначення того, як цей взаємодій впливає

на сприйняття та розуміння архітектурних об'єктів. З'ясовується, які аспекти взаємодії (такі як обрання точок, інтерактивність тощо) можуть бути оптимізовані для покращення віртуального досвіду. Додатково, об'єкт дослідження включає в себе вивчення можливостей використання 3D турів у навчанні та туризмі. Розглядається педагогічний потенціал таких турів та їхній вплив на розширення знань та інтересу до культурної спадщини серед відвідувачів та учнів.

Предмет дослідження. Інноваційні підходи до створення та використання віртуальних 3D турів для пам'яток архітектури. Дослідження скероване на аналіз сучасних технологій, програм та методів, що дозволяють відтворювати архітектурні об'єкти у віртуальному просторі для подальшої інтерактивної взаємодії з користувачами. В рамках дослідження детально розглядається використання віртуальної реальності та 3D моделювання для створення іммерсивних турів, а також їхній потенціал у збереженні та презентації культурної спадщини. Об'єктивно визначається ефективність різних платформ, таких як Matterport, Kuula, Roundme, Unity, та їх роль у створенні віртуальних експозицій. Паралельно досліджується вплив віртуальних турів на сприйняття та освітні цілі користувачів. Аналізується, наскільки інтерактивність та доступність таких турів можуть збільшити інтерес до архітектурної спадщини та сприяти її популяризації серед різних аудиторій. Додатково, предметом дослідження є визначення можливостей використання 3D турів у сфері туризму та маркетингу, розробка стратегій взаємодії з архітектурними об'єктами у віртуальному просторі для максимального задоволення інтересів користувачів.

Методи дослідження. В рамках даної теми включають в себе ретельний аналіз технологічних рішень, психологічних аспектів взаємодії та ефективності віртуальних 3D турів. Детальний огляд сучасних програм та інструментів для створення турів (наприклад, Matterport, Kuula, Roundme, Unity) дозволяє визначити їхні переваги та обмеження, а також визначити оптимальні варіанти для використання в конкретних умовах. Психологічний аналіз включає в себе вивчення впливу віртуальних турів на сприйняття користувачів, їхні емоційні реакції та рівень зацікавленості. Використання методів психометричного вимірювання та

анкетування дозволяє отримати об'єктивні дані про ефективність віртуальних 3D турів у передачі інформації та формуванні позитивного досвіду. Окремий аспект дослідження спрямований на вивчення використання 3D турів у навчальних та туристичних цілях. Аналіз педагогічного потенціалу включає спостереження за процесами навчання, визначення ефективності використання турів для освоєння нових знань та розвитку туристичного напрямку.

Отримані результати. Відзначаються науковою новизною через комплексний підхід до вивчення та оптимізації використання 3D турів для пам'яток архітектури. Досліджено технічні аспекти інструментів створення турів, вивчено вплив віртуальних турів на сприйняття та емоції користувачів, проаналізовано їхню ефективність у навчанні та туризмі, а також визначено маркетинговий потенціал. Ці результати вносять важливий вклад у розвиток сфери віртуальних турів та розширюють можливості їх використання для збереження та презентації архітектурної спадщини. Що важливо, дослідження формулює рекомендації та стратегії для оптимального використання 3D турів, розкриваючи нові можливості та напрямки для подальших досліджень та практичного застосування у галузі віртуальної реалізації архітектурної спадщини.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПОБУДОВИ 3D ТУРІВ ПАМ'ЯТКАМИ АРХІТЕКТУРИ

1.1 Дослідження актуальності задачі

3D тури пам'ятками архітектури є ефективним способом для відвідувачів ознайомитися з цими об'єктами, не відвідуючи їх особисто. Вони можуть бути використані для освітніх цілей, для реклами туристичних напрямків або просто для задоволення. Архітектурні особливості пам'яток архітектури є важливим аспектом для дослідження при створенні 3D турів. Дослідники вивчають стиль, композицію, деталі та матеріали пам'яток. Це допомагає зрозуміти їх архітектурну цінність і створити реалістичні 3D моделі.

Комп'ютерна графіка є ключовою технологією для створення 3D турів. Дослідники використовують різні техніки комп'ютерної графіки, такі як моделювання, текстурювання, освітлення та анімація, для створення реалістичних 3D моделей пам'яток архітектури. Інтерактивність є важливою характеристикою 3D турів. Дослідники розробляють інтерфейси та інструменти, що дозволяють користувачам взаємодіяти з віртуальними моделями пам'яток. Це дозволяє користувачам вивчати пам'ятки в комфортному темпі і з різних ракурсів.

Використання додаткових медіа ресурсів 3D тури можуть бути покращені за допомогою додаткових медіа ресурсів, таких як аудіогіди, відео, фотографії та історичні документи. Ці ресурси можуть допомогти користувачам краще зрозуміти історію та контекст пам'яток архітектури.

3D тури можуть бути використані для освітніх цілей. Вони можуть допомогти студентам та школярам вивчати архітектуру та історію без необхідності відвідувати пам'ятки особисто. Дослідники вивчають вплив використання 3D турів на процес освіти та розробляють освітні програми та матеріали на основі 3D турів. Розвиток технологій у сфері комп'ютерної графіки та інтерактивних інструментів відкриває нові можливості для розвитку предметної області "Методу до побудови 3D туру пам'яткою архітектури".

Одним із перспективних напрямів розвитку є створення інтерактивних 3D турів. Такі тури дозволять відвідувачам не просто оглянути пам'ятку з різних ракурсів, але й отримати додаткову інформацію про її історію та архітектуру. Наприклад, відвідувачі можуть бути в змозі розміщувати маркери на 3D моделі, щоб отримати додаткові відомості про певні об'єкти або області.

Іншим перспективним напрямом є створення 3D турів, які можна використовувати для освітніх цілей. Такі тури дозволять студентам та школярам вивчати архітектуру та історію без необхідності відвідувати пам'ятки особисто. Наприклад, 3D тури можна використовувати для створення віртуальних музеїв або навчально-методичних матеріалів.

Таким чином, предметна область "Метод до побудови 3D туру пам'яткою архітектури" є перспективною галуззю, яка має потенціал для розвитку у різних напрямках [1].

Дослідження в області 3D турів охоплюють різноманітні напрями, спрямовані на вдосконалення технологій, розширення можливостей та зрозуміння впливу цих технологій на різні сфери життя. Деякі з основних напрямів досліджень в цій області включають:

Технічні покращення: Дослідники працюють над вдосконаленням технічних аспектів створення 3D турів, таких як покращення алгоритмів рендерингу, оптимізація обробки графіки та збільшення реалістичності віртуального оточення.

Інтерактивність та віртуальна реальність: Дослідження спрямовані на розвиток нових методів взаємодії з віртуальним простором, таких як використання ручних жестів, віртуальних контролерів або використання технологій віртуальної реальності для ще більш глибокого поглиблення користувача в віртуальному світі.

Мультимедійні технології: Дослідження зосереджені на розвитку нових методів інтеграції мультимедійних елементів у 3D тури, таких як покращення звукових ефектів, використання 360-градусних відео та інших інновацій.

Адаптація для конкретних галузей: Дослідження включають розробку спеціалізованих 3D турів для конкретних галузей, таких як освіта, туризм,

нерухомість, музеї та інші. Це включає розуміння потреб та очікувань користувачів у різних сценаріях використання.

Вивчення впливу на користувачів: Дослідження спрямовані на аналіз впливу віртуальних турів на сприйняття та розуміння інформації користувачами, а також їхні враження від взаємодії з віртуальним оточенням.

Розширення функціоналу: Дослідження зосереджені на розширенні функціоналу 3D турів, таких як можливість індивідуалізації маршруту, створення складних сценаріїв, а також інтеграція з іншими технологіями, наприклад, розпізнаванням обличчя чи штучним інтелектом для удосконалення взаємодії.

Ці напрями досліджень сприяють розвитку та вдосконаленню технологій 3D турів, щоб забезпечити їхню широку застосовність та покращити користувацький досвід [23].

1.2 Аналіз існуючих аналогів

Віртуальна експлорація Лувру

У самому початку розробки віртуальної експлорації Лувру використовувалася технологія лазерного сканування. Це дозволяло створювати докладні 3D-моделі будівель, скульптур, та картин, забезпечуючи надзвичайний рівень деталізації. Для досягнення максимальної іммерсії використовувалися біометричні дані. Система відстеження рухів та реакції глядачів дозволяла налаштовувати досвід в реальному часі, створюючи персоналізовану інтерактивність. Крім того, для залучення глядачів у процес розробки проводилися тематичні онлайн-трансляції та опитування, де користувачі могли висловлювати свої побажання щодо додаткових функцій та об'єктів для експлорації.

Для розробки віртуального туру було використано низку передових програм та технологій. Головним інструментом для створення 3D-моделей та сцен були програми для віртуальної реальності, такі як Unity та Unreal Engine. Для створення реалістичних текстур та світла використовувалися Adobe Photoshop та Blender.

Додатково, програмне забезпечення для віртуальної реальності дозволило створити інтерактивні можливості для користувачів. Щоб забезпечити точність кольорів та деталей, застосовувалася фотограметрія. Цей метод дозволяв здійснювати точне відтворення кольорів та текстур об'єктів, що виявилось важливим для створення аутентичного віртуального досвіду. Для забезпечення максимального іммерсивного досвіду використовувалися технології віртуальної та доповненої реальності (VR та AR). Це дозволило користувачам зануритися в атмосферу Лувру та взаємодіяти з віртуальними об'єктами.

Побудова "Віртуальна експлорація Лувру" зайняла близько 6 місяців. Цей час включав в себе фазу концепції, розробку 3D-моделей, виправлення деталей, інтеграцію інтерактивних елементів та тестування. Команда висококваліфікованих програмістів, дизайнерів та контент-креаторів вносила свої унікальні вміння та творчий підхід для створення максимально реалістичного та захоплюючого віртуального досвіду (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Відео з 3D туру по Лувру

У віртуальному турі взяли участь десятки талановитих фахівців, таких як програмісти, архітектори, 3D-моделювальники, графічні дизайнери та редактори

вмісту. Ця мультидисциплінарна команда працювала над проектом, вносячи свої унікальні таланти та експертизу.

Команда розробників інтегрувала інтерактивні додатки для розширення знань глядачів. Під час експлорації окремих творів мистецтва відкривалися відомості та історії, що дозволяло створити освітній та захоплюючий віртуальний музейний досвід.

Екскурсія Віртуального Акваріуму

Для створення надзвичайно реалістичного віртуального акваріуму використовувалися передові програми та технології. Головними інструментами були Unity та Unreal Engine для створення інтерактивного середовища. Додатково, для створення вражаючих 3D-моделей риб та морських об'єктів застосовували програми для моделювання, такі як Blender та ZBrush. Для обробки водного середовища та світлових ефектів використовувалися програми візуалізації, такі як NVIDIA FleX. Команда використовувала тридимовіртуальне моделювання для створення докладних та реалістичних 3D-моделей риб. Це дозволило врахувати всі деталі, включаючи їхні рухи, барвистість та динаміку. Застосування цих технологій стало ключовим елементом, що визначив реалістичність віртуального акваріуму. Велику увагу приділяли оптимізації віртуального середовища для реального часу. Використання адаптивних технік рендерингу та оптимізованих алгоритмів покращило продуктивність та забезпечило максимальну плавність відтворення для кінцевих користувачів. Особлива увага приділялася дизайну та взаємодії з користувачами. Додаткові інтерактивні можливості, такі як можливість живого взаємодії з рибами та елементами довкілля, додавали захоплення та особливий дотик до віртуального досвіду.

Для залучення глядачів було проведено активну рекламну кампанію в Інтернеті та соціальних мережах, а також співпрацю з освітніми закладами та мистецькими організаціями. У результаті цільова аудиторія складалася не лише з любителів морських пригод, а й із широкого кола людей, зацікавлених у вивченні водного середовища через інноваційні віртуальні технології. Також, для

забезпечення точності та наукової достовірності віртуального акваріуму була встановлена співпраця з експертами у галузі морської біології. Їхні консультації допомогли врахувати особливості поведінки риб та інших морських організмів, надаючи віртуальному світові реалістичність та освітню цінність.

Віртуальна екскурсія Віртуального Акваріуму вимагала приблизно 8 місяців роботи. Цей період включав в себе створення великої кількості 3D-моделей та їх оптимізацію для використання в реальному часі, розробку водяного середовища та динамічних світлових ефектів, а також створення інтерактивних елементів для взаємодії з користувачами.

Багатофункціональна команда включала програмістів, 3D-моделювальників, аніматорів, графічних дизайнерів та експертів з візуальної ефективності. У творенні віртуального акваріуму брали участь понад 20 фахівців, які поєднували свої таланти для створення магічного підводного світу (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Панорама з віртуального туру акваріуму

1.3 Програмні засоби та апаратне забезпечення

Blender - це вільний та відкритий програмний пакет для 3D-моделювання, анімації, рендерингу та інших графічних завдань. Він надає можливості для

створення вражаючих 3D турів архітектурними об'єктами. Blender має інтуїтивний інтерфейс для моделювання, текстуровання та анімації. Здатність рендерингу у фотореалістичних двигунах, таких як Cycles та Eevee, робить його ідеальним для створення візуально привабливих сцен. Blender підтримує VR, дозволяючи експортувати у формати для гарнітур, таких як Oculus Rift. Можливість взаємодії та створення інтерактивності додається за допомогою скриптів та Python. Здатність експортувати у різні формати, такі як FBX чи glTF, полегшує інтеграцію з іншими платформами. Широка спільнота та доступ до ресурсів, таких як відеоуроки та документація, допомагають новачкам та досвідченим користувачам. Blender - це потужний інструмент для тих, хто хоче створювати вражаючі віртуальні тури пам'ятками архітектури [4].

Everpano - це програмне забезпечення для створення вражаючих віртуальних турів, яке, ймовірно, надає інструменти для створення інтерактивних 3D турів з архітектурними об'єктами. Його можливості можуть включати створення віртуальних турів, інтерактивність для користувачів, сумісність з віртуальною реальністю, експорт та веб-інтеграцію, а також можливості оптимізації та рендерингу для поліпшення візуального враження. Для отримання більш детальної інформації рекомендується перевірити офіційний веб-сайт Everpano або інші джерела інформації [6].

Krpano - це програмне забезпечення, яке використовується для створення захоплюючих віртуальних турів. Воно надає широкий набір функцій для розробки інтерактивних 3D турів, спрямованих на ефективне візуалізацію та представлення архітектурних об'єктів. У своїй роботі Krpano дозволяє створювати інтерактивні сцени, надаючи користувачам можливість взаємодії з архітектурними деталями у тривимірному просторі. Враховуючи сучасні технології, програма підтримує віртуальну реальність, що забезпечує більш іммерсивний досвід для користувачів, особливо тих, які використовують VR-гарнітури. Крім того, Krpano дозволяє експортувати створені тури та інтегрувати їх у веб-сайти, роблячи їх доступними для широкого кола аудиторії. Зручні інструменти для навігації, множина форматів панорам та можливості оптимізації для різних пристроїв роблять Krpano потужним

інструментом для тих, хто прагне створити ефективні та захоплюючі віртуальні тури архітектурними об'єктами. [8]

Matterport є вражаючим комплексним рішенням для створення захоплюючих віртуальних турів. Використовуючи 3D-камери та сенсори, Matterport здатне деталізовано сканувати простір, створюючи точні 3D-моделі об'єктів та приміщень. Технологія, яку воно пропонує, відзначається вражаючим візуальним виконанням, додаючи реалістичність і привабливість до створених віртуальних турів. Однією з ключових переваг є можливість додавання інтерактивних елементів, таких як поп-ап вікна з інформацією, відео або зображення, що розширює досвід користувача. Здатність відтворення віртуальних турів у віртуальній реальності з використанням VR-гарнітур є ще однією важливою функцією Matterport. Також, Matterport надає розширені інструменти аналітики, які дозволяють відстежувати та аналізувати активність користувачів під час перегляду віртуальних турів. Це може бути корисно для оцінки ефективності та популярності створених вами турів. Окрім цього, Matterport надає можливість експортувати створені віртуальні тури та легко вбудовувати їх у веб-сайти, забезпечуючи широкий доступ до ваших творінь. Завдяки своїй легкості використання та вражаючій якості візуалізації, Matterport стає важливим інструментом в сферах нерухомості, туризму та архітектури для представлення об'єктів у вражаючий та інтерактивний спосіб. [9]

Adobe Photoshop є потужним графічним редактором. Його основна сфера застосування - редагування та обробка зображень. Adobe Photoshop може бути корисним для обробки та підготовки зображень для використання у створенні 3D турів [3].

RealityCapture - це вражаюче програмне забезпечення, яке відзначається своєю здатністю обробляти фотографії та створювати деталізовані 3D-моделі. Основна його сфера застосування - це фотограмметрія, де він використовується для реконструкції тривимірних об'єктів за допомогою набору фотографій. RealityCapture дозволяє створювати реалістичні 3D-моделі архітектурних об'єктів та пейзажів. Завдяки функції текстурування та мапінгу, ви можете додавати текстури та створювати вражаючі візуальні ефекти, щоб підвищити реалізм

отриманих моделей. Однією з переваг RealityCapture є його здатність експортувати 3D-моделі для використання в віртуальній реальності та в інших віртуальних турах. Це робить його корисним інструментом для тих, хто бажає створювати іммерсивні та вражаючі віртуальні тури. За допомогою RealityCapture можна легко експортувати готові 3D-моделі у різні формати для подальшого використання. Це розширює можливості для веб-інтеграції, де ви можете представляти ваші творіння в онлайн-середовищі. Інтерактивність та можливість детального дослідження окремих елементів роблять RealityCapture цікавим вибором для тих, хто хоче створювати вражаючі та інтерактивні 3D тури [10].

Google Chrome представляє собою передовий веб-браузер, що виник на основі відкритого програмного забезпечення Chromium та інших рішень, розроблених компанією Google. Усе починається з інноваційної програмної архітектури, яка виникає з чистого аркуша, хоча з використанням різноманітних компонентів з відкритим кодом, таких як WebKit та Mozilla. Створена з метою відповіді на сучасні вимоги користувачів, ця архітектура Google Chrome визнає суттєвий факт: вебсайти на сьогоднішній день не обмежуються лише вебсторінками, але стають справжніми вебпрограмами. І саме тут виявляються заявлені переваги нової архітектури — підвищена стабільність, неабияка швидкість та висока рівень безпеки. [5]

Для створення інтерактивних 3D турів підійде любий персональний комп'ютер, який має мінімальні характеристики:

- відеокарта - 2 ГБ;
- оперативна пам'ять – 16 ГБ;
- блок живлення – 500W;
- процесор – 2.5 - 4.2 GHz.

Комп'ютер з мінімальними характеристиками буде дуже довго опрацьовувати дані та не ефективно. Іноді, програми будуть виключатись із за перевантаження. В гірших випадках, може зламатись одна із комплектуючих, із чого будуть фінансові втрати.

Рекомендованими характеристиками, для продуктивної роботи, будуть наступними:

- відеокарта – 8 ГБ;
- оперативна пам'ять – 32 ГБ;
- блок живлення – 700W;
- процесор – 3.5 GHz - 4.8 GHz.

При даних характеристиках робота буде проходити дуже продуктивною та вірогідність перевантажень і поломок дуже маленька. Для роботи над створенням інтерактивних 3D турів використовувався комп'ютер з наступними характеристиками:

- відеокарта – Nvidia GeForce RTX 3060, 8 ГБ;
- оперативна пам'ять – Kingston FURY, 65536 MB (64 ГБ);
- блок живлення – MSI MPG, 750W;
- процесор – AMD Ryzen 9 5900X 3.7 GHz;
- материнська плата – Gigabyte B550 AORUS.

1.4 Постановка задачі дослідження

3D тури представляють собою цікавий та інноваційний підхід до віртуального подорожування та дослідження різноманітних об'єктів. Однією з ключових особливостей цієї предметної області є висока ступінь інтерактивності. Відмінність полягає у тому, що користувачі не лише спостерігають за тривими 3D-моделями, але й мають можливість взаємодіяти з оточенням. Це створює враження присутності в віртуальному просторі та надає додаткові можливості для вивчення об'єктів.

Завдяки інтерактивності користувачі можуть вибирати об'єкти, переходити між сценами та отримувати докладні інформаційні блоки. Однак це не лише перегляд – це спілкування з віртуальним оточенням, яке може включати в себе

різноманітні мультимедійні елементи. Звукові ефекти, відео-ролики та текстові пояснення додають новий рівень взаємодії та збагачують загальний враження.

Ще однією цікавою особливістю є можливість поєднання з додатковими сервісами. Це може включати в себе інтеграцію з картами, розміщенням точок інтересу або подальшими деталями про об'єкти. Такий підхід розширює можливості використання 3D турів в різних контекстах, таких як туризм, нерухомість, освіта чи культурна спадщина.

Додатково, створення 3D турів дозволяє розробникам реалізовувати сценарії та розвиток подій. Це може бути структурований тур з певним сюжетом або можливість для користувача обирати напрямок свого руху. Такий індивідуалізований підхід робить віртуальні тури більш адаптованими до індивідуальних вподобань та інтересів.

У цілому, 3D тури відкривають нові перспективи для вивчення та сприйняття оточуючого світу через віртуальну реальність, надаючи користувачам унікальний інтерактивний досвід [32].

Використання віртуальної реальності (VR) у 3D турах відкриває нові горизонти для інтерактивного дослідження реального чи вигаданого світу. Ця технологія надає користувачам можливість поглибленого іммерсивного досвіду, роблячи подорож за допомогою віртуального туру більш захоплюючою та реалістичною. Повністю поглиблений досвід, який надає віртуальна реальність (VR) в 3D турах, є межею між реальністю та віртуальним світом. Коли користувач надіває VR-гарнітуру, він миттєво переноситься в інший простір, де кожен рух, кожен поворот голови, відчувається як досягнення нового реального простору (рисунок 1.3).

Вражаючий аспект цього підходу полягає в тому, що користувачі відчуваються, начебто вони дійсно знаходяться в середовищі 3D туру. Наприклад, якщо тур відображає величезні гори, користувач може побачити кожен їхній склад, відчувати висоту та занурюватися в атмосферу навколишнього простору. Це створює ефект "присутності", коли відмінності між реальним та віртуальним світами стають невлучними.



Рисунок 1.3 – Приклад роботи з VR

Користувач може вільно обертати голову, дивитися довкола, досліджувати деталі, а саме об'єкти оточення реагують на його рухи. Наприклад, якщо тур представляє історичний пам'ятник, користувач може приблизитися, доторкнутися до деталей архітектури та відчувати масштаб будівлі. Важливим аспектом повністю поглибленого досвіду є його емоційна насиченість. Подорож у віртуальний світ стає більш особистою та захоплюючою, оскільки користувач може переживати атмосферу та архітектурні особливості місця, мовби він там фізично присутній.

Завдяки повністю поглибленому досвіду VR в 3D турах відкривається новий спосіб сприймання і взаємодії з віртуальним контентом, що стає особливо цінним у сферах туризму, нерухомості, освіти та розваг [19,26], рисунок 1.4.



Рисунок 1.4 – VR окуляри

Розширена реальність (Augmented Reality, AR) в 3D турах відкриває широкі можливості для взаємодії з навколишнім простором, об'єктами та інформацією, щоб створити унікальний іммерсивний досвід. Використання AR дозволяє

інтегрувати віртуальні об'єкти та дані в реальний світ, розширюючи сприйняття користувача та надаючи йому нові можливості.

Створення інтерактивних маршрутів та навігація в реальному часі з використанням розширеної реальності (AR) стає захоплюючим кроком у сфері технологій. Дозволяючи користувачам насолоджуватися піддаваною інформацією та керувати своїм маршрутом за допомогою AR, цей підхід переосмислює взаємодію з навігацією та подорожами [40].

Під час користування AR-навігацією, перетворюється середовище в інтерактивну карту, яка веде вас через вулиці та об'єкти, надаючи зручні вказівки та важливі дані. Відчувається не тільки шлях до пункту призначення, але і отримується додаткову інформацію про оточуючі об'єкти та локації.

Важливим аспектом є можливість користувача вибрати свій маршрут у реальному часі та долучати додаткову інформацію до подорожей. Якщо хочеться змінити напрямок чи додати новий пункт до маршруту, AR швидко адаптується, надаючи вам актуальні вказівки.

Зручний та інтуїтивний інтерфейс AR-навігації робить взаємодію з технологією приємною та легкою. Можна легко переміщатися між функціями, взаємодіяти з картами та отримувати потрібну інформацію, не відволікаючись від маршруту. На рисунку 1.5 представлено використання AR.



Рисунок 1.5 – AR у телефоні

Цей підхід відкриває нові перспективи для подорожей, де кожен користувач може перетворити свою мандрівку в унікальний та персоналізований досвід. Вона

в навігації стає не тільки інструментом для досягнення місць, але й шляхом розширення знань та вражень від своєї подорожі [16, 22, 36].

Висновки до розділу 1

1. Проведено дослідження щодо актуальності проекту, показано, що технології 3D-моделювання та віртуальної реальності дозволяють здійснити інноваційний підхід до вивчення та презентації архітектурних об'єктів.
2. Проведено аналіз існуючих аналогів, що дало змогу виділити основні аспекти побудови 3D турів.
3. Визначено основні програмні засоби та апаратне забезпечення необхідне для їх підтримки, що дало змогу оцінити можливості користувачу відносно складності проекту та апаратних вимог для забезпечення високого рівня деталізації.
4. Здійснено постановку задачі та сформовано основні кроки для її досягнення, це дасть змогу створити ефективний метод побудови 3D туру пам'яткою архітектури.

2 МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ТА ПІДТРИМКИ ІНТЕРАКТИВНИХ 3D ТУРІВ

2.1 Платформи та інструменти

Одним із перших кроків у процесі створення інтерактивного 3D туру є обрання відповідної платформи чи інструменту. Від якісного вибору платформи залежить якість, функціональність та інтерактивні можливості усього проекту. Нижче розглянуті деякі з переваг та особливостей різних платформ інструментів для створення 3D турів.

Matterport відомий своєю спеціалізацією на ринку віртуальних турів, зокрема в нерухомості та комерційній сфері. Однією з ключових переваг Matterport є широка функціональність, яка надає користувачам можливість насолоджуватися віртуальним оглядом об'єктів з вражаючою деталізацією. Глибокі та докладні 3D тури дозволяють віртуально пересуватися приміщеннями, досліджувати деталі та отримувати повноцінний віртуальний об'єктивний досвід. Це особливо важливо для сфери нерухомості та комерційних об'єктів, де важлива кожна деталь та аспект об'єкта.

Інтеграція з технологією віртуальної реальності (VR) є ще однією вагомою перевагою Matterport. Вона дозволяє користувачам занурюватися в об'єкт або приміщення, надаючи більш іммерсивний та реалістичний досвід. Це особливо актуально для потенційних покупців нерухомості чи бізнес-клієнтів, які хочуть детально оглянути об'єкт з використанням VR-технологій.

Автоматизоване створення 3D моделей з фотографій є ще однією важливою функцією Matterport. Це ефективний та часовий зручний процес, який дозволяє швидко та точно перетворювати зображення в деталізовані 3D моделі. Це особливо корисно для тих, хто шукає ефективні рішення у сфері віртуального туризму та показу нерухомості. [21]

Kuula є універсальним інструментом для створення 360-градусних зображень та віртуальних турів. Його сильні сторони виявляються у простоті та дружелюбності інтерфейсу. Відразу з реєстрації користувачеві надається доступ до інтуїтивного інтерфейсу, де кожен елемент легко знаходиться на своєму місці. Це

важливо для того, щоб навіть новачки в сфері віртуальної реальності могли швидко освоїти інструмент та почати створювати свої віртуальні тури без зайвих труднощів.

Невід'ємною перевагою є можливість створення віртуальних турів безпосередньо з смартфона. Це дає велику гнучкість та можливість створення вражаючих віртуальних подорожей у будь-якому місці та в будь-який час. При цьому зберігається високий стандарт якості та зручності використання.

Крім того, Kuula пропонує зручну систему редагування та додавання елементів до віртуальних турів. Це дозволяє користувачам не тільки створювати панорамні зображення, але і інтегрувати різноманітні об'єкти, анімації чи інші ефекти, які роблять тур більш цікавим та вражаючим.

Roundme спеціалізується на створенні високоякісних віртуальних турів та панорам для професіоналів у сфері мистецтва та фотографії. Однією з основних переваг Roundme є його гнучкість у налаштуванні та дизайні турів. Творці можуть вибирати різні налаштування, стилі та інші параметри, аби створити унікальний та індивідуальний вигляд свого віртуального туру. Це особливо важливо для тих, хто хоче висловити свою творчість та виокремити свої роботи серед інших.

Ще однією значущою перевагою є високий рівень візуальної якості та ефективна робота з великими обсягами даних. Roundme забезпечує вражаючі зображення та безперебійну навігацію, навіть при великій кількості деталей у турі. Це робить платформу особливо привабливою для тих, хто ставить високі стандарти щодо візуального враження. Крім того, Roundme дозволяє додавати мультимедійні елементи до віртуальних турів. Це може бути відео, аудіо або інші інтерактивні елементи, що розширюють можливості сприйняття та взаємодії з вмістом.

Unity — це високопотужний двигун для створення ігор та додатків, але також може використовуватися для створення віртуальних турів. Однією з ключових переваг Unity є повна свобода у контролі над всіма елементами дизайну та взаємодії. Творці можуть створювати віртуальні тури з вражаючими деталями та персоналізованим дизайном, щоб відтворити неповторний враження для кожного користувача.

Крім того, Unity відомий своєю здатністю робити великі проекти з використанням розширених можливостей програмування. Це особливо важливо для тих, хто прагне створювати складні та інтерактивні віртуальні тури з численними функціями та можливостями.

Таким чином, Unity визначається як універсальний інструмент, який може задовольнити потреби творців як в ігровій, так і віртуально-туристичній сферах завдяки своїм вражаючим можливостям та широкому спектру функцій [20].

Обираючи платформу чи інструмент, рекомендується враховувати специфічні потреби вашого проекту, рівень технічної експертизи команди та бюджет. Незалежно від обраного варіанту, правильний інструмент сприятиме успішному створенню вражаючого та ефективного інтерактивного 3D туру.

2.1.2 Створення або завантаження 3D моделей

Створення або завантаження 3D моделі є критичним етапом у процесі розробки інтерактивного 3D туру. Цей крок визначає візуальний аспект туру, його реалізм і здатність передати унікальний характер об'єкта чи місця, що вивчається. Розглянемо докладніше процес створення або завантаження 3D моделі.

Використання програм для 3D-моделювання, таких як Blender або SketchUp, дозволяє вам створювати власні унікальні 3D моделі. Blender вражає своєю безкоштовністю та потужним інструментарієм, а SketchUp славиться своєю простотою використання. При створенні моделі важливо враховувати технічні деталі та рівень деталізації, оскільки це впливає на реалістичність та оптимізацію для віртуального туру. У випадку, якщо потрібно додати анімацію чи інтерактивні елементи, програми для 3D-моделювання дозволяють створювати рухомі об'єкти та взаємодію з ними.

Існує велика кількість онлайн-ресурсів, таких як TurboSquid, Sketchfab, або Google Poly, де можна завантажити готові 3D моделі. Це особливо зручно, якщо потрібно швидко отримати віртуальний тур без великих зусиль. При використанні готових 3D моделей слід уважно вивчати умови ліцензії, оскільки деякі ресурси можуть обмежувати використання моделей у комерційних проектах. Ключовим

аспектом є відбір відповідних готових 3D моделей, які відповідають тематиці та стилю вашого туру.

Після створення чи завантаження 3D моделі, потрібне проведення її редагування та оптимізацію для використання в інтерактивному 3D турі. Зменшити розмір файлу та оптимізуція текстури для швидкого завантаження. Також, якщо створюється інтерактивний тур, потрібно визначити точки інтеракції або "hotspots" на 3D моделі, куди користувачі можуть натискати для отримання додаткової інформації.

Важно перевірити роботу 3D моделі у віртуальному середовищі, потрібно впевнитись, що вона виглядає інтегровано та зручно в інтерактивному турі. Головне не забути, перед початком роботи з 3D моделлю у турі, визначте, як вона буде візуалізована: чи буде це повноекранна модель, чи об'єкт, який відображається на мапі туру [10].

2.1.3 Розміщення Точок в Інтерактивному 3D Турі

Розміщення точок обрання, чи "hotspots," є ключовим елементом створення вражаючого та інформативного інтерактивного 3D туру. Ці точки створюють маршрути, дозволяють користувачам взаємодіяти з контентом та переходити в різні області.

Розміщення hotspots повинне відбуватися стратегічно, з урахуванням головних точок інтересу в об'єкті чи місці туру. Це може бути ключові видовища, особливі деталі, чи місця, де користувач може отримати додаткову інформацію. Визначте кількість hotspots в залежності від розмірів та складності об'єкта чи території. Забагато точок може перенавантажити користувача, тоді як недостатньо може обмежити його інтерактивний досвід. Додавання текстової інформації, описів чи інструкцій до hotspots дозволяє користувачам отримувати докладніше розуміння того, що вони дивляться. Перехідні Hotspots дозволяють переміщатися між різними частинами туру. Наприклад, можна створити hotspot, який перенесе користувача в інше приміщення або область.

Мультимедійні Hotspots можуть бути пов'язані із відео, зображеннями або аудіофрагментами, роблячи тур більш інтерактивним та захопливим.

Розміщення hotspots повинне дотримуватися логічної послідовності, щоб користувачі легко переходили від одного елементу туру до іншого. Додавання маршрутів між hotspots для покращення навігації. Наприклад, можна створити обхід об'єкта, дозволяючи користувачеві докладно оглядати кожну його частину.

Візуальний елемент Hotspots також можуть бути стилізовані відповідно до тематики туру. Це може бути стрілки, маркери чи символи, що вказують на їхню природу. Забезпечте, щоб hotspots були досить великими та легко помітними, але не заважали відкривати вміст. Розташовуйте їх стратегічно, забезпечуючи природний потік інтеракції.

Розміщення hotspots — це важливий етап, який вимагає уважності до дизайну та інтерактивних можливостей (рис. 2.1). Це є ключовим фактором для створення досконалого інтерактивного 3D туру, який зацікавить та залучить аудиторію.

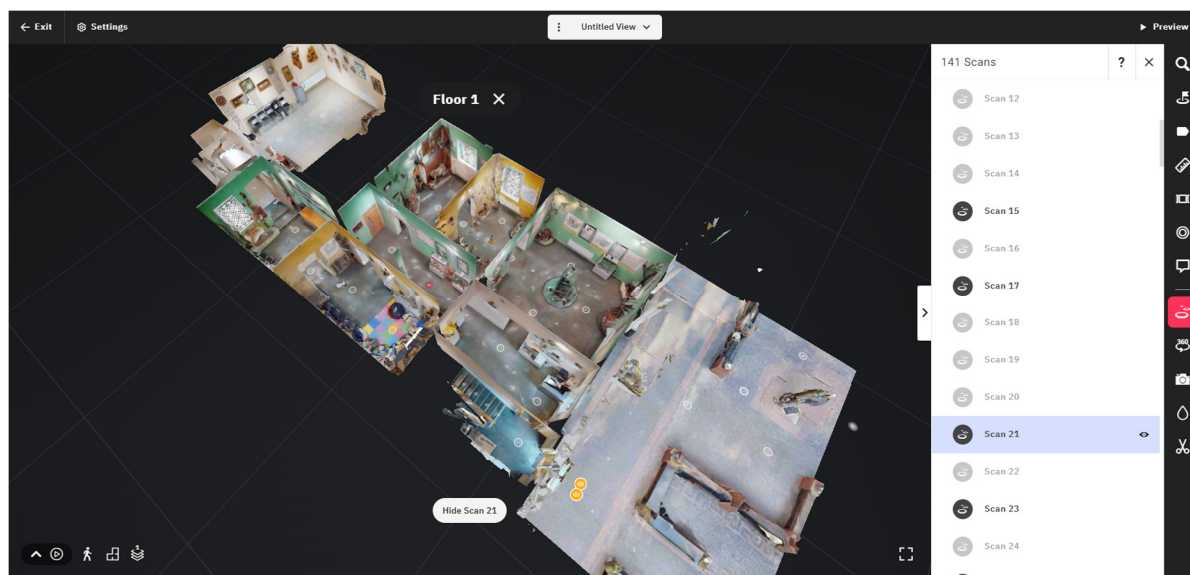


Рисунок 2.1 – Розміщення точок в Matterport

2.1.4 Додавання інтерактивності до Hotspots

Додавання інтерактивності до hotspots в інтерактивному 3D турі розширює можливості комунікації та залучення глядачів. Кожен hotspot може стати точкою доступу до різноманітних мультимедійних та текстових елементів, що робить тур

більш захопливим та інформативним. Нижче розглянуті різні типи інтерактивності для кожного hotspot.

Додавання відео до hotspots розширює можливості показу особливостей або подій. Наприклад, можна включити коротке відеоекскурсії, демонстраційні матеріали чи інтерв'ю з експертами. Вставлення аудіозаписів може забезпечити додатковий рівень іммерсії, зокрема у віртуальних музеях або архітектурних турах, де можна почути історії чи коментарі. Додавання текстової інформації дозволяє надати глядачам детальні описи об'єктів чи місць. Це може бути інформація про історію, архітектурні особливості чи факти. Включення гіперпосилань дозволяє детальніше досліджувати певні аспекти. Наприклад, посилання на додаткову літературу або ресурси для глибшого розуміння. Створення галерей зображень дозволяє глядачам переглядати колекції фотографій, старих знімків чи інших важливих зображень, пов'язаних з туром. Зображення великих деталей чи панорами розширюють можливості візуального сприйняття, дозволяючи користувачам приділяти увагу деталям. Додавання інших 3D моделей до hotspots може забезпечити детальніше вивчення певних об'єктів чи структур, особливо якщо вони важливі для основного контенту туру. Включення об'єктів, які можна обертати чи розглядати, робить тур більш інтерактивним і дозволяє користувачам досліджувати об'єкт у всіх деталях (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Розміщення точок з додатковою інформацією

Також можливе додавання інтерактивних кнопок, які можуть викликати додаткові вікна, меню чи активувати спеціальні функції. Підтримка геолокації та картографії, якщо тур пов'язаний з географічним розташуванням, включення інтерактивної мапи чи геолокаційних позначок може бути корисним.

Додавання інтерактивності до hotspots робить інтерактивний 3D тур більш динамічним та цікавим для глядачів. Враховуючи різноманітні типи мультимедійного контенту, ви створюєте повноцінний дослідницький досвід для аудиторії [6, 23].

2.1.5 Навігація та Маршрути

У віртуальному просторі інтерактивних 3D турів, де кожен куток може стати вашим віртуальним пунктом призначення, навігація та система маршрутів стають невід'ємними частинами неповторного дослідження.

На початку подорожі потрібно врахувати стратегічне розміщення точок переходу. Їхнє місцезнаходження важливе: точки повинні дозволяти глядачам вільно переміщатися по об'єкту чи території, розташовуючись стратегічно для найкращого враження. Щоб подорож була логічною, точки переходу розташовуються відповідно до контексту та логіки дослідження.

У віртуальному світі важливо враховувати інтерфейс навігації. Стрілки та кнопки стають помічниками, дозволяючи зручно переходити між точками туру. І для тих, хто бажає більше свободи, є можливість переходу за допомогою миші, натисканням на hotspots або простим перетягуванням.

Якщо ваша подорож відбувається у віртуальній реальності, не забувайте використовувати VR-гарнітури для іммерсивної навігації. Тут користувачі можуть прямувати в напрямку, куди дивляться, знаючи, що кожен рух додає до їхнього враження. А тепер розглядаємо альтернативні маршрути та варіанти вибору. Кожен глядач може зробити свій тур індивідуалізованим, обираючи різні маршрути чи напрямки дослідження. Якщо наш об'єкт має кілька цікавих точок, ми даємо можливість вибирати, який об'єкт вивчати.

У світі інтерактивних турів важливо також забезпечити глядачам зручні інструменти для орієнтації. Відображення мапи з треками та відзначенням точок переходу допомагає не загубитися в просторі. А можливість вибору геолокацій на карті дає глядачам владу над своєю подорожжю. Щоб зробити тури ще захопливішими, потрібно додати плавні переходи між точками, уникаючи різких змін, які можуть викликати дезорієнтацію. Зони переходу надають можливість активувати точку переходу, забезпечуючи при цьому зручну навігацію у великих об'єктах.

Не менш важливим етапом є тестування та оптимізація. Маршрути повинні бути логічними, а система навігації - ефективною. Тестування на різних пристроях та браузерях дозволяє переконатися, що кожен глядач отримає найкращий досвід навігації. Таким чином, в нашому віртуальному просторі, де реальність поєднується з імагінацією, кожен користувач може знайти свій унікальний шлях і поглибитися в інтерактивний світ дослідження [41, 42].

2.1.6 Оптимізація для реального часу

Створення плавного та ефективного 3D туру - завдання важливе і складне. Оптимізація та ефективне управління ресурсами стає важливим кроком у забезпеченні високої продуктивності на різних пристроях.

Щоб зменшити розмір файлів, потрібно використати різні техніки компресії моделей. Упаковка вершин, оптимізація полігонів та використання форматів файлів із найменшими розмірами - все це сприяє економії простору і полегшує завантаження. Також, потрібно стиснути тексти, зменшуючи їх розмір, але зберігаючи якість. Управління текстурами та матеріалами грає важливу роль. Використовуючи текстури з низькою роздільною здатністю для об'єктів, які не вимагають великої деталізації. Матеріали з меншою складністю дозволяють знизити обчислювальне навантаження, що сприяє плавності туру.

Ефективне використання скриптів та коду також важливо. Оптимізація скриптів допомагає зменшити навантаження на процесор, а асинхронне завантаження ресурсів прискорює завантаження та поліпшує продуктивність.

Адаптація до різних платформ є необхідністю. Створюючи ресурсоощадні версії для мобільних пристроїв, зменшуючи якість текстур та деталей. Адаптивні моделі змінюють рівень деталізації в залежності від характеристик пристрою.

Використання технік Level of Detail (LOD) дозволяє реалізувати більш гнучке управління деталізацією. Мультирівневий рівень деталізації дозволяє використовувати більш деталізовані версії об'єктів лише при найбільшій близькості користувача.

Тестування є невід'ємною частиною оптимізації. Потрібно переконатися, що тур працює оптимально на різних пристроях та в різних браузерях, враховуючи їхні особливості та обмеження. Оптимізоване завантаження ресурсів є ключем до швидкого старту туру. Використання поступового завантаження і кешування ресурсів дозволяє ефективно управляти ресурсами та забезпечує зручний та швидкий досвід користувача.

2.1.7 Перевірка та тестування

Підготовка інтерактивного 3D туру вимагає не лише творчого підходу, але й ретельного тестування, щоб впевнитися у якості та коректності всіх його елементів.

На початку, потрібно звернути увагу на hotspots - важливі точки взаємодії. Перевірка функціональності гарантує, що всі hotspots працюють, викликаючи очікувані дії та переходячи між точками інтерактиву. Важливо також перевірити сумісність hotspots із різними типами контенту, такими як фотографії, відео, текст і інші.

Далі оцінюються інтерактивні елементи туру. Перевірка їх ефективності гарантує бажаний вплив та відповідність очікуванням користувача. Тестування відтворення змін при взаємодії з елементами допомагає переконатися, що вони коректно відображаються та реагують на взаємодію користувача.

Також потрібно провести тестування на різних пристроях та браузерях, переконуючись, що тур виглядає та працює оптимально як на мобільних пристроях, так і на різних веб-браузерах. Це забезпечує максимальну сумісність та доступність для різних аудиторій.

Наступний крок - перевірка навігації та інтерфейсу. Впевневшись, що переміщення між точками є стабільним, а інтерфейс туру чітким, інтуїтивно зрозумілим та легким у використанні.

Якщо тур передбачає використання VR-гарнітури, потрібно провести відповідне тестування. Важливо, щоб VR-досвід був плавним та іммерсивним, а управління та взаємодія з туром - зручними для користувачів VR.

Тестування розширених функцій, таких як анімації та синхронізація між глядачами, також входить у план. Потрібно переконатись, як вони відтворюються та взаємодіють, гарантуючи їхню правильну функціональність.

Важливим етапом є також відзначення точок обрання. Перевіряючи чіткість інформації, яка надається при взаємодії з hotspots, і потрібно переконатися, що візуальні ефекти не відволікають від основного контенту туру.

І на завершення, враховуються різні роздільні здатності екранів, адаптуючи тур для оптимального відображення як на мобільних пристроях, так і на великих екранах телевізорів чи моніторів. Це дозволяє забезпечити якісний відтворення на будь-яких пристроях, що робить тур доступним для широкого кола аудиторії.

2.1.8 Публікація та поширення

Після завершення створення та тестування інтерактивного 3D туру, важливим етапом є його успішна публікація та максимальне поширення серед цільової аудиторії.

Щоб забезпечити зручний доступ користувачів до інтерактивного 3D туру, потрібно використовувати HTML-вбудовування. Це можливість вставити HTML-код туру безпосередньо на ваш веб-сайт. Додавання кнопок чи посилань, які спрямовують на тур, щоб забезпечити легку навігацію. Такий підхід дозволяє інтегрувати інтерактивні 3D тури безпосередньо в контент сайту, роблячи їх доступними для відвідувачів з одного кліку.

Застосування HTML-вбудовування дозволяє створювати іммерсивний досвід для користувачів, які можуть без зусиль дістатися до 3D турів, не залишаючи власний веб-сайт. При цьому можна використовувати кнопки дій, які полегшують

навігацію та взаємодію з контентом, зробивши віртуальну подорож ще більш комфортною для вашої аудиторії.

Розширюючи коло розуміння бренду чи продукту, розміщуючи інтерактивний 3D тур на сторінках у соціальних мережах, таких як Facebook, Twitter, Instagram, LinkedIn. Це ефективний спосіб залучити увагу аудиторії та викликати інтерес до простору чи продукту в віртуальному форматі. Крім того, використовуючи потужний інструмент електронної пошти для відправлення розсилок та новин, додаючи вбудоване посилання на інтерактивний тур. Це дозволить підписникам та клієнтам не лише переглядати, але й взаємодіяти з контентом у формі захопливого 3D досвіду. Зроблене добавить комунікації більш динамічними та цікавими, виходячи за межі звичайних текстових повідомлень.

Збільшення ефективності бізнесу, використовуючи інтерактивний 3D тур під час бізнес-презентацій продуктів або об'єктів на корпоративних зустрічах. За допомогою цього інноваційного інструмента можна привернути увагу та вражати потенційних клієнтів чи партнерів, представляючи продукти у вигляді захопливого 3D туру. Крім того, використовуючи тур на виставковому стенді чи під час конференцій для створення віртуальних екскурсій, що дозволить учасникам глибше зануритися в світ та легше розуміти продукти чи послуги. Такий підхід підсилює враження від подій та робить їх більш вражаючими та ефективними.

Віртуальні тури стають невід'ємною частиною маркетингових стратегій, надаючи компаніям зручний та захоплюючий спосіб взаємодії з клієнтами. Завдяки інтерактивним 3D турам можна створити не лише інноваційні маркетингові кампанії, але й надати споживачам новий та зацікавлюючий формат експозиції продуктів чи послуг. Крім того, використовуючи вмістовий маркетинг для підсилення ефекту – створюйте цікаві блогові статті, відео або інший вміст, який розкаже про тур та поділиться деталями на платформах контент-маркетингу. Такий підхід дозволить привернути увагу аудиторії, підвищити обізнаність та створити сильний вражаючий образ для бренду.

Matterport, Roundme, та Kuula - це потужні інструменти для створення віртуальних турів, які надають унікальні можливості для представлення об'єктів чи

просторів. Розглядаючи ці платформи, користувачі можуть скористатися великою кількістю готових функцій для реалістичної віртуальної експлуатації, інтеграції з VR для більш іммерсивного досвіду, а також автоматизованого створення 3D моделей з фотографій. Завдяки їм, користувачі можуть створити вражаючі та інтерактивні тури з легкістю.

Оптимізація пошукового запиту важлива для того, щоб інтерактивний 3D тур знаходив свою аудиторію в онлайн просторі. Додавання відповідних метатегів, ключових слів та описів допоможе покращити SEO індексацію туру, забезпечуючи йому більш високий рейтинг у пошукових системах.

Додатково, використання інструментів аналітики є критичним етапом у виробленні успішної стратегії. Вони дозволяють відстежувати взаємодію користувачів з туром, аналізувати популярність окремих частин туру та визначати ефективність маркетингових зусиль. Аналітика і відстеження результатів грають ключову роль у визначенні того, як тур сприймається аудиторією та як можна оптимізувати його, щоб забезпечити максимальний вплив.

При створенні інтерактивного 3D туру важливо враховувати адаптацію до різних пристроїв, щоб забезпечити максимальну зручність для аудиторії. Впевневшись, що тур відображається коректно не лише на комп'ютерах, але й на мобільних та планшетних пристроях, забезпечуючи однаково високий рівень інтерактивності та враження для всіх користувачів. Крім того, важливо перевірити браузерну сумісність, щоб тур працював на різних веб-браузерах без проблем та забезпечував безперебійний доступ для всіх зацікавлених сторін.

Для забезпечення активної взаємодії з користувачами інтерактивний 3D тур повинен мати можливість залишати коментарі та ставити рейтинги. Це не лише дозволяє отримати цінний фідбек від аудиторії, але й створює сприятливу платформу для вираження їхньої думки та вражень. Організація заходів для взаємодії, таких як розіграші, конкурси чи інші події, може зробити ваш тур більш привабливим та підвищити активність аудиторії. Це також відкриває можливості для підвищення свідомості про ваш бренд чи продукт через позитивні враження від взаємодії з інтерактивним вмістом.

2.2 Методи сканування простору

Для створення 3D турів необхідно сканувати простір і отримувати точкові хмари даних, які потім обробляються для створення 3D моделей об'єктів чи оточення. Існують різні методи сканування простору для створення 3D турів.

Лазерне сканування, або LiDAR (від англійського "Light Detection and Ranging"), представляє собою високоточний метод отримання глибокої інформації про форму та поверхню об'єктів за допомогою лазерних променів. Цей технологічний підхід має велике значення у створенні деталізованих 3D турів, особливо для будівель та ландшафтів, де точність є ключовою.

У процесі лазерного сканування, лазери надсилають короткі імпульси світла до поверхні об'єктів, а потім фотодетектори вимірюють час, який проходить від відправлення лазерного променя до його повернення від відскоку від об'єкта (рис. 2.3). З використанням цих вимірів, система обчислює відстань між пристроєм і точкою на поверхні. Коли цей процес повторюється для великої кількості точок, утворюється точкова хмара даних.



Рисунок 2.3 – Процес сканування лазером

Однією з основних переваг лазерного сканування є його висока точність. Технологія LiDAR може забезпечити виміри з точністю в міліметрах, що дозволяє створювати деталізовані та віртуально точні 3D моделі. Це особливо важливо для візуалізації будівель, де потрібно враховувати кожну деталь та контур.

Лазерне сканування також дозволяє отримувати велику кількість даних за короткий період часу, забезпечуючи швидкий та ефективний процес створення 3D моделей. Це робить його ефективним методом для великих об'єктів або територій, де необхідно зібрати велику кількість точок.

Після отримання точкової хмари даних, її можна обробити та використовувати для створення реалістичних та віртуальних 3D турів. Це дозволяє глядачам віртуально досліджувати об'єкти чи ландшафти, надаючи вражаючий рівень деталізації та реалізму.

Захоплюючий метод створення тривимірних моделей, що використовується для віртуальних турів. Цей процес поєднує в собі мистецтво та науку, приводячи до вражаючих результатів завдяки аналізу фотографій.

У своєму корінному принципі, фотограмметрія використовує серії фотографій, знятих з різних точок та кутів, для того, щоб визначити геометрію об'єктів. Спеціальне програмне забезпечення обробляє ці фотографії, взаємодіючи з рядом алгоритмів, що розпізнають особливості та структури на зображеннях.

Один із ключових етапів у фотограмметрії – це визначення точок відносно кожної іншої у тривимірному просторі. Це відбувається завдяки визначенню паралаксу та особливостей, які можна розпізнати на різних знімках. Коли відома геометрія камери, взаємний розташування точок визначається математично.

Процес фотограмметрії забезпечує вражаючу гнучкість інтерпретації фотографій. Він може бути застосований до різних об'єктів – від архітектурних споруд та пейзажів до малих об'єктів інтер'єру. Цей метод дозволяє створювати деталізовані та реалістичні 3D моделі навіть з відносно простого обладнання.

Однією з переваг фотограмметрії є те, що вона може бути використана в різних умовах освітлення та на різних відстанях. Відновлені моделі можуть бути високо

деталізованими та реалістичними, створюючи ілюзію присутності для користувачів віртуального туру.

Фотограмметрія надає можливість піднятися вище над обмеженнями традиційного сканування і використовує потужність фотографій для втілення об'єктів у тривимірному віртуальному просторі, роблячи цей метод важливим інструментом у сфері віртуальних турів та візуалізації [28, 31].

Фотограметрія, вдосконалена за допомогою дронів, стала вражаючим засобом створення високоякісних та деталізованих 3D моделей з повітря. Використання цієї технології виявляється дуже ефективним у випадках, коли потрібно охопити великі території, вивчати ландшафти чи створювати вражаючі віртуальні тури навколо об'єктів інтересу.

Дрони, обладнані камерами високої роздільної здатності та системами геопозиціонування (GPS), можуть взлітати у небо та знімати фотографії з різних кутів та висот. Це забезпечує великий обсяг даних, які потім можна використовувати для створення точкових хмар і, в кінцевому підсумку, для формування реалістичних 3D моделей.

Один із ключових переваг використання дронів у фотограметрії полягає у їхній здатності легко долати труднодоступні території або недоступні для звичайних методів сканування області. Це дозволяє отримати повнішу та більш комплексну картографію ландшафту чи створити детальні моделі архітектурних об'єктів.

Після збору фотографій дрони передають отримані дані для обробки фотограмметричними алгоритмами. Ці алгоритми аналізують особливості на кожній фотографії та визначають їхню просторову взаємодію. В результаті виникає точкова хмара, яка служить основою для подальшої конструювання тривимірних моделей.

Використання фотограметрії з дронів є не лише ефективним, але й витратозберігаючим методом створення 3D візуалізацій. Враховуючи швидкість та мобільність дронів, цей підхід стає неоціненим інструментом у сфері віртуальних

турів, надаючи користувачам можливість досліджувати світ з величезною реалістичністю та деталізацією [28, 34].

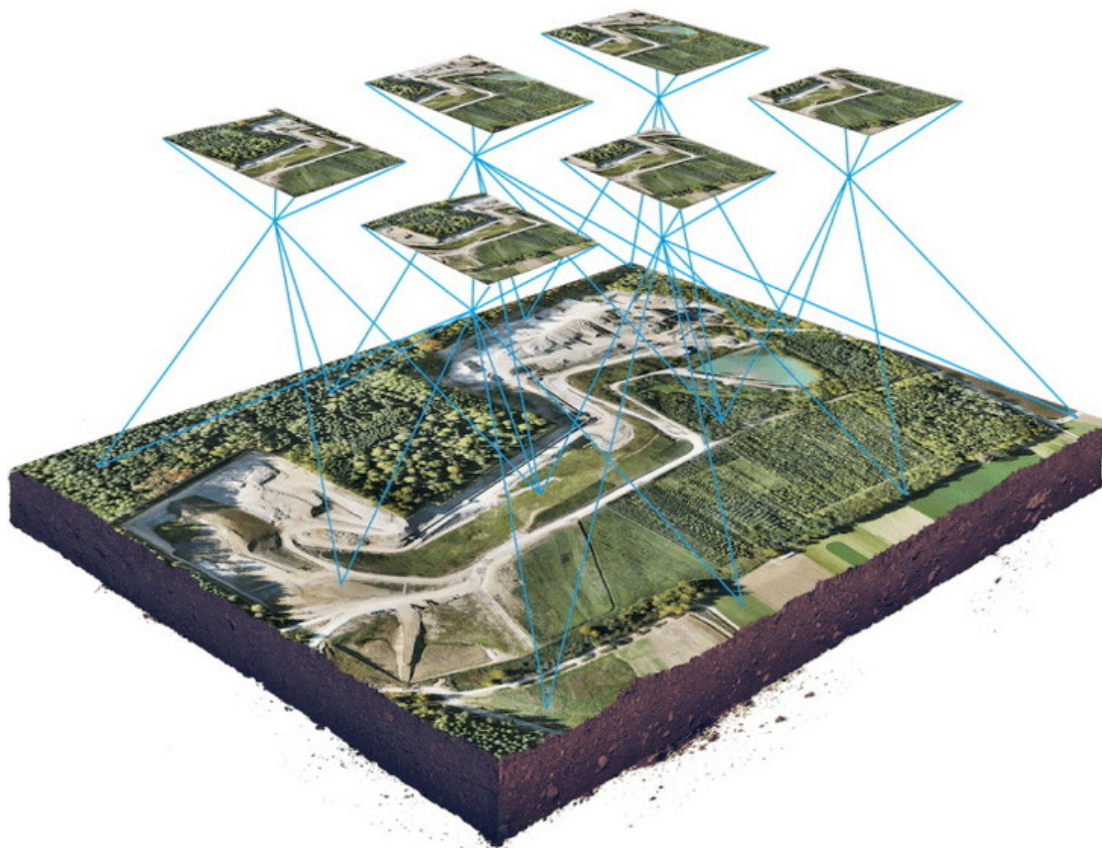


Рисунок 2.4 – Результат фотограметрії зроблений за допомогою дрона

Сучасні технології дозволяють використовувати смартфони як потужні інструменти для створення 3D моделей простору, роблячи процес сканування доступним для широкого кола користувачів. Додатки, спеціально розроблені для цієї мети, використовують вбудовані камери та сенсори смартфонів для створення вражаючих тривимірних репрезентацій реального світу.

Однією з ключових переваг цього підходу є його простота та доступність. Користувачам не потрібно володіти спеціальним обладнанням чи технічними навичками – достатньо лише встановити відповідний додаток на свій смартфон. Це відкриває можливості для широкого кола аудиторії, яка може експериментувати з технологією 3D моделювання та створювати свої власні віртуальні об'єкти.

Процес сканування за допомогою смартфона зазвичай включає в себе обертання пристрою навколо об'єкта для отримання повного обсягу даних. Камери фіксують зображення, а сенсори визначають їхнє положення та відстань. Додатки використовують ці дані для створення точкових хмар та розрахунку геометричних параметрів об'єкта.

Однак, важливо враховувати, що застосунки для сканування за допомогою смартфонів зазвичай призначені для створення простих 3D моделей, і їхні можливості можуть обмежуватися порівняно невеликими проектами. Для більш складних завдань чи високоякісних моделей може знадобитися використання більш спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення.



Рисунок 2.5 – Процес сканування телефоном

2.3 Структура запропонованого методу побудови 3D туру

2.3.1 Аналіз вимог

Першим етапом в розробці 3D турів є ретельний аналіз цільової аудиторії та її очікувань. Це включає в себе вивчення характеристик потенційних користувачів – їхніх вікових категорій, освітнього рівня, інтересів, та технічної компетентності. Наприклад, якщо цільовою аудиторією є студенти, можливо, важливо враховувати їхні освітні потреби та переваги. З іншого боку, якщо це туристичний проект,

дослідження може орієнтуватися на те, що очікується від віртуального туру від подорожуючих.

Збір відгуків та думок від потенційних користувачів щодо їхніх очікувань від 3D турів є ключовим елементом цього етапу. Важливо визначити, які елементи віртуального досвіду будуть найбільш значущими для цільової аудиторії: чи це можливість взаємодії з об'єктами, наявність детальних мультимедійних матеріалів, чи, наприклад, можливість індивідуалізації маршруту.

Для успішної реалізації проекту необхідно чітко визначити функціональні та технічні вимоги до 3D турів. Функціональні вимоги пов'язані із здатністю системи задовольняти потреби користувачів та виконувати певні функції. Наприклад, це може бути можливість вибору різних маршрутів, взаємодія з об'єктами, або включення додаткових інформаційних елементів.

Технічні вимоги пов'язані з аспектами реалізації проекту. Це може включати в себе вимоги до платформи, яку буде використовувати система, вимоги до продуктивності, розширюваності та можливості інтеграції з іншими технологіями. Наприклад, якщо проект передбачає використання віртуальної реальності, технічні вимоги можуть включати підтримку VR-пристроїв та оптимізацію для їхнього використання [44].

Ефективний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс грає ключову роль у взаємодії користувача з 3D туром. На цьому етапі важливо визначити, як користувачі будуть взаємодіяти з віртуальним оточенням, які елементи інтерфейсу будуть використовуватися для навігації, взаємодії з об'єктами та отримання додаткової інформації.

Це може включати в себе розробку інтерактивних елементів, таких як кнопки, жести, чи голосові команди. Важливо враховувати дизайн інтерфейсу таким чином, щоб він був інтуїтивно зрозумілим для різних категорій користувачів. Також важливо визначити ступінь інтерактивності, яка буде найбільш відповідати очікуванням цільової аудиторії.

Узагальнюючи, вказані аспекти аналізу вимог є ключовими для успішної розробки 3D турів, оскільки вони визначають базові параметри проекту, враховуючи потреби та очікування користувачів. [38]

2.3.2 Проектування

Проектування віртуального оточення – це креативний та стратегічний процес, який визначає естетику та взаємодію користувача з 3D туром. Перш за все, важливо створити концепцію, яка відображатиме основні ідеї та мету проекту. Це може включати в себе обрання тематичних елементів, кольорової палітри та загального настрою.

На цьому етапі також важливо визначити стиль дизайну, який буде використовуватися в 3D турах. Чи це буде реалістичний підхід, стилізований або, можливо, комбінація обох? Важливо також визначити, наскільки важливо буде зберігати консистентність дизайну між різними сценами та об'єктами.

Дизайн віртуального оточення повинен також враховувати визначені потреби цільової аудиторії. Наприклад, якщо це віртуальний тур для освітніх цілей, важливо включити елементи, які сприяють кращому засвоєнню інформації.

Структура 3D турів – це організація віртуального простору та логіка переходів між сценами чи об'єктами. Важливо враховувати, як користувач буде переміщатися від одного пункту до іншого, яким буде порядок вивчення об'єктів, та як забезпечити логічний та приємний досвід.

Спроекувати логіку переміщення можна, наприклад, через створення віртуального маршруту або мапи, яка визначає порядок відвідування об'єктів. Важливо також враховувати можливість вибору користувачем свого маршруту чи напрямку.

Логіка переміщення також повинна бути інтуїтивною та дружелюбною до користувача. Забезпечення зручного та ефективного способу навігації допоможе зберегти увагу користувача та підвищити загальний комфорт взаємодії.

Визначення типів інтеракцій та мультимедійних елементів є важливим етапом у проектуванні, оскільки це визначає рівень залучення та інтерактивності

3D турів. Інтеракції можуть включати в себе вибір об'єктів, отримання додаткової інформації, анімації та багато іншого.

Типи мультимедійних елементів також визначаються на цьому етапі. Це може бути використання звукових ефектів, відео-роликів, фотографій, текстової інформації та інших візуальних матеріалів. Різноманітність цих елементів дозволяє створити насичений та захоплюючий досвід для користувачів.

Ключовим аспектом є збалансування інтеракцій та мультимедійних елементів так, щоб вони доповнювали один одного та створювали гармонійний і цікавий віртуальний досвід. Це дозволяє досягти мети проекту та забезпечити високий рівень задоволення від взаємодії з 3D туром [45].

2.3.3 Розробка контенту

Один з ключових етапів розробки 3D турів - це створення або отримання високоякісних 3D-моделей об'єктів, які будуть представлені в віртуальному оточенні. Це може включати в себе створення власних моделей в графічних редакторах або використання готових 3D-моделей, які доступні з різних ресурсів.

Якщо обрано шлях створення власних 3D-моделей, команда розробників може використовувати спеціалізовані програми для моделювання, такі як Blender, Autodesk Maya чи ZBrush. Процес моделювання включає в себе створення тривимірних об'єктів з урахуванням їхньої форми, текстури та розміщення у віртуальному просторі. [32]

Іншим способом є використання готових 3D-моделей, які можна отримати з онлайн-бібліотек або від спеціалізованих дизайнерів. Це дозволяє ефективно використовувати якісні та деталізовані моделі, зекономивши час та зусилля розробників.

У будь-якому випадку важливо забезпечити, щоб 3D-моделі були оптимізованими для швидкого завантаження та високої продуктивності на різних пристроях та платформах.

Після отримання або створення 3D-моделей об'єктів, наступним етапом є розробка текстових та мультимедійних матеріалів, які нададуть користувачам

додаткову інформацію та контекст щодо представлених об'єктів у віртуальному турі.

Текстові матеріали можуть включати описи об'єктів, історії, цікаві факти або будь-яку іншу релевантну інформацію. Важливо створити текст, який буде зрозумілим та зацікавить різні групи користувачів. Забезпечення легкості читання та доступності інформації є ключовими аспектами цього етапу.

Мультимедійні елементи, такі як відео, звукові ефекти, фотографії чи інші графічні матеріали, можуть бути використані для збагачення враження від взаємодії з об'єктами. Наприклад, короткі відеоролики можуть привертати увагу користувачів та розкривати більше деталей про об'єкти.

При розробці контенту важливо також враховувати динамічність та взаємодію із змістом, щоб створити захоплюючий та змістовний віртуальний досвід для кожного користувача [11].

2.3.4 Технічна реалізація

Перший етап технічної реалізації проекту 3D турів полягає в виборі або розробці платформи, яка надасть необхідні інструменти для створення та управління віртуальними турами. Якщо вибирається готова платформа, важливо враховувати її можливості щодо масштабованості, підтримки різних пристроїв та інші функціональність.

Наприклад, Unity або Unreal Engine можуть слугувати базовими платформами для створення 3D турів через свої розширені функції графічного двигуна та можливості реалізації віртуальної реальності. Інші рішення, такі як Matterport, можуть бути спеціалізовані на конкретних виданнях віртуальних турів.

Якщо обрано розробку власної платформи, важливо визначити архітектурні вимоги та функціональність, яку ви плануєте впровадити. Розглядайте можливості взаємодії з графічними API, підтримку різних форматів 3D-моделей та інші ключові характеристики.

Для ефективного відтворення 3D-моделей та їх рендерингу, необхідно визначити технічний стек, який буде використовуватися в проєкті. Це включає в

себе вибір технологій, бібліотек та фреймворків, які оптимально підходять для задачі.

Графічний двигун, такий як OpenGL або Vulkan, може бути використаний для обробки графіки та відтворення 3D-сцен. У випадку віртуальної реальності або аугментованої реальності, може знадобитися підтримка VR-фреймворків, таких як OpenVR чи Oculus SDK.

Для оптимізації рендерингу можна використовувати техніки, такі як Level of Detail (LOD), які забезпечують відтворення більш деталізованих моделей лише в областях, де це необхідно для користувача, тим самим зменшуючи навантаження на обчислювальні ресурси.

Важливо також розглядати питання оптимізації продукту для різних пристроїв та платформ. Це може включати в себе адаптацію до різних роздільних здатностей екранів, оптимізацію для мобільних пристроїв та інші аспекти множинності пристроїв.

Алгоритми інтерактивності та взаємодії грають важливу роль у створенні захоплюючого користувацького досвіду. Реалізація таких алгоритмів включає в себе обробку введення користувача та відповідні дії для взаємодії з 3D-сценою.

Для обробки введення користувача можуть використовуватися різні техніки, такі як raycasting для визначення того, на який об'єкт вказує користувач. Реалізація різноманітних жестів, таких як панорамування чи масштабування, також важлива для створення натурального та інтуїтивного способу взаємодії.

Додатково, важливо розглядати можливості додавання анімацій та інтерактивних елементів, таких як кнопки чи події, які активуються при взаємодії користувача. Це може допомогти зробити віртуальний тур більш цікавим та важливим для користувача.

Технічна реалізація алгоритмів інтерактивності вимагає впровадження програмної логіки, яка слідує за введенням користувача та обробляє взаємодії на рівні програмного коду. Також може бути важливим враховувати можливості інтеграції з системами відстеження рухів для додаткового рівня інтерактивності, особливо у випадку використання віртуальної реальності.

2.3.5 Створення сценаріїв та розвиток подій

Для створення можливостей вибору користувача, важливо розробити альтернативні шляхи або розгалуження сценаріїв. Наприклад, користувач може вибрати між вивченням історії або архітектури, що дозволяє персоналізувати досвід.

Сценарії повинні враховувати взаємодію користувача з об'єктами. Це може включати в себе можливість отримання додаткової інформації, взаємодію зі сценічними елементами чи вибір напрямку руху.

Для зроблення туру цікавим та динамічним можна використовувати динамічні події та анімацію. Наприклад, відтворення історичних подій або додавання анімованих елементів для враження від реалізму.

Сценарії повинні контекстуалізувати події та об'єкти, надаючи додаткову інформацію та контент. Текстові описи, відео-ролики, фотографії та інші матеріали можуть збагатити знання користувача та робити тур більш змістовним.

2.3.6 Розробка документації

Розробка документації – важливий етап в процесі створення будь-якого програмного продукту чи системи. Цей процес включає підготовку технічної та користувацької документації, спрямованої як на тих, хто буде взаємодіяти з внутрішніми аспектами системи (розробники), так і на кінцевих користувачів, що використовуватимуть продукт.

Технічна документація призначена для розробників та технічних спеціалістів і включає в себе докладні відомості щодо архітектури системи, використаних технологій, алгоритмів та інших технічних аспектів. Вона допомагає забезпечити легше розуміння кодової бази, робочих процесів та можливостей системи для розробників, які працюватимуть над продуктом у майбутньому.

Користувацька документація спрямована на кінцевих користувачів та призначена забезпечити їм інструкції та інформацію щодо використання продукту. Це може включати в себе пояснення основних функцій, керівництво з експлуатації,

тьюторіали, часті питання та інші рекомендації, які допомагають користувачам максимально використовувати можливості продукту.

Однією з ключових частин користувацької документації є інтерфейс користувача, де надаються пояснення щодо різних елементів і кнопок, описи функціональності та поради з навігації. Це допомагає новим користувачам швидко орієнтуватися в системі та ефективно взаємодіяти з нею.

Забезпечення повноти та чіткості в документації є важливим, оскільки це впливає на розуміння та ефективне використання продукту як розробниками, так і кінцевими користувачами. Крім того, постійне оновлення документації є ключовим елементом, оскільки продукт може розвиватися та оновлюватися з часом, і користувацька та технічна інформація повинні відображати поточний стан продукту [15, 25].

Висновки до розділу 2

1. Розглянуто платформи та інструменти для створення 3D турів, що дало можливість систематизувати інформацію про платформи та визначити основні етапи побудови 3D турів.

2. Розглянуто методи сканування простору, що дало змогу виділити їх механізми застосування.

3. Запропоновано метод побудови 3D туру пам'яткою архітектури, що містить шість етапів, починаючи від аналізу вимог та закінчуючи розробкою документації, що дало можливість створювати 3D тури високої якості.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТУРІВ

3.1 Matterport та його можливості

Процес створення панорам починається зі сканування простору, що може виконуватися як за допомогою телефона, так і за допомогою спеціального сканера. У обох випадках необхідно використовувати додаток, який забезпечує зберігання всіх даних на телефоні. Цей додаток також володіє функцією об'єднання усіх панорам за допомогою хмари точок.

У процесі сканування, технологія збирає інформацію про структуру простору, включаючи його геометричні особливості та текстурні елементи. Якщо використовується телефон, користувач фіксує зображення навколишнього середовища, а додаток автоматично обробляє ці дані.

Після завершення сканування, весь об'єкт або простір завантажується на сервери Matterport. За допомогою їхнього веб-сайту користувач може переглядати і взаємодіяти з цим об'єктом. На рисунку 3.1 представлена початкова сторінка веб-сайту Matterport, яка надає доступ до віртуальних об'єктів.

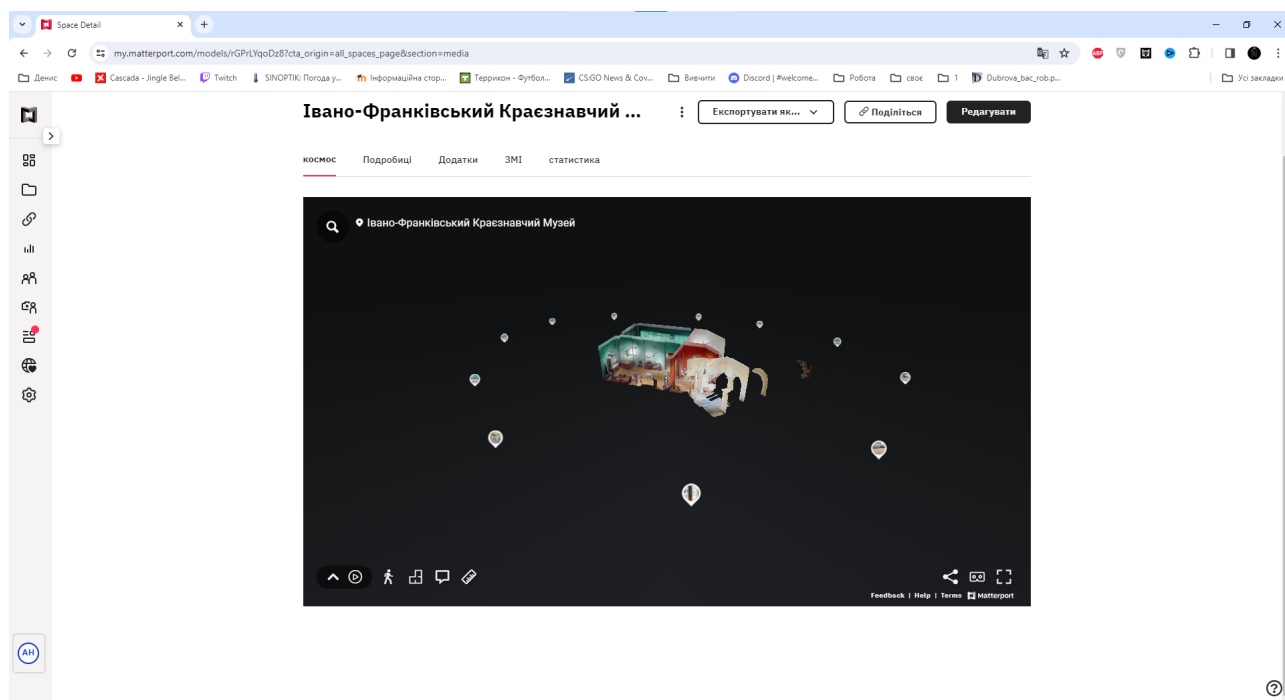


Рисунок 3.1 – Сайт Matterport

Після завантаження моделі в систему створення 3D турів користувач отримує можливість використовувати ряд інструментів редагування для деталізації та покращення віртуального простору. Ці інструменти дозволяють додавати різні подробиці, маркери чи описи до конкретних областей моделі, забезпечуючи більш глибоке розуміння та інтерактивність для користувача.

На рисунку 3.2 зображено панель інструментів, доступних для редагування та налаштування віртуального туру. Ця панель містить різноманітні опції, такі як вибір режиму редагування, додавання текстових або графічних елементів, встановлення точок маркера для навігації та інші функції.

Процес створення автоматичного туру є інтуїтивно зрозумілим і включає в себе використання вищезгаданих інструментів для автоматизації створення послідовності переходів між різними точками об'єкту чи місця. Це дозволяє користувачеві створювати навігаційний шлях, який логічно та цікаво веде глядача через віртуальний простір.

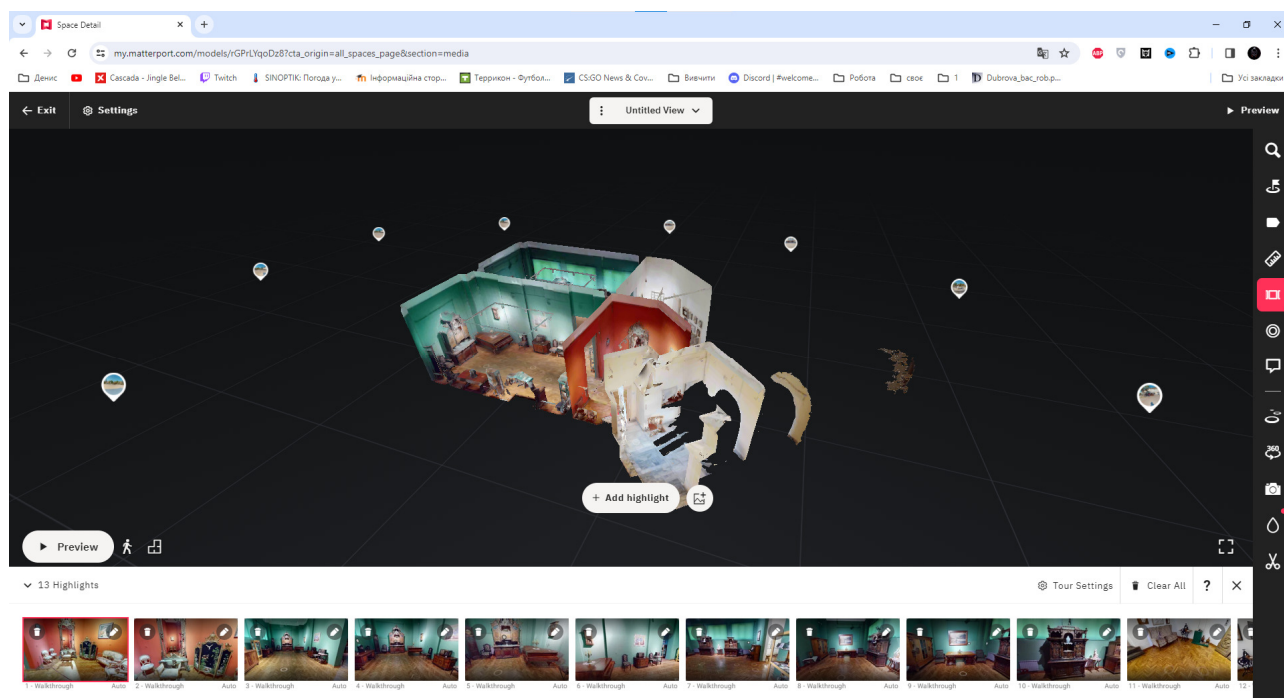


Рисунок 3.2 – Робоча зона Matterport

На рисунках 3.3 та 3.4 представлено інструмент, який використовується для редагування точок в системі Matterport. Цей інструмент має ключове значення для

користувача, оскільки він надає можливість докладного визначення та коригування місць, куди можна переміщатися в межах об'єкту під час віртуального туру.

На рисунку видно інтерфейс інструменту, який включає в себе опції для вибору та редагування конкретних точок на об'єкті. Ці точки визначають місця, до яких можна прив'язати переходи чи певні елементи туру. Користувач може визначати їхню точну локацію, встановлювати орієнтацію та визначати параметри камери для кожної точки.

Цей інструмент не тільки дозволяє коригувати точки, але і вносити зміни у вигляді та розміщення віртуального туру, щоб забезпечити максимальну зручність та цікавість для глядача. Користувач має можливість налаштовувати деталі маршруту і розташування, створюючи більш персоналізований та ефективний віртуальний досвід.

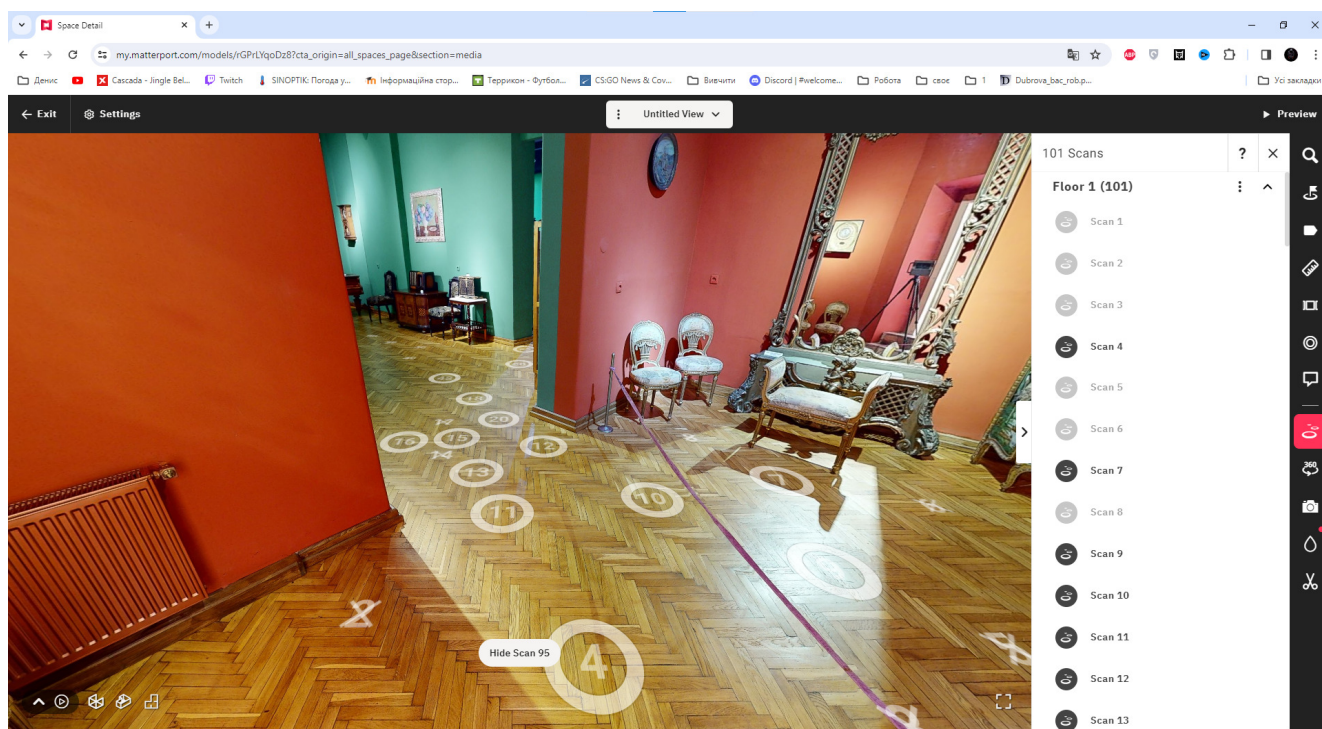


Рисунок 3.3 – Редагування точок переміщення

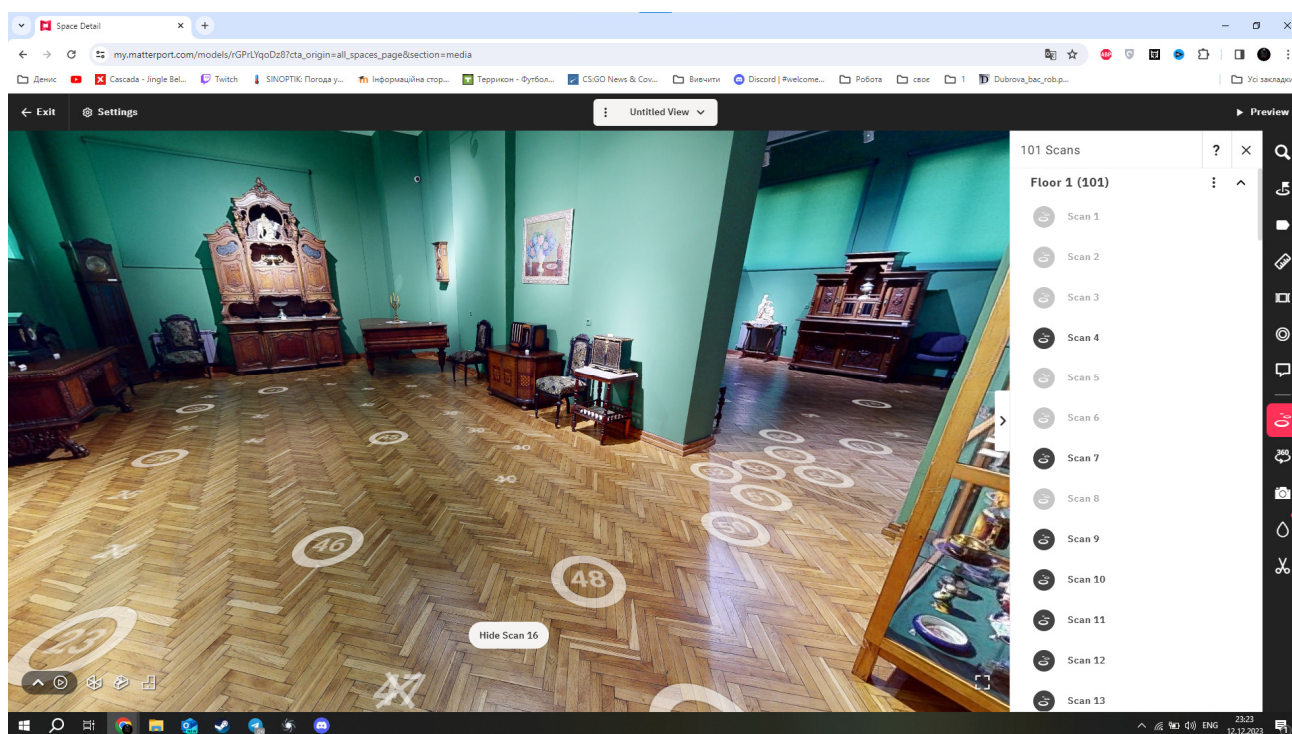


Рисунок 3.4 – Редагування точок переміщення

Після успішного налаштування 3D туру, користувач має можливість завантажити його на карти Google, роблячи його доступним для широкої аудиторії, яка може переглядати та подорожувати віртуальною областю. Цей процес завантаження впливає на доступність та розповсюдження 3D туру, що робить його доступним для користувачів по всьому світу.

На рисунку 3.5 відображено результат цього завантаження на карти Google. Кожен користувач, який відвідає це місце в інтернеті, отримає можливість взаємодіяти з віртуальним туром, досліджуючи деталі та атмосферу представленого об'єкту або простору.

Завантаження на карти Google має важливе значення, оскільки ця платформа є широко використовуваною та популярною серед користувачів, що забезпечує велику кількість потенційних глядачів для віртуального туру. Це також дозволяє інтегрувати тур у велику мережу інтерактивних віртуальних вражень, де користувачі можуть знайти і досліджувати цікаві місця, навіть не залишаючи свого місця проживання.

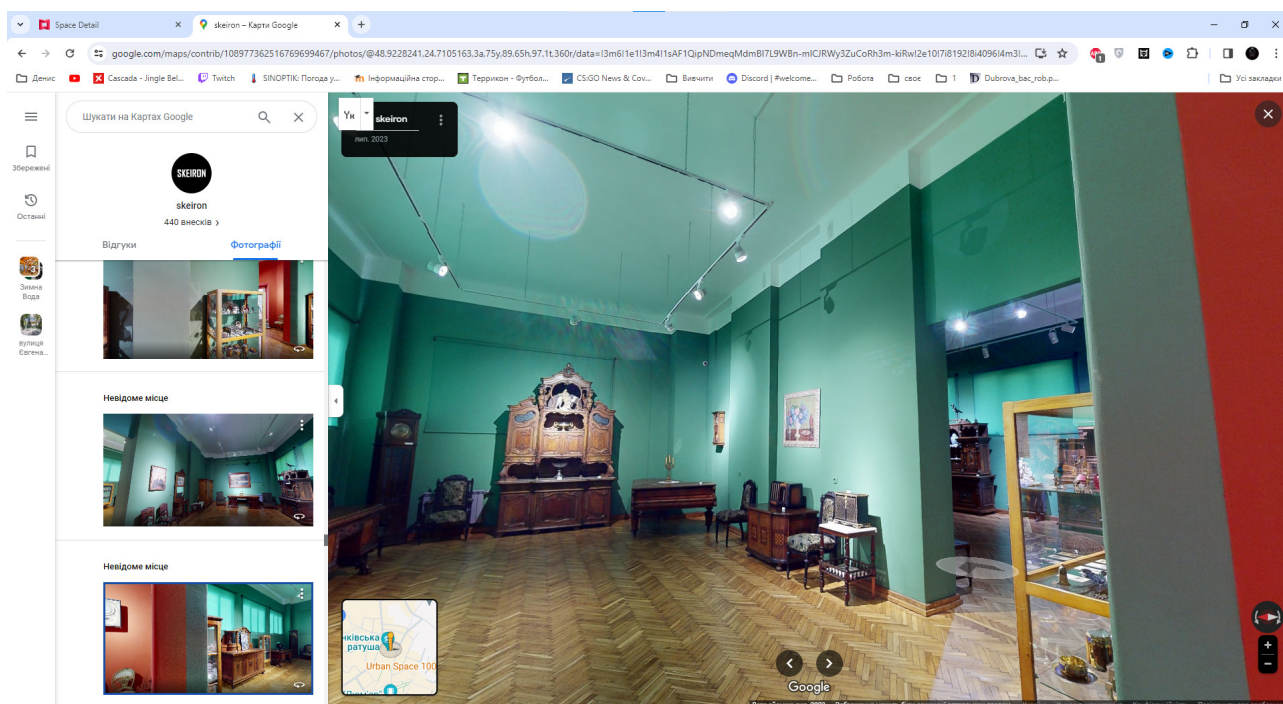


Рисунок 3.5 – Готовий 3D тур

На всіх панорамах може виникати одна спільна проблема - розмите частини у верхній та нижній частині зображення. Ця проблема може виникати під час процесу зйомки або під час обробки зображень, і вона впливає на якість віртуального туру. Крім того, існують відображення в церкалах, які також варто виправити для поліпшення візуального враження.

Для виправлення цих дефектів необхідно завантажити всі панорами та провести редагування в Adobe Photoshop. На рисунку 3.6 показані самі дефекти - розмиті частини та відображення в церкалах. Далі, на рисунку 3.7, зображено процес виправлення цих дефектів за допомогою редагування в Adobe Photoshop.[2]

У редакторі зображень можна застосовувати різноманітні техніки, такі як виправлення розмиття, ретушування, та робота з відображеннями. Важливо докладно вивчити кожен панораму та внести необхідні корекції, щоб досягти високої якості зображення.

Цей етап редагування важливий для створення бездоганних віртуальних турів, які надають користувачам чітке та якісне враження від взаємодії з віртуальним простором.

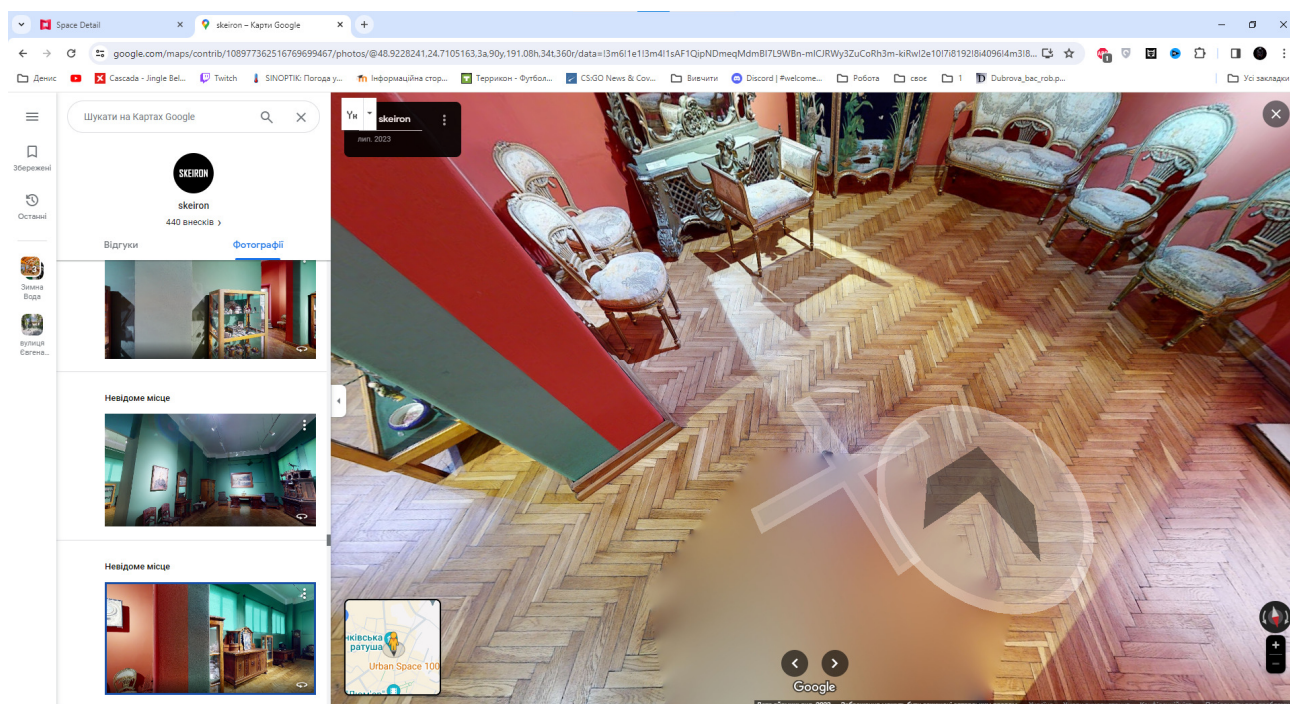


Рисунок 3.6 – Дефекти панорам

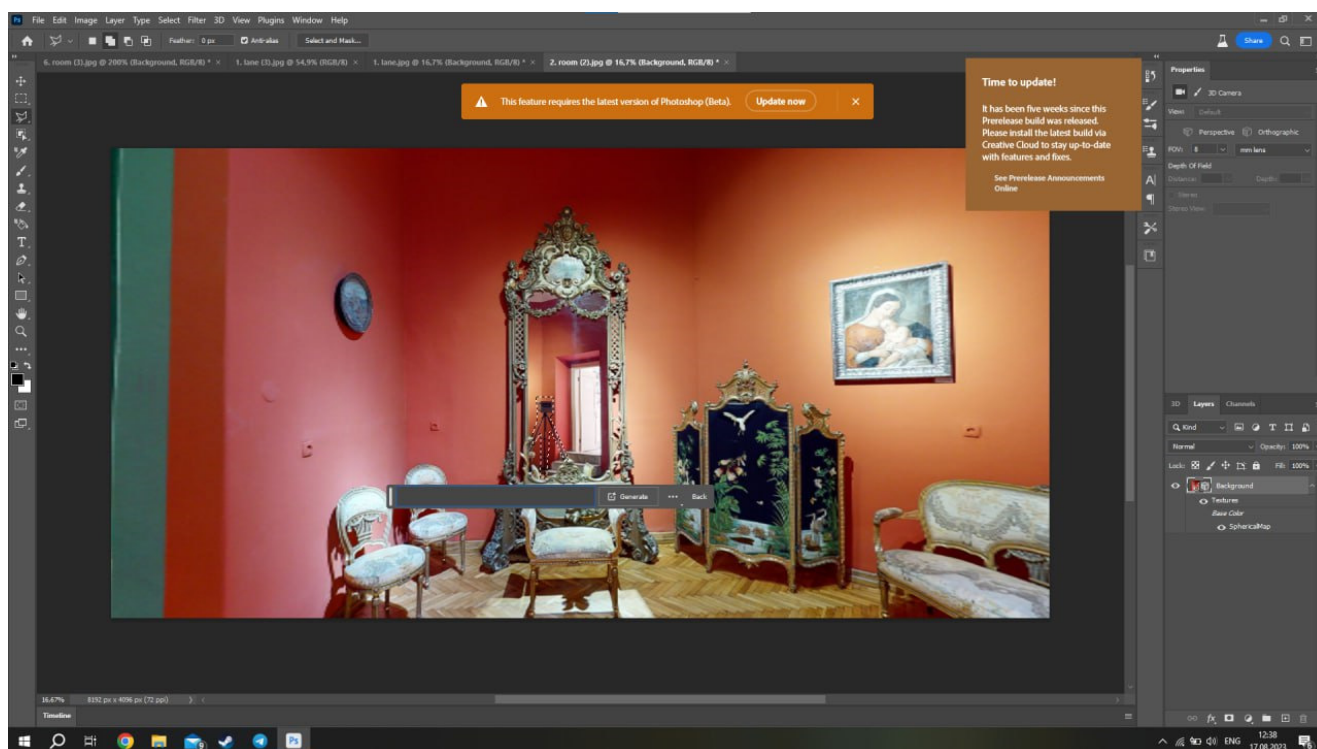


Рисунок 3.7 – Процес забирання дефектів за допомогою програми Adobe Photoshop

3.2 Створення моделі

Наступним етапом є ручне створення об'єкта для розташування панорам. Цей процес включає в себе використання сканера для фотографування об'єкта зсередини, а потім створення тривимірного об'єкта на основі отриманих даних. В даному випадку використовується Blender - програма для 3D моделювання та редагування.

Спочатку, за допомогою сканера, фотографується об'єкт з середини. Цей процес дозволяє отримати велику кількість деталей та інформації про форму та структуру об'єкта. Далі, використовуючи Blender, створюється тривимірний об'єкт на основі отриманих фотографій. Це може включати в себе розміщення зображень у просторі для точного відтворення об'єкта та його деталей.

На рисунку 3.7 показано результат створеного об'єкта та подальше редагування в Blender. Тут видно, як виправлено дефекти та якісно відтворено об'єкт для подальшого використання у віртуальних турах.

Цей етап важливий для забезпечення точності та реалістичності віртуального досвіду. Створення об'єкта вручну дозволяє досягти більшої гнучкості та контролю над деталями, що важливо для створення вражаючих та відмінних за якістю 3D турів.

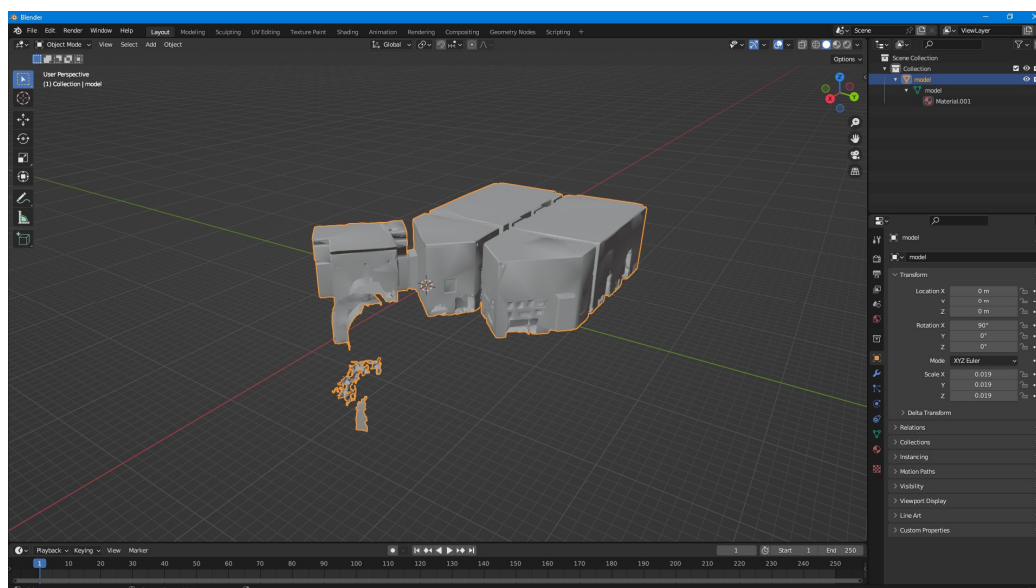


Рисунок 3.8 – Готовий об'єкт в Blender

За допомогою Blender відбувається редагування всього декору, що розташовано усередині об'єкта або простору, що відобразиться у віртуальних турах. У випадку, якщо декор розташований не на своєму місці або потребує корекцій, Blender надає інструменти для його вирівнювання, переміщення, збільшення або зменшення.

Зокрема, за допомогою інструментів Blender можна здійснювати різні операції, як переміщення, де інструменти переміщення дозволяють точно розташовувати декор у просторі. Це може бути корисно для забезпечення правильного розташування об'єктів або елементів декору. Збільшення та зменшення, де за допомогою інструментів масштабування можна регулювати розмір об'єктів. Це дозволяє забезпечити гармонійне співвідношення між різними елементами та створити збалансований дизайн.

На рисунках 3.9-3.10 показано результат розташування предметів після редагування в Blender. Видно, як інструменти редагування використовуються для оптимізації місця та розміщення декоративних елементів у віртуальному просторі.

Це редагування важливо для створення реалістичних та привабливих віртуальних турів, де уважно продуманий декор може створити затишну та привабливу атмосферу.

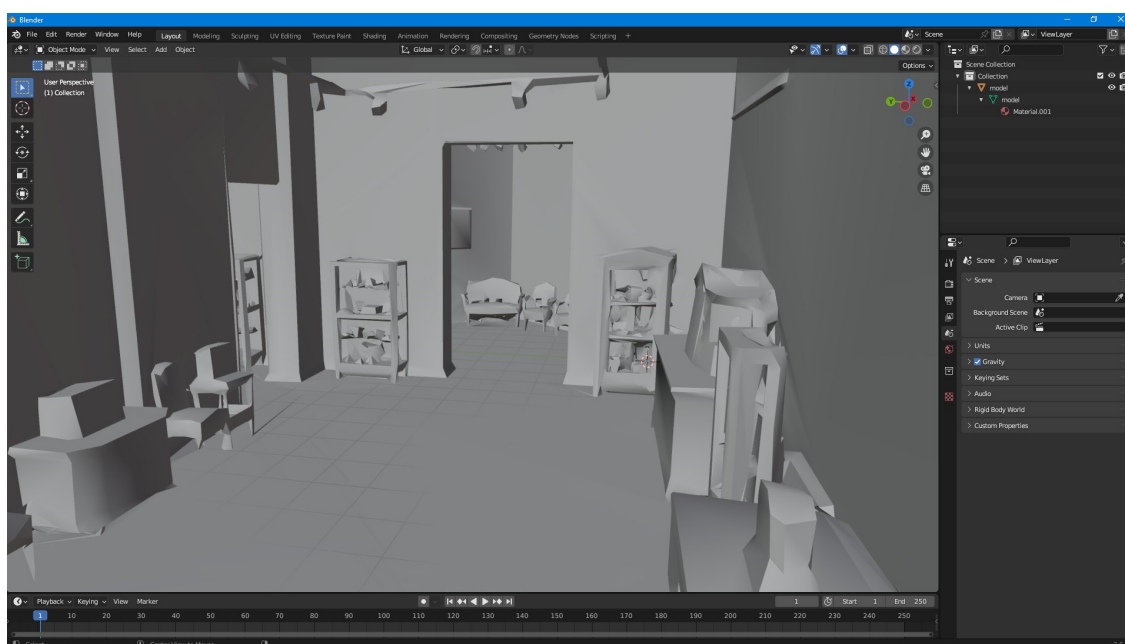


Рисунок 3.9 – Об'єкт зі середини, кімната 1

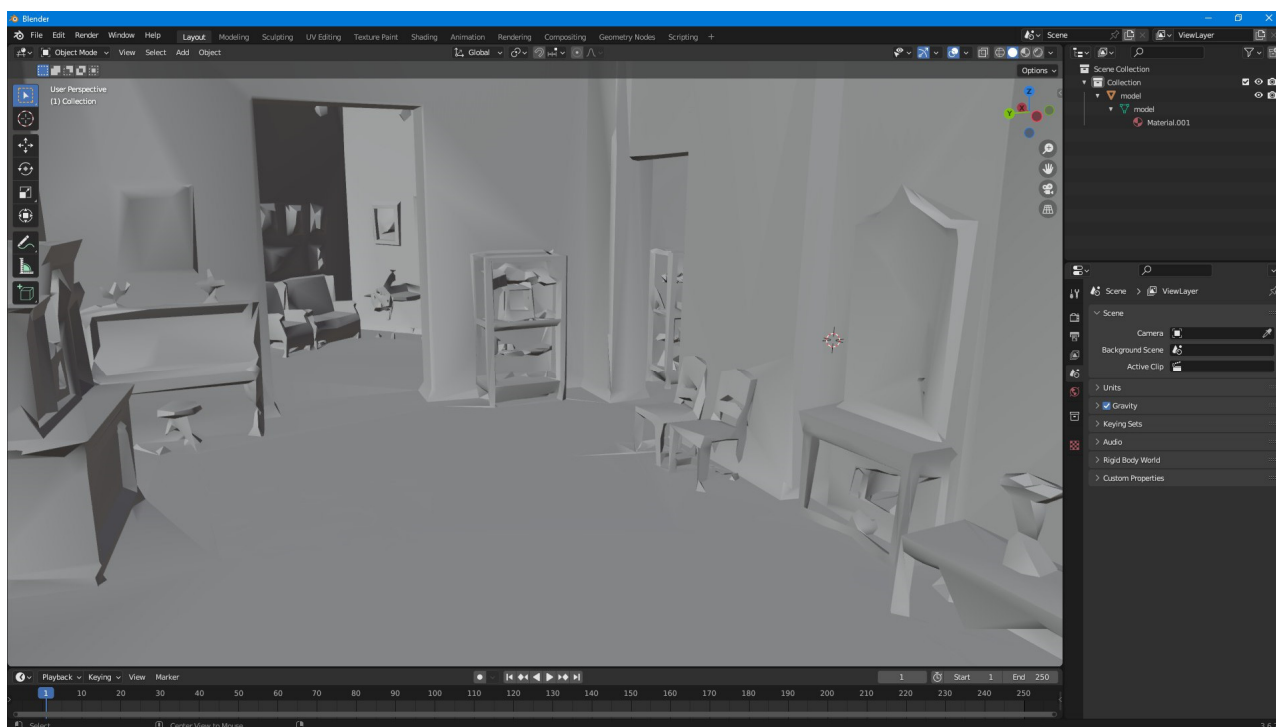


Рисунок 3.10 – Об’єкт зі середини, кімната 2

3.3 Створення 3D туру

Наступною програмою і останньою для створення 3D туру є Everpano. Перед тим, як створювати сам тур, знадобиться зареєструватись. Після входу в акаунт Everpano виберіть опцію для створення нового туру або завантаження наявних панорам чи зображень. Процес завантаження може вимагати від вас вибрати файли на вашому комп'ютері або імпортувати їх з інших джерел, таких як хмарні сервіси (наприклад, Google Drive чи Dropbox).

При виборі файлів для завантаження, Everpano, надає вам можливість вибрати формат, у якому вони збережені. Це може бути стандартний формат для панорам, такий як JPEG або PNG. Крім того, ви, ймовірно, матимете опцію імпортувати файли безпосередньо з хмарних сервісів, що дозволяє легко отримувати доступ до ваших зображень з різних пристроїв.

Після завантаження панорам чи зображень, ви отримаєте можливість приступити до редагування та налаштування вашого 3D туру в Everpano. Це може включати в себе додавання маркерів, визначення точок переходу, налаштування

анімацій та інших параметрів для створення захопливого віртуального досвіду. [3]
На рисунках 3.11 та 3.12 зображено процес створення проекту.

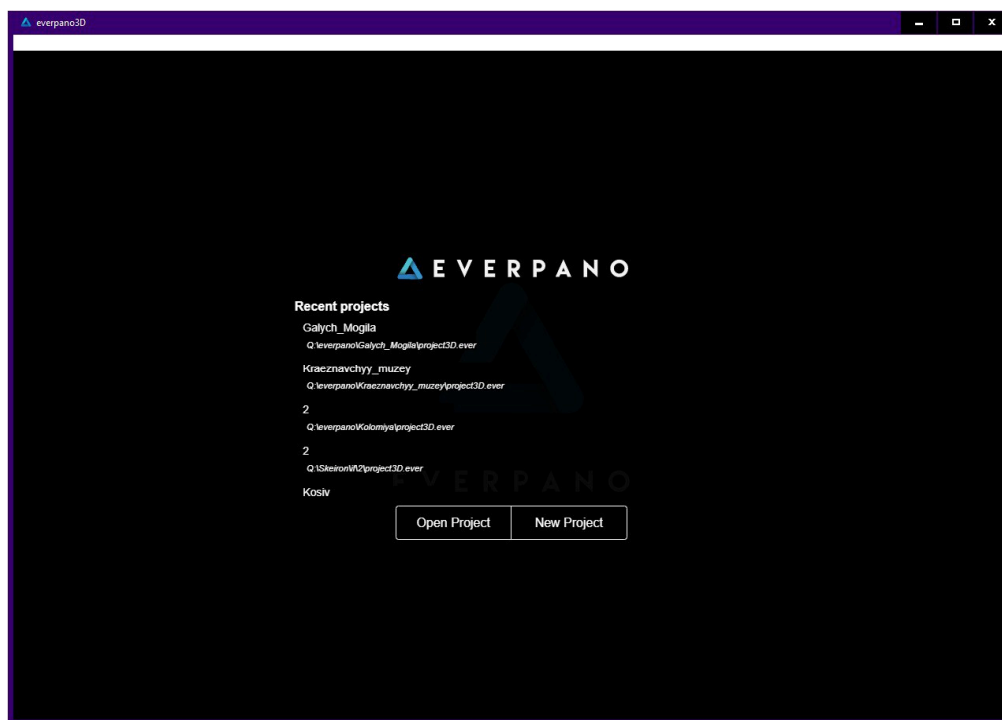


Рисунок 3.11 – Екран створення нового проекту в Everpano

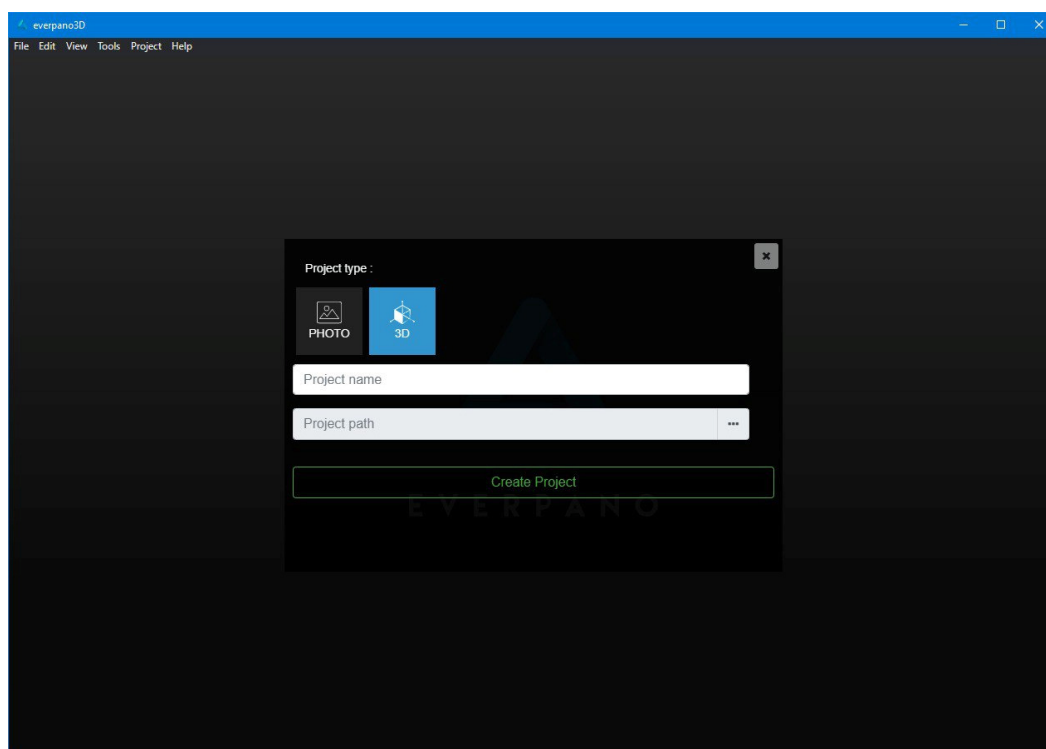


Рисунок 3.12 – Екран загрузки файлів в Everpano

Після створення нового проекту переходимо до наступного етапу, який включає розташування панорамок. Цей процес вимагає ручного втручання, і відбувається за допомогою системи координат, щоб точно встановити положення кожної панорами.

У процесі вибору місця для кожної панорами вручну визначається їхнє положення у просторі, а також відносини між ними. Система координат використовується для точного позначення місця розташування кожної панорами відносно інших.

На рисунках 3.13 та 3.14 можна побачити візуалізацію цього процесу та його результат. Кожна панорама чітко визначена у просторі, і їхнє розташування відображено у системі координат. Це дозволяє створити логічний та зручний для користувача порядок переміщення між панорамами під час віртуального туру.

Цей етап є для створення структурованого та зручного для навігації віртуального простору, а також для забезпечення правильного переходу від одної панорами до іншої під час дослідження 3D туру.

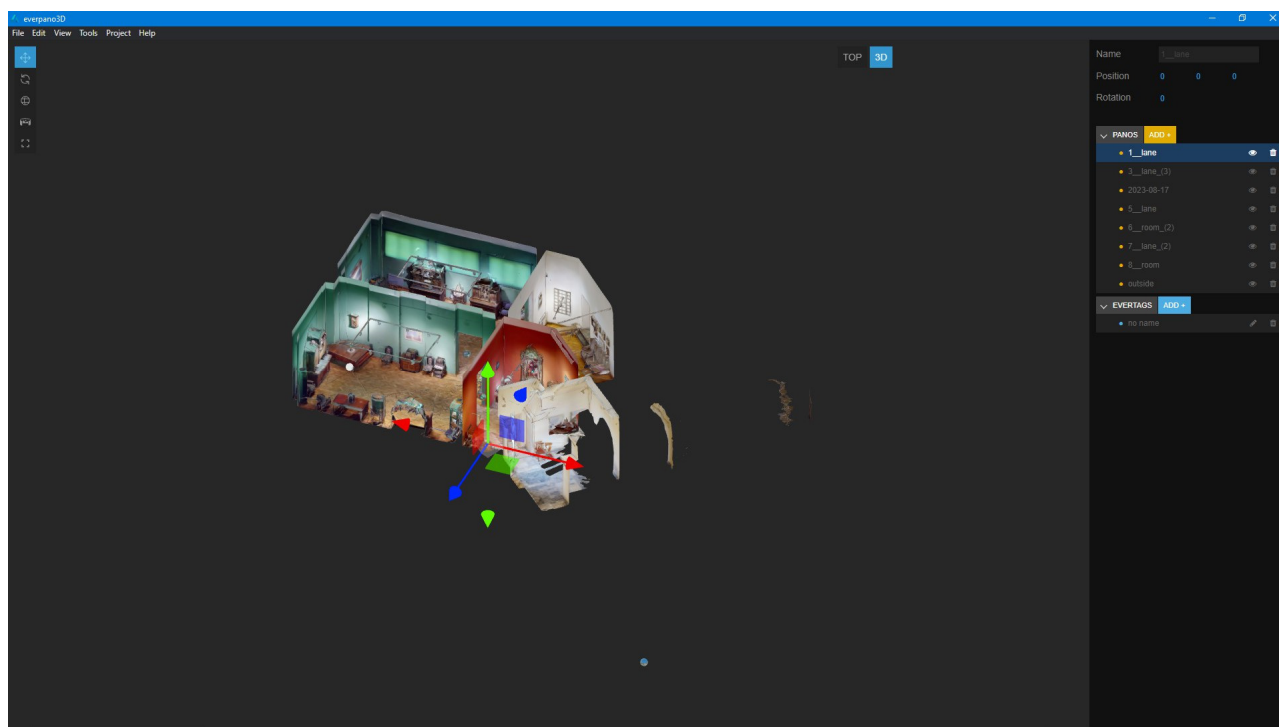


Рисунок 3.13 – Процес розташування панорам

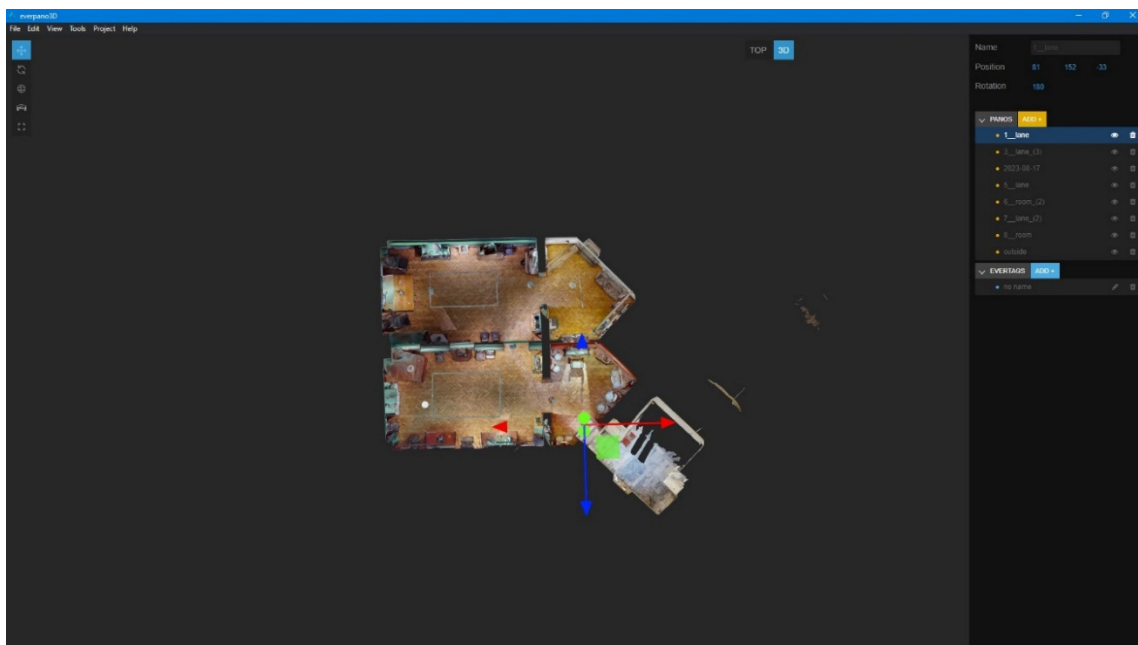


Рисунок 3.14 – Результат розташування панорам

На рисунку 3.15 надано візуальне відображення того, як виглядає модель об'єкта, розглядана з позиції першої особи. Це надає можливість спостерігачеві отримати враження від розташування та вигляду об'єкта, ніби він дійсно перебуває перед ним. Це особливо важливо для віртуальних турів, оскільки це дозволяє користувачам отримати реалістичне враження від дослідження об'єкта в 3D просторі.

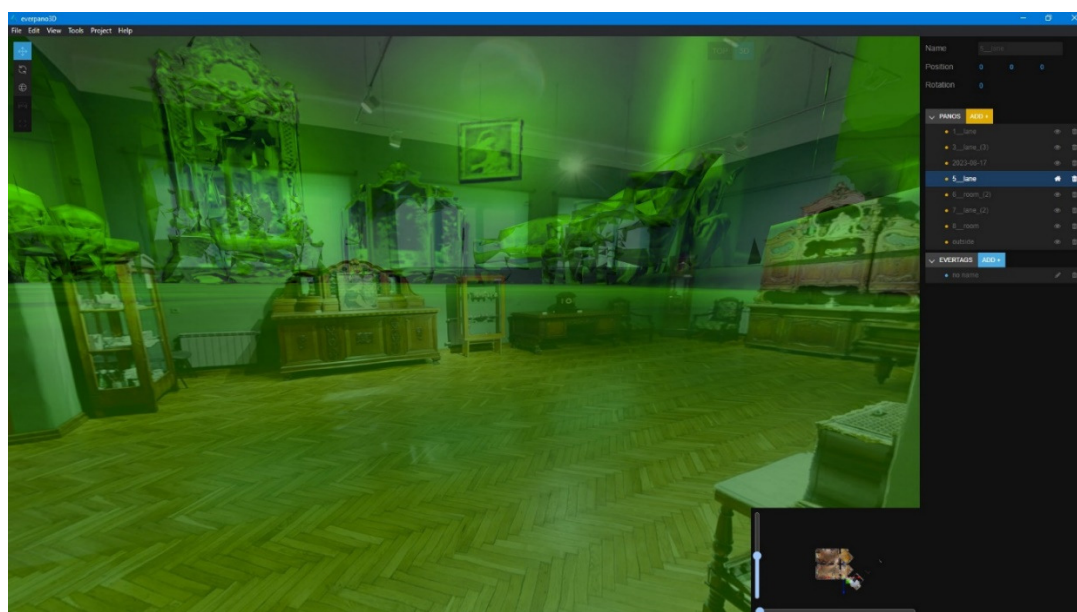


Рисунок 3.15 – Вигляд від першого лиця

На рисунку 3.16 представлений зразок того, як модель об'єкта повинна бути розташована відносно панорам для оптимального візуального враження. Ці вказівки дозволяють визначити правильну позицію та орієнтацію моделі в просторі так, щоб вона гармонійно вписувалася в контекст віртуального оточення. Важливо враховувати масштаб, відстань та орієнтацію для створення природного та зручного відчуття взаємодії користувача з об'єктом під час дослідження 3D туру.

Ці візуальні керівництва допомагають забезпечити не лише правильність розташування моделі, а й створити консистентність та реалізм у віртуальному просторі, сприяючи більш якісному та приємному враженню від взаємодії з віртуальним об'єктом.



Рисунок 3.16 – Вигляд від першого лиця

На зображенні 3.17 відображено інтерфейс, який включає в себе точки для пересування та панель, розташовану у нижній частині зліва. Цей елемент інтерфейсу є ключовим для навігації та взаємодії користувача під час віртуального туру.

Точки для пересування визначають місця, до яких користувач може здійснювати переходи в просторі. Вони можуть виступати як точки перегляду чи

місця інтересу, де можна ретельніше роздивитися об'єкти чи деталі. Ці точки відзначаються спеціальними індикаторами або маркерами, щоб користувач міг легко розпізнавати їх та керувати переходами між ними.

Панель, розташована у нижній частині зліва, містить інші інструменти та опції для керування віртуальним туром. Це може включати в себе кнопки для зміни режиму перегляду, редагування точок переходу, додавання анотацій чи інших важливих дій. Ця панель служить зручним інтерфейсом для доступу до різноманітних функцій та налаштувань, що полегшує управління та налаштуванням віртуального середовища.

Загалом, інтерфейс, показаний на зображенні 3.17, визначає зручний та ефективний спосіб взаємодії користувача з віртуальним туром, забезпечуючи йому можливість легко переміщатися та взаємодіяти з контентом у віртуальному просторі.

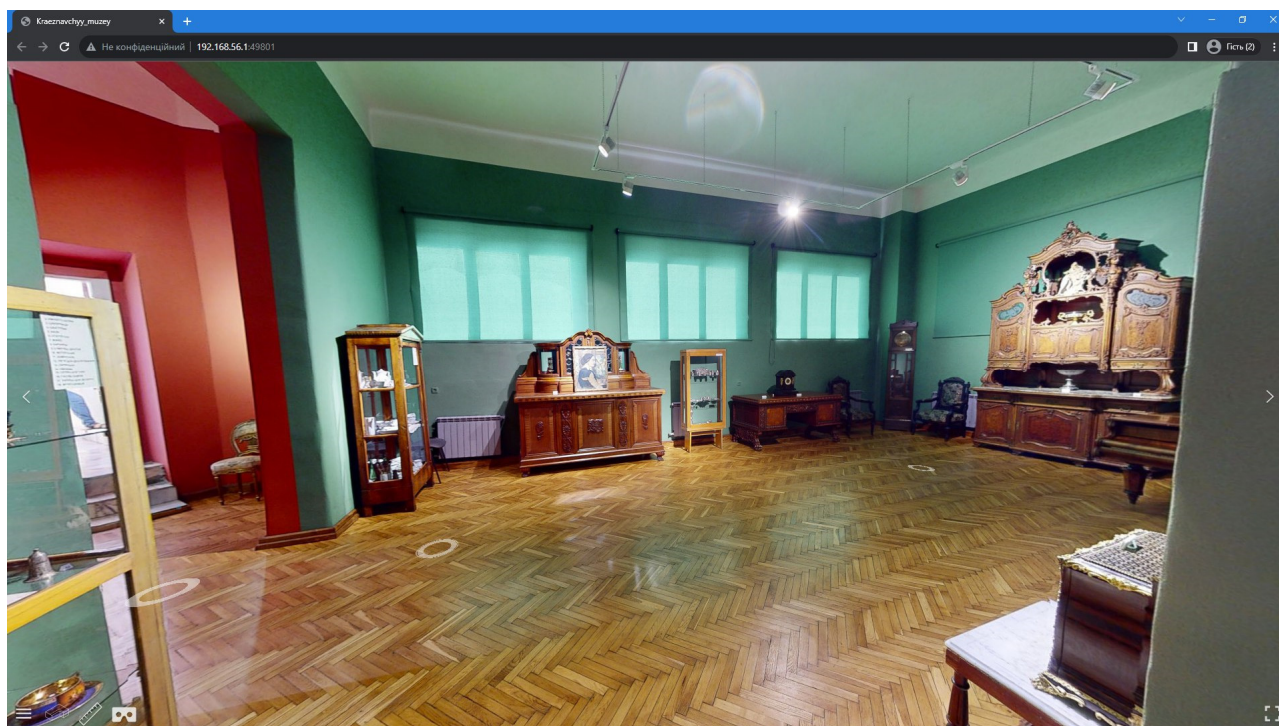


Рисунок 3.17 – Результат стандартного туру

На рисунку 3.18 представлена візуалізація 3D моделі, до якої можна переключитися за допомогою спеціальної панелі інтерфейсу. Ця функція дозволяє

користувачам отримувати додаткові можливості для ретельного вивчення та осмислення об'єкта чи простору віртуального туру.

3D модель, яка відображена на зображенні, надає можливість переглядати об'єкт з різних ракурсів. Це означає, що користувач може обертати, масштабувати та переміщати модель, для отримання повного обсягу інформації про всі деталі та особливості об'єкта. Це створює враження глибокого дослідження та дозволяє зближуватися до об'єкта, щоб побачити його з усіх можливих ракурсів.

Перехід до 3D моделі забезпечує додатковий рівень взаємодії. Користувач може активно контролювати свій взаємодій з об'єктом, дозволяючи власноруч визначати кут огляду та глибину дослідження. Це особливо важливо для детального розглядання складних архітектурних, художніх чи наукових об'єктів.

Загалом, зображена можливість переключення на 3D модель на рисунку 3.18 розширює можливості користувачів віртуального туру, роблячи його більш важливим та освітнім для дослідження обраного об'єкта чи простору.

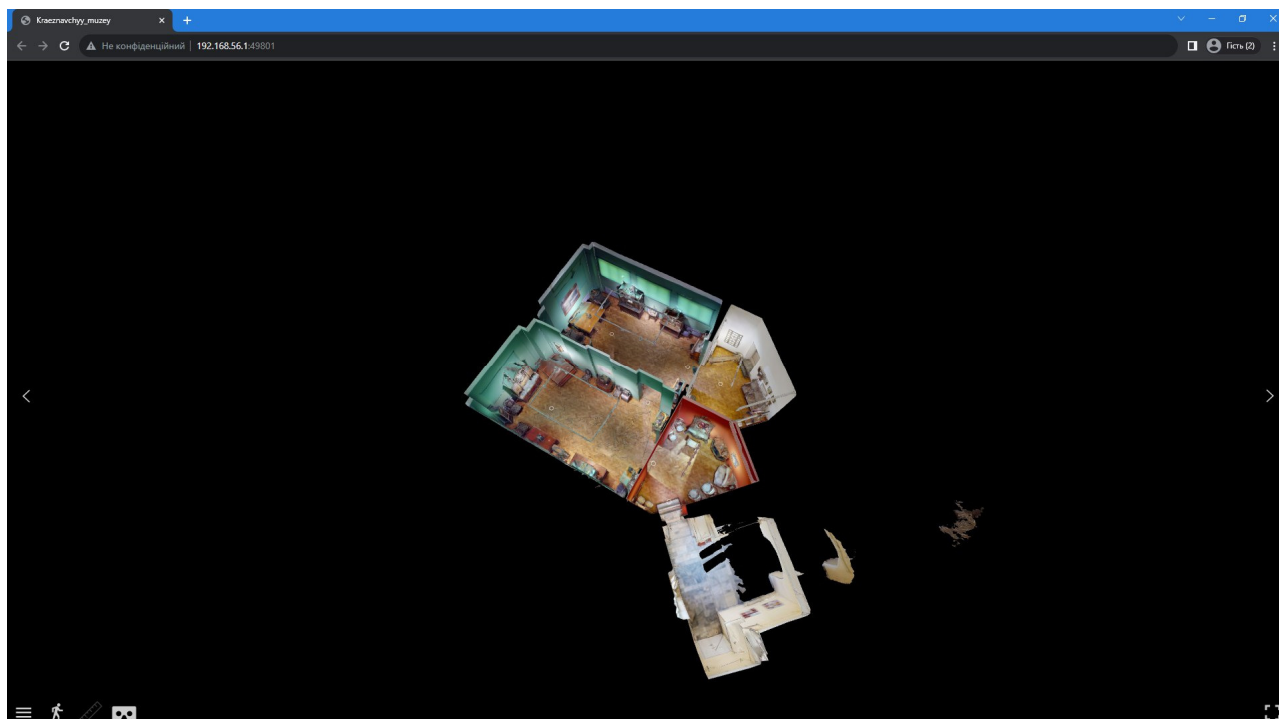


Рисунок 3.18 – Вигляд на 3D модель

На наступному етапі процесу створення віртуального туру важливим є розташування додаткових кнопок, які слугуватимуть для зручності переміщення

користувача. Ця функціональність є ключовою для забезпечення неперервної та зручної навігації від одного елемента туру до іншого.

Головна мета даного завдання полягає в тому, щоб у випадках, коли пересування між точками стає неефективним або неможливим, виправити цю ситуацію додаванням додаткових точок. Ці додаткові кнопки дозволяють користувачеві взаємодіяти з віртуальним середовищем, переміщаючись до нових зон чи точок інтересу.

Додавання додаткових кнопок має стратегічне значення для поліпшення віртуального досвіду. Це може включати створення альтернативних маршрутів, щоб розширити можливості експлорації, або додавання точок, які забезпечують перегляд специфічних деталей чи переходи до конкретних аспектів об'єкта.

Це підвищує гнучкість віртуального туру, забезпечуючи більше варіантів для взаємодії з контентом. Зручні кнопки пересування роблять експлорацію та дослідження більш приємним та доступним для користувача, роблячи віртуальний тур більш динамічним і захоплюючим.

На рисунку 3.19 відображено процес розташування кнопок переміщення. Меню, зображене зліва зверху, служить інтерфейсом для керування розташуванням та параметрами кнопок переміщення. Це важливий елемент, який надає користувачу засоби для персоналізації туру, адаптуючи його до своїх уподобань та потреб. За допомогою цього меню можна вибирати, переносити та налаштовувати кнопки відповідно до конкретних вимог та сценаріїв.

Важливим аспектом є використання системи координат для побудови розташування кнопок переміщення. Це означає, що кожна кнопка точно фіксується у віртуальному просторі, щоб забезпечити консистентність та передбачуваність руху користувача. Система координат визначає положення кожної кнопки, щоб забезпечити логічну та легку навігацію.

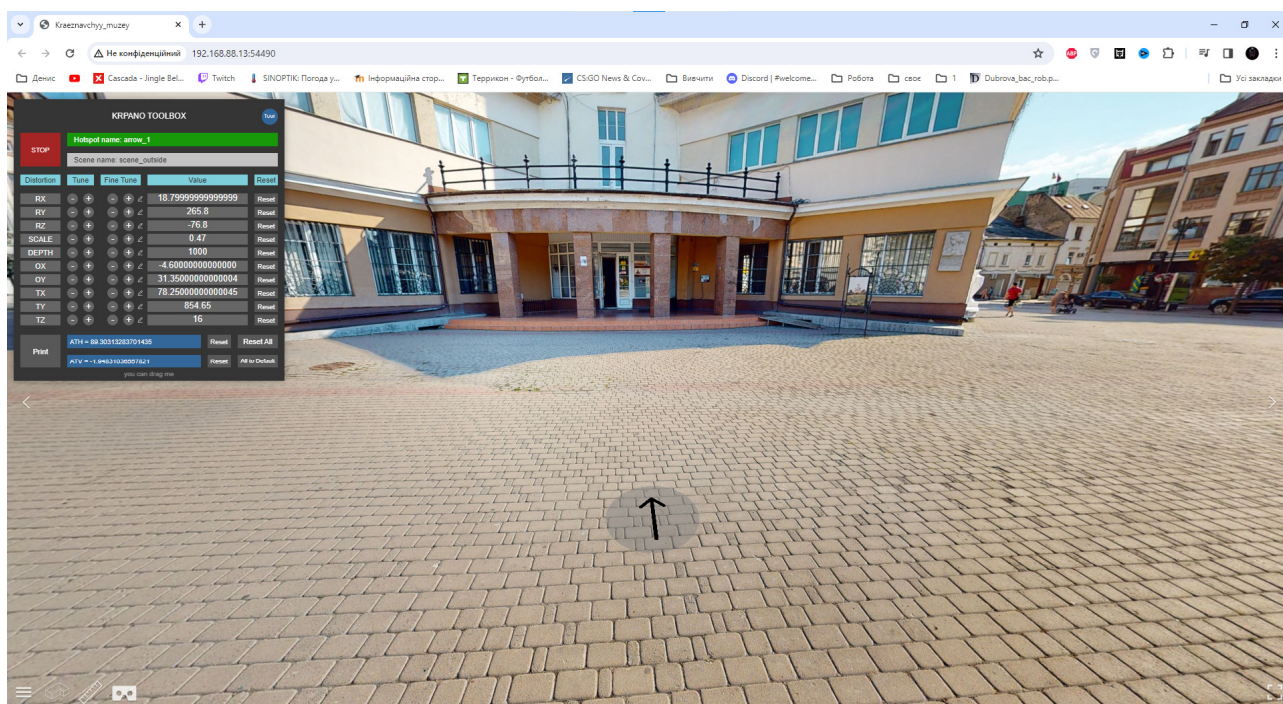


Рисунок 3.19 – Розташування додаткових кнопок (точок переміщення)

На наступному етапі створення віртуального туру вирішується розташування відеофрагментів, які будуть розповідати про музей або його експозиції. Це важливий компонент, що додає мультимедійний аспект до туру, розширюючи сприйняття та розуміння відвідувачів.

Аналогічно до розташування додаткових кнопок переміщення, відеофрагменти розміщуються за допомогою спеціального меню, розташованого в лівій верхній частині інтерфейсу. Це меню надає можливість вибирати, розташовувати та налаштовувати місцезнаходження відеофрагментів на території віртуального туру.

Важливим елементом цього процесу є використання системи координат, що дозволяє точно фіксувати розташування відеофрагментів у віртуальному просторі. Це забезпечує консистентність та певну логіку в розташуванні мультимедійного контенту, дозволяючи відвідувачам з легкістю знаходити та переглядати відомості про різні аспекти музею.

Додавання відеофрагментів допомагає поглибити іммерсію користувача, надаючи йому можливість слухати експертні коментарі, інструкції чи інші цікаві факти, що доповнюють його віртуальний досвід. Цей етап створення туру сприяє

більш повному та інформативному взаємодії з аудиторією. Процес розташування зображено на рисунку 3.20.

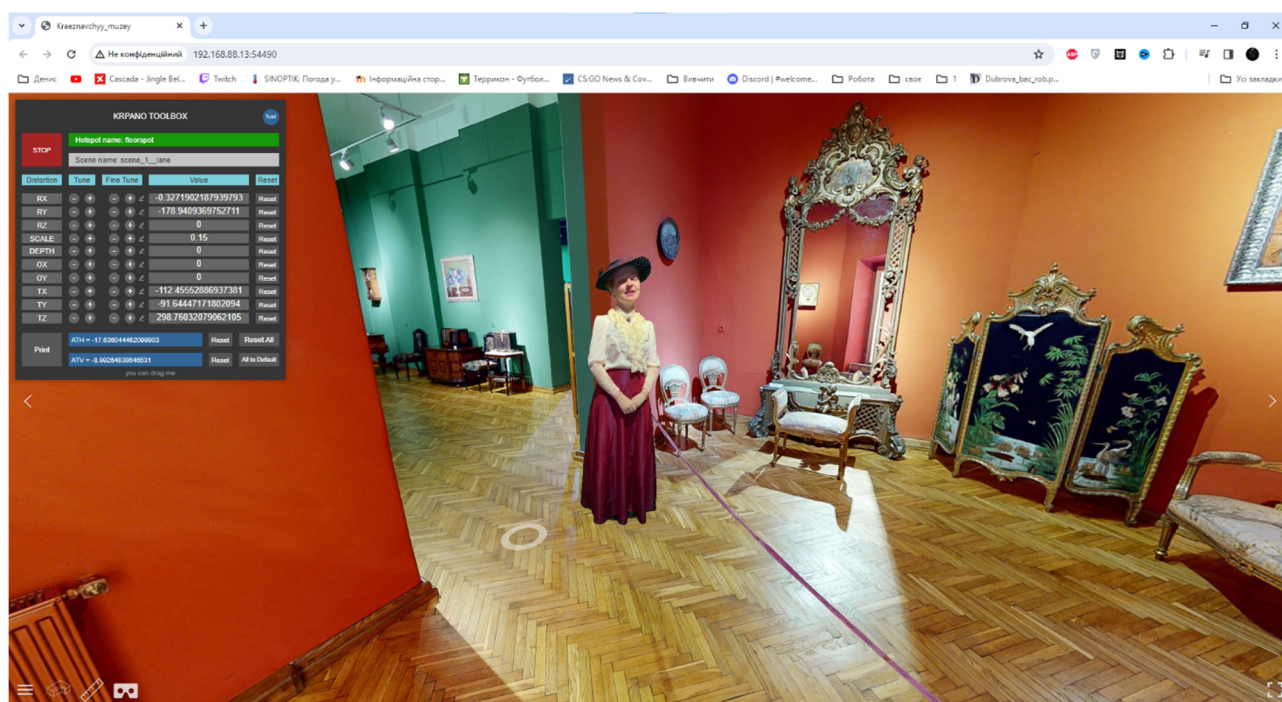


Рисунок 3.20 – Розташування відеофрагментів

На рисунку 3.21 ми можемо оцінити результат віртуального туру, в який включено відеофрагмент, доданий для розширення інформаційного контексту музею або об'єкта. Цей компонент додає мультимедійний аспект до туру, дозволяючи глядачам отримати більше знань та вражень через відтворення відео.

Значущо також відзначити, що на цьому зображенні представлена відфотошоплена панорама. Спеціальні редагувальні заходи були вжиті, щоб усунути світлові плями на стелі, які були видимі на попередній версії панорами. Цей процес покращення зображення призначений для підвищення якості та естетичного вигляду туру.

Зіставляючи оригінальну та відредаговану версії, можна помітити, що світлові плями на стелі більше не присутні. Це свідчить про успішність застосованих заходів до виправлення візуальних дефектів та оптимізації якості зображення. Такий підхід до редагування панорами може покращити враження глядачів і забезпечити більш зручний та естетичний віртуальний досвід.

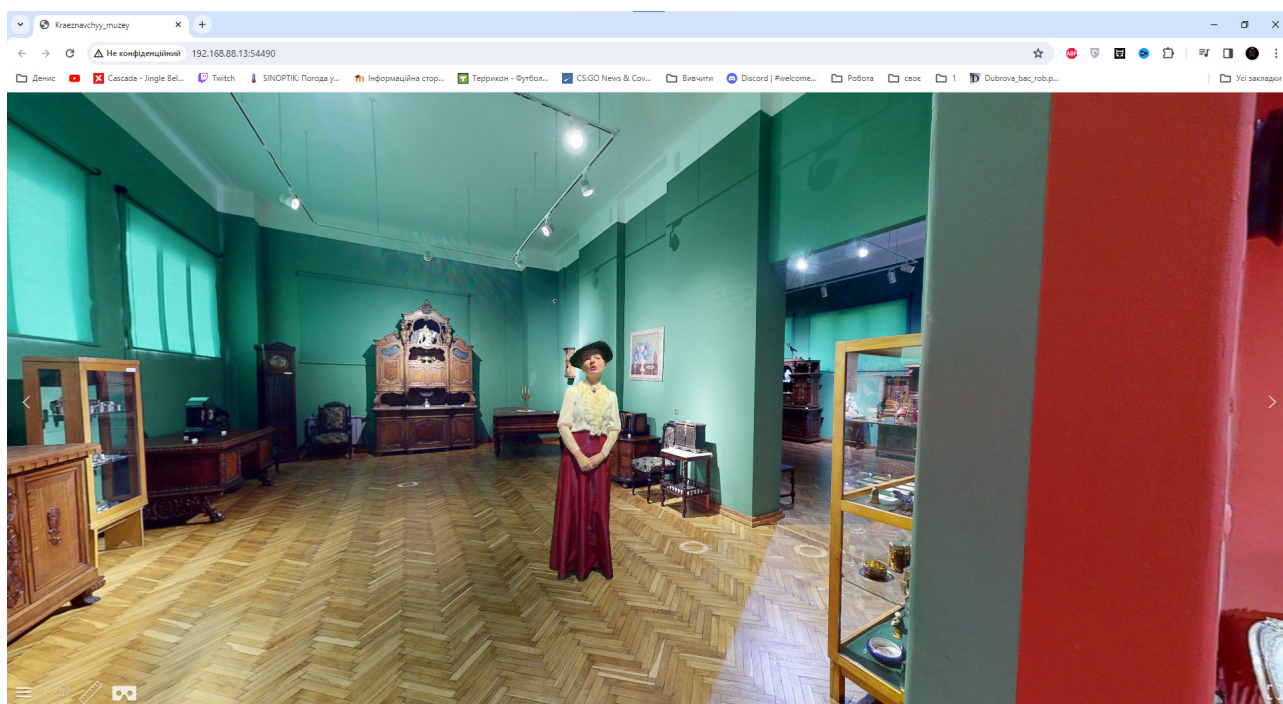


Рисунок 3.21 – Результат розміщення відеофрагментів

На рисунку 3.22 відображено вражаючий ефект віртуальної реальності (VR) під час туру з використанням VR окулярів. Цей знімок приводить нас в захоплюючий світ імерсивної взаємодії, де користувач може відчувати, що перебуває прямо в даний момент на обраному місці.

VR окуляри вносять новий рівень реалізму та емоційної взаємодії відвідувача з віртуальним туром. Під час використання VR окулярів відбувається імерсія, яка перетворює звичайний перегляд на захопливий віртуальний досвід. Користувачі мають враження, що опинилися усередині віртуального простору, яке надає їм можливість насолоджуватися кожним кутком та деталлю.

Використання VR окулярів створює ілюзію присутності, забезпечуючи відчуття присутності у реальному місці, навіть якщо фактично користувач перебуває в іншому фізичному місці. Це може мати значущий вплив на сприйняття та занурення, роблячи віртуальний тур більш захоплюючим та запам'ятовуваним.

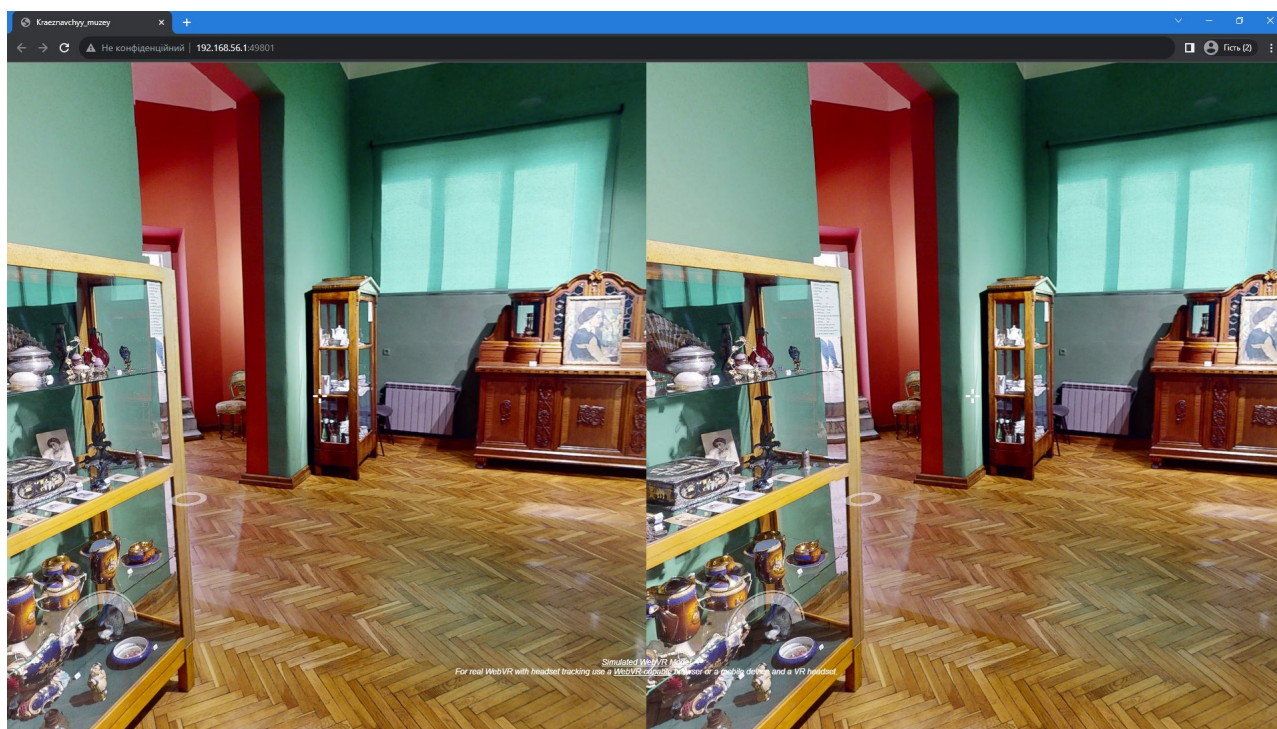


Рисунок 3.22 – Огляд туру з VR окулярів

3.4 Оцінка якості 3D туру

Для глибшого розуміння вражень користувачів від 3D турів, можна провести опитування, що включає оцінку різних факторів. Паралельно зі збором середніх значень балів для кожного аспекту, можна проаналізувати стандартні відхилення та коефіцієнти варіації. Це дозволить не лише отримати інформацію про загальні тенденції, а й визначити, наскільки різноманітні були відповіді користувачів.

Дослідження розподілу балів, спрямовані на виявлення можливих кластерів в оцінках для кожного з аспектів. Це допоможе визначити, чи існують групи користувачів, які спільно оцінюють той чи інший фактор.

Завершальним етапом оцінки якості є процедура аналізу головних компонентів (PCA), яка дозволяє виявити можливі кластери між різними факторами вражень користувача. Всі ці кроки дозволяють отримати глибше розуміння відгуків користувачів та визначити можливі шляхи для подальшого вдосконалення продукту.

Крім середніх значень балів за різними факторами, можна оцінювати стандартні відхилення та коефіцієнти варіації (обчислені як відношення стандартних відхилень до середніх значень) для оцінки того, наскільки користувачі згодні в своїх думках. Розподіли балів були вивчаються для виявлення наявності будь-яких кластерів балів для кожного фактора враження користувача.

Таблиця 3.1 показує середні значення, стандартні відхилення та коефіцієнти варіації балів, отриманих для кожного компонента враження користувача. Майже всі фактори враження користувача характеризуються високим середнім значенням та низьким коефіцієнтом варіації. Найвищий середній бал отримано для ментальної уяви, яка стосується сприйняття візуальної якості зображень. З іншого боку, найнижчий середній бал отримано для навчальності, що представляє здатність швидко ознайомитися з додатком. Однак цей фактор також має найвищий коефіцієнт варіації, що свідчить про те, що користувачі мають досить різні думки щодо цього аспекту. З іншого боку, користувачі в цілому згодні щодо інших факторів враження користувача, які охоплені анкетною, як підкреслено низькими коефіцієнтами варіації.

Таблиця 3.1 - Середні значення, стандартне відхилення та коефіцієнти варіації балів факторів враження користувача.

User Experience Factor	Mean	Standard Deviation	Coefficient of Variation
Engagement	5.483	0.540	0.098
Immersion	5.392	0.565	0.105
Mental imagery	5.500	0.619	0.113
Presence	5.260	0.552	0.105
Satisfaction	5.367	0.657	0.123
Ease of use	5.333	0.650	0.122
Learnability	4.967	1.622	0.327

Графік смугової щільності на рисунку 3.23 порівнює розподіли балів на основі оцінок щільності, отриманих з даних опитування.

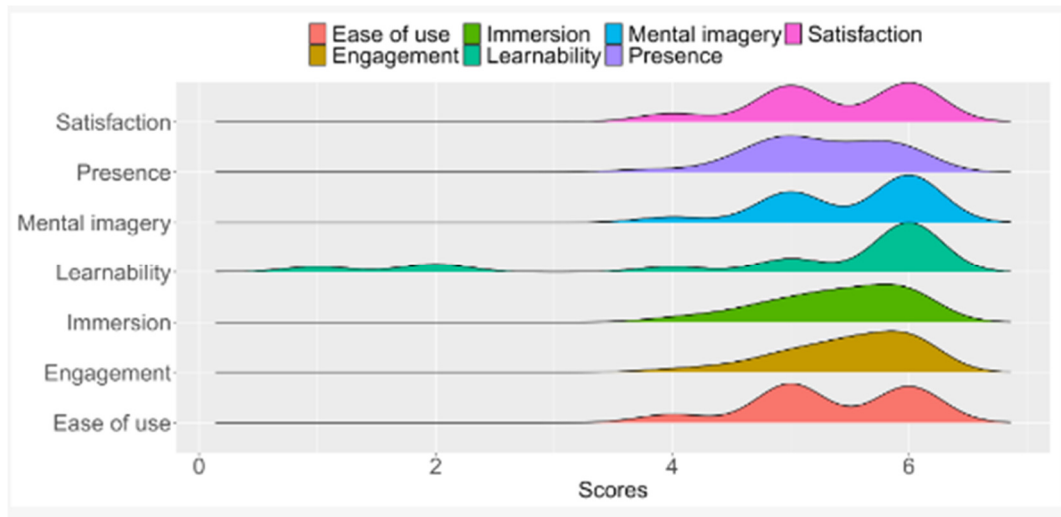


Рисунок 3.23 – Розподіли балів факторів користувацького досвіду

Метод аналізу головних компонент (PCA) спрямований на групування змінних відповідно до їхньої змінності для зменшення розмірності набору даних. В конкретному сценарії, який розглядається, мета - виявити будь-які кластери серед факторів у таблиці 1.1, які можуть вказувати на їхню кореляцію. Графік на рисунку 3.24 відображає відносини між факторами відчуття користувача в просторі, що складається з перших двох вимірювань, які найбільше пояснюють змінність у наборі даних: довший стрілки відповідають краще представленим змінним на факторній карті.

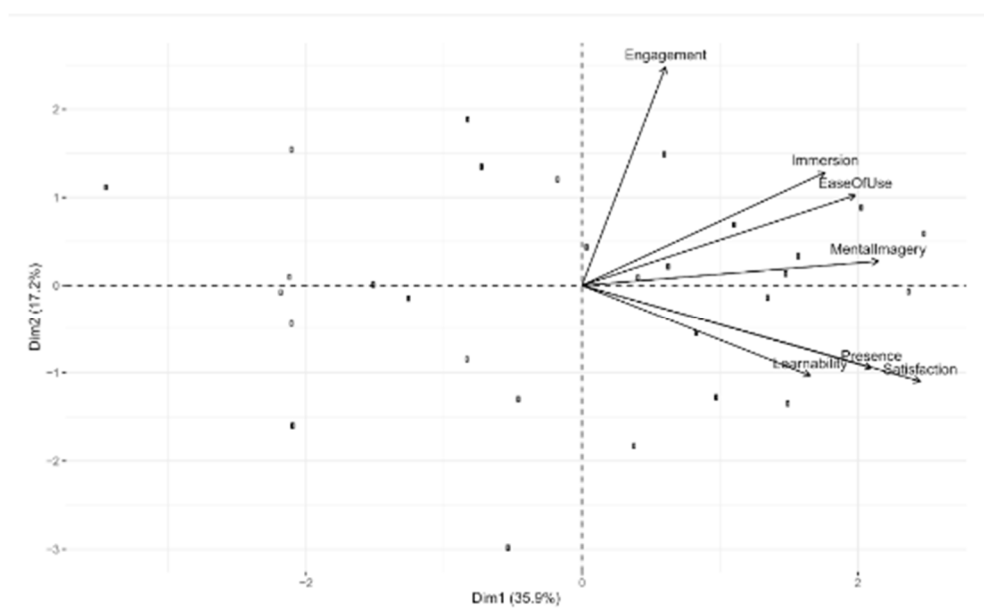


Рисунок 3.24 – Графік кореляції змінних для факторів користувацького досвіду

На рисунку 3.25 зображено графік Scree, який представляє собою графік власних значень, впорядкованих від найбільшого до найменшого. Оптимальна кількість компонентів для вибору в аналізі головних компонент відповідає точці, після якої залишкові власні значення є відносно невеликими і порівняно однакового розміру.

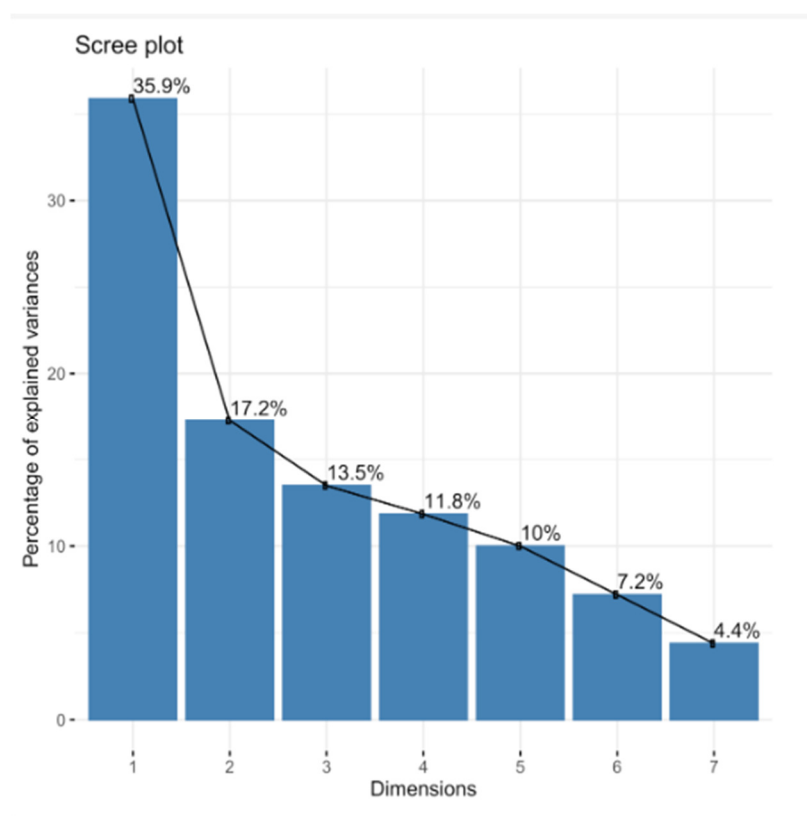


Рисунок 3.25 – Графік значень факторів користувацького досвіду

Висновки до 3 розділу

1 Представлено можливості системи Matterport, що дало можливість реалізації основних функцій для побудови панорам для 3D туру пам'яткою архітектури.

2 Описано процес створення моделі об'єкта для розташування панорам за допомогою сканера та програми Blender, що дозволило реалізувати віртуальне представлення і редагування всього декору і дало можливість створювати реалістичні віртуальні тури.

3 Реалізовано метод створення 3D туру в середовищі Everpano, що дало можливість технологічно забезпечити процес інтерактивного освоєння спадщини і створити доступ до 3D туру.

4 Проведено оцінку якості 3D турів шляхом опитування користувачів та аналізу статистики, що дало можливість висвітлити основні фактори зацікавлення в 3D турах.

ВИСНОВКИ

1 Проведено дослідження щодо актуальності проекту, показано, що технології 3D-моделювання та віртуальної реальності дозволяють здійснити інноваційний підхід до вивчення та презентації архітектурних об'єктів.

2 Проведено аналіз існуючих аналогів, що дало змогу виділити основні аспекти побудови 3D турів.

3 Визначено основні програмні засоби та апаратне забезпечення необхідне для їх підтримки, що дало змогу оцінити можливості користувачу відносно складності проекту та апаратних вимог для забезпечення високого рівня деталізації.

4 Здійснено постановку задачі та сформовано основні кроки для її досягнення, це дасть змогу створити ефективний метод побудови 3D туру пам'яткою архітектури.

5 Розглянуто платформи та інструменти для створення 3D турів, що дало можливість систематизувати інформацію про платформи та визначити основні етапи побудови 3D турів.

6 Розглянуто методи сканування простору, що дало змогу виділити їх механізми застосування.

7 Запропоновано метод побудови 3D туру пам'яткою архітектури, що містить шість етапів, починаючи від аналізу вимог та закінчуючи розробкою документації, що дало можливість створювати 3D тури високої якості.

8 Представлено можливості системи Matterport, що дало можливість реалізації основних функцій для побудови панорам для 3D туру пам'яткою архітектури.

9 Описано процес створення моделі об'єкта для розташування панорам за допомогою сканера та програми Blender, що дозволило реалізувати віртуальне представлення і редагування всього декору і дало можливість створювати реалістичні віртуальні тури.

10 Реалізовано метод створення 3D туру в середовищі Everpano, що дало можливість технологічно забезпечити процес інтерактивного освоєння спадщини і створити доступ до 3D туру.

11 Проведено оцінку якості 3D турів шляхом опитування користувачів та аналізу статистики, що дало можливість висвітлити основні фактори зацікавлення в 3D турах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 3D-графіка: актуальність та думка експерта [Електроний ресурс]. URL: <https://univerpl.com.ua/blog/3d-grafika-aktualnist-napryami-ta-dumka-eksperta/>
2. Adobe Creative Team (2022). Adobe Photoshop CC Класна кімната в книзі
3. Adobe Photoshop [Електроний ресурс] URL: <https://www.adobe.com/ua>
4. Blender [Електроний ресурс] URL: <https://www.blender.org/>
5. Google Chrome [Електроний ресурс] URL: https://www.google.com/intl/uk_ua/chrome/
6. Everpano [Електроний ресурс] URL: <https://everpano.com/>
7. Everpano, Документація [Електроний ресурс] URL: <https://everpano.com/documentation>
8. Krpano [Електроний ресурс] URL: <https://krpano.com/home/>
9. Matterport [Електроний ресурс] URL: <https://matterport.com/>
10. Reality Capture [Електроний ресурс] URL: <https://www.capturingreality.com/>
11. Банфі, Ф. (2019). 3D віртуальні реконструкції в археології та культурній спадщині: теорія та практика 3D-документації.
12. Бенарду, А. (2019). Культурна спадщина в змінному світі.
13. Бекеле, М., П'єрдікка, Р., Фронтоні, Е., Малінверні, Е. С., і Гейн, Дж. (2018). Огляд культурної спадщини, туризму та інформаційно-комунікаційних технологій. Мультимедійні засоби та програми, 77 (12), 15255-15292.
14. Гесс, М. (2018). 3D-запис для культурної спадщини: концепції, методи, застосування.
15. Георгіопулос, А. (2017). Цифрове спадщина. Прогрес в охороні, документації та захисті культурної спадщини.
16. Грег Кіппер (2013) Доповнена реальність: Посібник із нових технологій для AR
17. Грузенмейер, П. (2014). Запис, документація та управління культурною спадщиною в 3D.

18. Гудфеллоу І., Бенгіо Ю., Курвіль А. та Бенгіо Ю. (2016). Глибоке навчання. MIT Press.
19. Джейсон Джералд (2015) Книга VR: Людиноорієнтований дизайн віртуальної реальності
20. Джефф В. Мюррей (2017) Створення віртуальної реальності за допомогою Unity та Steam VR
21. Джим Гільгендорф (2021) 3D-сканування Matterport для нерухомості: створюйте віртуальні тури, вражаючі фотографії та відео для ріелторів, господарів Airbnb, власників бізнесу тощо!
22. Дітер Шмальстіг, Тобіас Холлерер (2016) Доповнена реальність: принципи та практика
23. Дуламіс, А. (Ред.) (2019). 3D дослідження викликів у культурній спадщині II.
24. Іонідес, М., Магненат-Талман, Н., Папагіаннакіс, Г., & Тельман, Д. (Ред.). (2014). Змішана реальність і гейміфікація для культурної спадщини. Спрингер.
25. Йоаннідіс, М. (Ред.) (2018). Цифрове спадщина. Прогрес в охороні, документації та захисті культурної спадщини.
26. Кейсі Фіктум (2018) VR UX: вивчайте VR UX, розповідь і дизайн
27. Комар М.П., Саченко А.О., Васильків Н.М. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. Тернопіль: ЗУНУ, 2021. 32 с.
28. Луманн Т., Робсон С., Кайл С. та Харлі І. (2016). Близька фотограмметрія: принципи, методи та застосування.
29. Майкл Вайтнауер (2017) Маркетинг віртуальної реальності: використання VR для розвитку бренду та створення впливу
30. Манія К., Пападопулос К. та Каллес Д. (2017). Музейні експонати та віртуальна реальність: проектування мультисенсорного досвіду. Віртуальна реальність, 21 (2), 105-119.

31. Ремондіно, Ф., та Ріцці, А. (2011). Моделювання 3D на основі зображень: огляд. *The Photogrammetric Record*, 26(136), 269-291.
32. Рінаудо, Ф., та ін. (2019). Візуальна спадщина в епоху цифрових технологій.
33. Роберт Скобл, Шел Ізраїль (2016) Четверта трансформація: як доповнена реальність і штучний інтелект все змінюють
34. Робсон, С., та Фріч, Д. (2017). Огляд поточного стану автоматизованої фотограмметричної реконструкції внутрішньої геометрії будівель з хмарами точок. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 123, 55-70.
35. Селін Трикарт, Кім Бауманн Ларсен (2017) Створення фільмів у віртуальній реальності: методи та найкращі практики для кіновиробників VR
36. Сем Варнаарс (2017) Доповнена реальність: де ми всі будемо жити.
37. Створення 3d-екскурсій в архівних установах. Методичні рекомендації [Електроний ресурс] URL: https://archives.gov.ua/wp-content/uploads/2.-Методичні-рекомендації_Створення-3D-екскурсій-в-архівних-установах.pdf
38. Стиліанідіс, Е., та Ремондіно, Ф. (2016). Документація спадщини в інформаційній ері: Посібник для керівників спадщини. Springer.
39. Тоні Парізі (2015) Вивчення віртуальної реальності: розробка ефектів занурення та програм для комп'ютерів, Інтернету та мобільних пристроїв
40. Фаї, С., та ін. (2019). Розширена реальність та віртуальна реальність. Springer.
41. Хлопецький Д. (2023). Метод генерації маршрутів при створенні інтерактивних 3d турів [Електроний ресурс] URL: <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-1513/>
42. Хлопецький Д. (2023). Метод створення інтерактивних 3d турів [Електроний ресурс, 67с.] URL: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2023_2.pdf
43. Хелен Папагіанніс (2017) Доповнена людина: як технології формують нову реальність
44. Христина Дізон (2020) Освоєння 360-градусної фотографії та віртуальних турів для нерухомості: єдина книга, яка вам знадобиться, щоб

розпочати, спланувати, зняти, відредагувати та завантажити віртуальні тури для нерухомості та бізнесу

45. Чалмерс, А., Дебаттіста, К., і Мурджія, А. (2016). Довідник з віртуальних середовищ: проектування, впровадження та застосування.

46. Чарльз Палмер (2017) Схеми віртуальної реальності: створюйте захоплюючі враження від віртуальної реальності для комп'ютерів, мобільних пристроїв і Інтернету

47. Юньцю (Мішель) Лі (2019) Застосування віртуальної реальності та доповненої реальності у виробництві

ДОДАТОК А

програмний код

Код управління плагінами

```
<include url="%VIEWER%/plugins/contextmenu.xml" />  
<include url="%VIEWER%/plugins/iphone_fullscreen_swipe.xml" />  
<include url="%VIEWER%/plugins/info-player.xml" />  
<include url="%VIEWER%/plugins/youtube-player.xml" />  
<plugin name="toolbox"  
url="toolbox/toolboxV2.js"  
preload="true"  
keep="true"  
>
```

Код навігації

```

<plugin name="navigator" keep="true" devices="html5"
  preload="false"
  url="%VIEWER%/plugins/navigator.js"
  leftKey = "65"
  rightKey = "68"
  forwardKey = "87"
  backwardKey = "83"
  upKey = "81"
  downKey = "69"

  angleTolerance = "60"
  hotspotVisibility = "scene"
  notFoundMove = "10"
  notFoundTime = "0.3"
  navigationClick = "true"
  navigationSpeed = "80"
  loadsceneblendtime = "0.2"

  floorspots = "true"
  mouse_spot_idletime = "2000"
  mouse_spot_r = "400"
  mouse_spot_size = "100"
  mouse_spot_scale = "0.15"
  mouse_spot_r0 = "200"
  mouse_spot_r1 = "190"
  mouse_spot_r2 = "185"
  mouse_spot_r3 = "130"
  mouse_spot_color = "#fafafa"
  floor_spot_r = "400"
  floor_spot_size = "100"
  floor_spot_scale = "0.15"
  floor_spot_r0 = "200"
  floor_spot_r1 = "130"
  floor_spot_color = "#fafafa"

  editMode = "false"
/>

```

Код контекстного меню

```

<include url="%VIEWER%/plugins/contextmenu.xml" />
  <!-- <events ondoubleclick="delayedcall(1,set(keycode,32);events.onkeyup());" /> --
>
  <action name="model3d_view">
if(xml.scene != scene_model3d,
copy(ev_x, image.ox);
copy(ev_y, image.oy);
copy(ev_z, image.oz);
ifnot(image.ev_z, set(image.ev_z,1000));
loadscene(
scene_model3d,
null,
MERGE\KEEPVIEW\KEEPMOVING,
BLEND(0.2),
lookto(180,50,90,default,true,true);
tween(view.tx|view.ty|view.tz|view.ox|view.oy|view.oz|view.fisheye,
calc(ev_x + '1' + ev_y + '1' + ev_z + '10101' + image.ev_z + '10'),
2.0,
default,
transitionDone());
);
set(control.invert,true);
);
);
</action>
  <action name="initial_model3d_view">
ifnot(image.ev_x, set(image.ev_x,0));
ifnot(image.ev_y, set(image.ev_y,0));
ifnot(image.ev_z, set(image.ev_z,1000));
lookto(180,50,90,default,true,true);
tween(view.oz|view.tx|view.ty|view.tz,calc(image.ev_z + '1' + image.ev_x + '1' +
image.ev_y + '1' + 0));
set(control.invert,true);
</action>
  <action name="model3d_off">
tween(view.oz, 0.0, 2.0);
set(control.invert,false);
</action>
  <action name="pano_view">
set(control.invert,false);
tween(view.tx|view.ty|view.tz|view.ox|view.oy|view.oz|view.fisheye,
calc(''+image.ox+'1'+image.oy+'1'+image.oz+'10101010'),

```

```

2.0,
default
);
</action>
<action name="transitionDone">
// debug('end pano transition');
</action>
<action name="flytopano">
set(control.invert,false);
<!-- set(view.longexposure, 0.5); -->
if(xml.scene != linkedscene,
loadscene(get(linkedscene),null,MERGE\KEEPVIEW\KEEPMOVING,BLEND(0.5));
);
tween(view.tx|view.ty|view.tz|view.ox|view.oy|view.oz|view.fisheyelview.vlookat|view.hlookat,
calc( image.ox + 'l' + image.oy + 'l' + image.oz + 'l0l0l0l0l0l' + view.hlookat ),
2.0,
default,
transitionDone());
);
<!-- delayedcall(1.5, tween(view.longexposure, 0.0, 0.1); ); -->
</action>
<action name="setInitialPosition" autorun="onstart" >
for(set(i,0), i LT style.count, inc(i),
indexoftxt(is_everpano3D_style, get(style[get(i)].name), 'everpano3d_');
if(is_everpano3D_style == 0 AND tolower(style[get(i)].linkedscene) == xml.scene,
copy(view.tx, style[get(i)].ox);
copy(view.ty, style[get(i)].oy);
copy(view.tz, style[get(i)].oz);
);
);
</action>
<style name="evertags_style" keep="true" type="text"
css="font-size:20px;text-align:center;" vcenter="true"
width="200" height="200" scale="0.05"
bgroundededge="100" bgborder="2 0x000000 1" bgshadow="0 0 5 0xFFFFFFFF 1.0"
oversampling="2" mipmapping="true" zorder="1"
distorted="true" depth="0" depthbuffer="true"
torigin="world" rotationorder="xyz"
xalpha="0"
alpha="1"
onover.addevent="tween(scale,0.10); tween(alpha,0.6);"
onout.addevent="tween(scale,0.05); tween(alpha,0.3);"
onclick="floorspot_onclick();"
/>

```

Код позиції однієї із панорам

```

<scene name="scene_1__lane_(2)" type="panorama" menu="true" model="true"
title="1__lane_(2)" alt="100" thumburl="assets\panos\1__lane_(2).tiles\snapshot.jpg"
>
  <view hlookat="0" vlookat="0" fov="120" fovtype="MFOV" maxpixelzoom="2.0"
fovmin="70" fovmax="140" limitview="auto" />
  <preview type="CUBESTRIP"
url="%VIEWER%\assets\panos\1__lane_(2).tiles\preview.jpg" />
  <image style="everpano3D_1__lane_(2)">
    <cube url="%VIEWER%\assets\panos\1__lane_(2).tiles\pano_%s.jpg" />
    <depthmap url="%VIEWER%/assets/model3d/model.obj" center="-
55,170.000,1191" subdiv="10000" enabled="true" scale="1.0" />
  </image>
  <hotspot name="video2"
url.html5="plugins/videoplayer.js"
videourl="assets/2.mp4"

onviewchange="viewaction(hotspot_name)"
onclick="togglepause()"
distorted="true"
ath="-4.99060490716562" atv="7.64903308549047" scale="0.500000000000000"
depth="838.60000000000014" rx="9.000000000000000" ry="-239.39999999999992"
rz="0" ox="419.59999999999980" oy="129.750000000000000"
tx="273.600000000000002" ty="57.600000000000000" tz="-1519.000000000000000"

pausedonstart="false"
loop="false"
volume="1.0"
playbackrate="1.0"
directionalsound="true"
range="90.0"

chromakey="0x05be9d\0.5\0.100"
rangefalloff="1.0"
outofrangevolume="0.0"
preferredformat=""
buffertime="0.1"
ignoremetadata="false"
onvideoready=""
onvideoplay=""
onvideopaused=""
onvideocomplete=""

```



```

/>
<hotspot name="player_1" type="image" url="assets/player.png" distorted="true"
    ath="114.80766637008941" atv="59.39149262588640"
scale="0.5000000000000000" depth="3033.39999999999964"
rx="140.400000000000003" ry="-0.6000000000000000" rz="0" ox="-
708.150000000000020" oy="-568.950000000000005" tx="204.000000000000003" ty="-
389.199999999999993" tz="-2904.44999999999982"
/>
<hotspot name="player_2" type="image" url="assets/player.png" distorted="true"
    ath="114.80766637008941" atv="59.39149262588640"
scale="0.5000000000000000" depth="3037.150000000000009"
rx="140.500000000000006" ry="-0.6000000000000000" rz="0" ox="-
708.000000000000034" oy="-568.850000000000014" tx="204.100000000000005" ty="-
389.099999999999991" tz="2347.34999999999991"
/>
</scene>

```

ДОДАТОК Б
Копії публікацій

ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ



ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VIII НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ І СТУДЕНТІВ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»

5 ГРУДНЯ 2023



KI.WUNU.EDU.UA/CONFERENCE/

ТЕРНОПІЛЬ



2023

Хлопецький Д.М.
магістрант 2 курсу ФКІТ ЗУНУ
Науковий керівник к.т.н. Биковий П.С., кафедра ІОСУ ЗУНУ

МЕТОД СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ 3D ТУРІВ

Вступ. В епоху, коли роль технологій визначає не лише спосіб нашого життя, а й взаємодію з навколишнім світом, туризм переживає період трансформації. Сучасні мандрівки виходять за рамки звичайних картинок та стереотипів, завдяки злиттю комп'ютерної графіки, віртуальної реальності та високотехнологічних алгоритмів, що дає змогу створити віртуальний міст між сучасністю та пригодницькою душею подорожі. Розробка інтерактивних 3D турів має потенціал революціонізувати туризм, забезпечуючи користувачам можливість віртуально відвідати різноманітні локації без фізичного присутності [1].

Постановка задачі. Об'єкт дослідження – процес створення інтерактивних 3D турів. Предмет дослідження – методи та технології, що використовуються у процесі створення інтерактивних 3D турів. Мета дослідження – вдосконалення методів створення інтерактивних 3D турів з метою підняття якості та ефективності віртуального туризму.

Основний матеріал. Метод створення інтерактивних 3D турів включає ряд ключових аспектів, які спрямовані на створення вражаючих та захоплюючих віртуальних подорожей для користувачів. Першим етапом в якому є визначення локацій, де кожне місце має свою туристичну цінність або історичний інтерес. Ретельний аналіз локацій дає змогу обрати найцікавіші місця для їх включення в тур.

Наступний етап це збір контенту, де фото- та відеозйомка виконуються з використанням високоякісного обладнання. Кожна кула, деталь чи архітектурний елемент фіксують так, щоб створити об'ємні та реалістичні зображення. Після отримання матеріалів розпочинається розробка моделей 3D об'єктів та оточуючого середовища. Технічна експертиза використовується для врахування всіх деталей та пропорцій, забезпечуючи максимальну точність.

Побудова турінтерфейсу [2] передбачає створення легкого в користуванні та інтуїтивно зрозумілого інструментарію для навігації та взаємодії. Інтеграція інтерактивних елементів — це додавання додаткових можливостей для взаємодії. Це може включати в себе відомості про пам'ятки, віртуальні кнопки для переходу між локаціями та можливість зближення та віддалення для детального дослідження [3].

Наступним етапом є оптимізація продуктивності. Тур повинен плавно працювати на різних пристроях, тому використовуються оптимізаційні заходи для ефективного використання ресурсів. Далі виконується тестування та коригування. Даний процес передбачає постійний цикл, де система піддається ретельним тестам на різних пристроях, а отримані результати використовуються для подальших вдосконалень.

Після завершення розробки, тур публікується на відповідних платформах та стає доступним для користувачів. Залучення аудиторії та маркетингові заходи стають останнім етапом, де тур рекламується для максимального охоплення аудиторії та забезпечення популярності.

Висновки. Метод створення інтерактивних 3D турів є основою для побудови системи створення 3D турів. Впровадження такої системи значно розширить можливості туристичного бізнесу, дасть змогу підняти якість та ефективність віртуального туризму.

Список літератури

1. 3D-графіка: актуальність та думка експерта [Електронний ресурс]. URL: <https://univerpl.com.ua/blog/3d-grafika-aktualnist-napryami-ta-dumka-eksperta/>
2. Everpano, Documentation [Електронний ресурс] URL: <https://everpano.com/documentation>
3. Створення 3d-екскурсії в архівних установах. Методичні рекомендації [Електронний ресурс]: https://archives.gov.ua/wp-content/uploads/2.-Методичні-рекомендації_Створення-3D-екскурсії-в-архівних-установах.pdf

МЕТОД ГЕНЕРАЦІЇ МАРШРУТІВ ПРИ СТВОРЕННІ ІНТЕРАКТИВНИХ 3D ТУРІВ

07.12.2023 19:19

[1. Інформаційні системи і технології]

Автор: **Хлопецький Денис Михайлович**, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, **Західноукраїнський Національний Університет, м. Тернопіль**; **Биковий Павло Євгенович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління, **Західноукраїнський Національний Університет, м. Тернопіль**

Вступ. В епоху швидкого розвитку технологій віртуальної реальності та інтерактивних віртуальних турів, однією з ключових визначальних особливостей стає навігація користувачів в цьому унікальному цифровому просторі. При цьому виникає важлива задача розробки та вдосконалення методів генерації маршрутів, які не лише надають оптимальні шляхи переміщення, але і створюють захопливий та індивідуалізований досвід для кожного користувача.

Задача "Методу генерації маршрутів" полягає в тому, щоб виводити оптимальні та цікаві маршрути, які враховують індивідуальні попередження та переваги кожного користувача. Цей метод вирізняється своєю спроможністю створювати не просто переміщення від пункту А до пункту Б, але і трансформувати цю подорож у захопливу віртуальну подію.

Однією з ключових переваг "Методу генерації маршрутів" є його здатність адаптуватися до контексту віртуального оточення та інтересів конкретного користувача. Відповідно до цього методу створюються маршрути, які враховують географічні особливості, архітектурні елементи, історичні факти та інші параметри, що надають подорожі багатогранність та контекстність.

Проведення аналізу та розгляд "Методу генерації маршрутів" відкриває широкий спектр можливостей для подальшого вдосконалення і розвитку інтерактивних віртуальних турів. Цей напрям досліджень виявляється ключовим для забезпечення учасників віртуального досвіду не лише оптимальними, але і особистими та неповторними маршрутами. В такому контексті давайте детальніше розглянемо принципи роботи цього методу та його можливі перспективи в сучасному світі віртуальної реальності.

Постановка задачі. Задача полягає у розробці та вдосконаленні "Методу генерації маршрутів" для інтерактивних 3D турів з метою створення ефективної системи навігації, яка забезпечить користувачам персоналізовані та захопливі віртуальні подорожі. Вимагається аналіз вмісту віртуального оточення, врахування географічних та культурних особливостей, реалізація індивідуалізованої адаптації до вподобань користувачів, динамічна зміна маршрутів в залежності від їхніх дій та оптимізація продуктивності генерації маршрутів. Також передбачається забезпечення інтерактивності та зручності взаємодії, інтеграція з технологіями віртуальної та доповненої реальності для покращення іммерсивності та ефективна оцінка показників ефективності методу.

Основний матеріал. Створення захоплюючого маршруту для 3D туру - це завдання, яке вимагає комплексного та

Конференції

Конференції 2023

- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 74) (06-07.02.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 75) (06-07.03.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 76) (03-04.04.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 77) (09-10.05.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 78) (08-09.06.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 79) (06-07.07.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 80) (19-20.09.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 81) (11-12.10.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 82) (9-10.11.2023)
- Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 83) (7-8.12.2023)

- 1. Інформаційні системи і технології **32**
- 2. Економічні науки **14**
- 3. Технічні науки **17**

Конференції 2022

творчого підходу. Спочатку важливо провести ретельний аналіз вмісту та визначити цільову аудиторію. З цим уявленням стає можливим обирати ключові локації, які будуть привертати увагу та цікавити користувачів.

Логічна структура маршруту грає важливу роль у створенні плинного та послідовного досвіду. Кожна локація повинна логічно переходити до наступної, створюючи враження цілісності та логічної послідовності[1].

Підготовка вмісту є ключовим етапом. Від текстових описів та зображень до відео та інтерактивних елементів - важливо створити різноманітний та цікавий вміст для кожної локації.

Інтерактивні елементи, такі як можливість обертати об'єкти чи взаємодіяти з ними, додають глибину та захоплення віртуальному досвіду. Адаптивність маршруту, яка дозволяє користувачам обирати альтернативні шляхи чи об'єкти, створює відчуття індивідуалізації та контролю[2].

Процес тестування надає можливість виправлення недоліків та оптимізації маршруту. Збирання зворотного зв'язку важливо для врахування думок та побажань користувачів, що є ключовим елементом у постійному вдосконаленні та адаптації маршрутів до потреб аудиторії.

Інтеграція технологій віртуальної чи доповненої реальності може відкривати нові горизонти для іммерсивності та реалізму, забезпечуючи користувачам ще більш захоплюючий віртуальний досвід. Усі ці етапи, поєднані в єдиний творчий процес, дозволяють створити маршрут, який не лише ефективно переміщає користувача, але й надає неповторний та запам'ятовуваний віртуальний тур[3].

Висновки. Розробка та вдосконалення методів генерації маршрутів для інтерактивних 3D турів є ключовим етапом у розвитку віртуальних подорожей. Комплексний підхід, який включає аналіз вмісту, індивідуалізацію, адаптивний аналіз контексту та технології віртуальної реальності, дозволяє створювати унікальні та персоналізовані враження для кожного користувача. Важливою є постійне вдосконалення алгоритмів генерації, орієнтованих на зручність взаємодії та інтерактивність, а також оцінка ефективності та зворотний зв'язок користувачів для підтримки високої якості та відповідності системи потребам користувачів. Загалом, це відкриває нові перспективи у створенні захопливих та індивідуалізованих віртуальних турів, підвищуючи якість віртуального досвіду та розширюючи можливості в сфері віртуального туризму та навчання.

Список літератури

1. 3D-графіка: актуальність та думка експерта [Електронний ресурс]: <https://univerpl.com.ua/blog/3d-grafika-aktualnist-pariyami-ta-dumka-eksperta/>

2. Everpano, Documentation [Електронний ресурс]: <https://everpano.com/documentation>

3. Створення 3d-екскурсій в архівних установах. Методичні рекомендації [Електронний ресурс]: https://archives.gov.ua/wp-content/uploads/2.-Методичні-рекомендації_Створення-3D-екскурсій-в-архівних-установах.pdf

 Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License

Конференції 2022
Конференції 2021

AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH
WYŻSZA SZKOŁA ZARZĄDZANIA I ADMINISTRACJI
W OPOLE

