

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

другий(магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему: Проектування та створення освітніх VR-турів

Виконав: студент б курсу, групи 602-ТН
спеціальності

122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва напрямку)

Баїстий А.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник д.ф.-м.н, проф. Миронцов М.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ « ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА РОБОТОТЕХНІКИ**

**КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І
СИСТЕМ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
спеціальність 122«Комп'ютерні науки» на тему
«Проектування та створення освітніх VR-турів»**

Студента групи 602-ТН Баїстий Антон Миколайович

Керівник роботи
д.ф.-м.н, професор
Миронцов М.Л.

Завідувач кафедри
кандидат фізико-математичних
наук, Двірна О.А.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 78 сторінок, 33 рисунки, 2 таблиці, 25 джерел.

Об'єкт дослідження: процес проектування та створення освітніх віртуальних турів.

Предмет дослідження: методи проектування та реалізації віртуальних освітніх турів.

Мета роботи: проектування та розробка освітнього віртуального туру для покращення навчального процесу.

Методи: проведено аналіз літератури для вивчення сучасних підходів та технологій, що стосуються віртуальних турів. За допомогою методу порівняння вибрано оптимальні технології для реалізації проекту, включаючи бібліотеки та фреймворки для обробки панорам та інтерактивних елементів. Метод моделювання був використаний для створення структури віртуального туру та інтеграції мультимедійних компонентів, а метод експерименту дозволив перевірити функціональність та зручність прототипу. Оцінка користувацького досвіду була здійснена через тестування, що включало збір відгуків від кінцевих користувачів, а метод аналізу даних допоміг оцінити ефективність туру та визначити напрямки для подальших удосконалень.

Ключові слова: віртуальні тури, освітні технології, інтерактивність, панорамні зображення, віртуальна реальність, бібліотеки для обробки зображень, інтеграція мультимедійного контенту, користувацький досвід.

SUMMARY

Bachelor's qualification work: 78 p., 33 pictures, 2 tables, 25 sources.

Object of research: the process of designing and creating educational virtual tours.

Subject of the research: methods of designing and implementing educational virtual tours.

Purpose: designing and developing an educational virtual tour to enhance the learning process.

Methods: A literature review was conducted to study modern approaches and technologies related to virtual tours. Through the comparative method, optimal technologies for the project were selected, including libraries and frameworks for processing panoramas and interactive elements. The modeling method was used to create the structure of the virtual tour and integrate multimedia components, while the experimental method allowed testing the functionality and usability of the prototype. User experience was evaluated through testing, which included collecting feedback from end-users, and the data analysis method helped assess the effectiveness of the tour and identify areas for further improvement.

Keywords: virtual tours, educational technologies, interactivity, panoramic images, virtual reality, image processing libraries, multimedia content integration, user experience.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТУРІВ.....	9
1.1 Огляд віртуальних турів та їх використання в освіті	9
1.2 Аналіз інструментів для створення віртуальних турів	12
1.3 Технології обробки зображень і відео для віртуальних турів.....	16
1.4 Аналіз стандартів інтерактивності та сумісності з VR-пристроями.....	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ВІРТУАЛЬНОГО ОСВІТНЬОГО ТУРУ	20
2.1 Вимоги до освітнього віртуального туру	20
2.2 Розробка архітектури	22
2.3 Вибір інструментів і платформ	24
2.4 Python-модулі для створення віртуальних турів.....	49
2.5 Інтеграція із системами керування навчанням (LMS).....	58
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ ВІРТУАЛЬНОГО ОСВІТНЬОГО ТУРУ	60
3.1 Збір матеріалів для віртуального туру (фотографії, відео, тексти).....	60
3.2 Створення панорамних зображень	61
3.3 Реалізація інтерактивності	68
3.4 Тестування	74
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ**

VR – Virtual Reality (віртуальна реальність)

360° – 360-градусне зображення або відео

UI – User Interface (користувацький інтерфейс)

UX – User Experience (користувацький досвід)

VRT – Virtual Reality Tour (віртуальний тур)

ВСТУП

Сучасний розвиток технологій відкриває нові горизонти для освіти, серед яких важливе місце займає віртуальна реальність (VR). Ця технологія дозволяє створювати інтерактивні навчальні середовища, які значно перевершують традиційні методи за рівнем занурення та залучення користувачів. Віртуальні тури дають змогу студентам опинитися у складних або недосяжних для звичайного доступу місцях, наприклад, у лабораторіях, музеях, природних заповідниках чи навіть в історичних об'єктах, зберігаючи реалістичність і деталізацію. У поєднанні з адаптивними методами навчання, VR сприяє глибшому розумінню складних концепцій, роблячи процес навчання цікавішим і ефективнішим.

Традиційні форми навчання, такі як лекції та підручники, поступово поступаються місцем інтерактивним підходам, які забезпечують активну участь учнів у процесі. У глобальному освітньому середовищі зростає попит на інструменти, які дозволяють поєднувати візуальну, слухову та тактильну складові. Віртуальні тури виступають одним із найбільш перспективних рішень, оскільки вони пропонують не лише огляд навчальних об'єктів, але й інтерактивну взаємодію з елементами середовища. Такі інструменти сприяють розвитку критичного мислення, креативності та здатності до самостійного навчання, що є надзвичайно важливим у сучасному інформаційному суспільстві.

Пандемія COVID-19 та перехід до дистанційної освіти підсилили потребу в інноваційних рішеннях, які забезпечують якісний навчальний процес навіть у віддаленому форматі [1-3]. Віртуальні тури надають можливість зберігати інтерактивність і доступність навчальних ресурсів незалежно від місця перебування студента. Крім того, такі інструменти відповідають вимогам інклюзивності, дозволяючи адаптувати контент для людей з різними потребами. Таким чином, розробка освітніх віртуальних турів є важливим кроком на шляху до модернізації освітньої системи, її адаптації до вимог сучасного світу та підвищення якості навчання. Отже, обрана тема є актуальною.

Об'єкт дослідження – це процес проектування та створення віртуальних турів засобами сучасних технологій у освітньому середовищі.

Предмет дослідження – методи проектування та реалізації віртуальних освітніх турів.

Мета роботи – проектування та розробка освітнього віртуального туру для покращення навчального процесу.

Відповідно до мети визначимо такі завдання дослідження:

- аналіз сучасних підходів і технологій створення віртуальних турів;
- розробка архітектури та інструментів для створення віртуального туру;
- впровадження прототипу та оцінка його ефективності.

При виконання роботи використані такі методи: проведено аналіз літератури для вивчення сучасних підходів та технологій, що стосуються віртуальних турів. За допомогою методу порівняння вибрано оптимальні технології для реалізації проекту, включаючи бібліотеки та фреймворки для обробки панорам та інтерактивних елементів. Метод моделювання був використаний для створення структури віртуального туру та інтеграції мультимедійних компонентів, а метод експерименту дозволив перевірити функціональність та зручність прототипу. Оцінка користувацького досвіду була здійснена через тестування, що включало збір відгуків від кінцевих користувачів, а метод аналізу даних допоміг оцінити ефективність туру та визначити напрямки для подальших удосконалень.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТУРІВ

1.1 Огляд віртуальних турів та їх використання в освіті

Віртуальні тури є інтерактивним цифровим інструментом, який дозволяє користувачам досліджувати простір у форматі 360-градусного огляду. Вони надають можливість створювати реалістичне уявлення про місця, об'єкти чи середовища, які можуть бути складними або неможливими для фізичного відвідування. Завдяки інтеграції мультимедійного контенту, таких як текст, зображення, аудіо та відео, віртуальні тури забезпечують багаторівневу взаємодію, яка сприяє кращому засвоєнню інформації.

В освіті віртуальні тури знаходять широке застосування, особливо у дисциплінах, які вимагають візуалізації та практичного розуміння. Наприклад, у природничих науках вони дозволяють учням "відвідувати" заповідники, океани чи космос, а в історії – вивчати археологічні розкопки чи визначні пам'ятки в їхньому оригінальному контексті. Для медичних факультетів це можливість вивчення складних анатомічних структур або симуляція хірургічних операцій.

Особливо цінним є використання віртуальних турів у музеях та бібліотеках. Наприклад, під час пандемії багато світових музеїв створили віртуальні тури, які дозволили зберегти доступ до їхніх колекцій для мільйонів користувачів. В освітньому контексті це забезпечило інтерактивний досвід вивчення історичних та культурних об'єктів, зберігаючи ефект занурення [2].

Крім того, віртуальні тури сприяють розвитку інклюзивної освіти. Вони дозволяють студентам із фізичними обмеженнями отримати доступ до тих локацій, які зазвичай недоступні. Віртуальні тури також використовуються в професійній освіті, де вони допомагають моделювати реальні умови роботи, наприклад, у сфері авіації, будівництва чи інженерії.

Розглянемо переваги використання VR у навчальному процесі (рис. 1.1). Перш за все це підвищення мотивації та активної участі учнів. Інтерактивне 3D-середовище створює більш захопливий досвід у порівнянні зі звичайними навчальними матеріалами, що стимулює зацікавленість у навчанні.

По-друге, поглиблене засвоєння знань. Віртуальна реальність залучає кілька органів чуття одночасно, поєднуючи візуальне, слухове та навіть тактильне сприйняття, що сприяє кращому розумінню й запам'ятовуванню інформації.

По-третє, можливість віртуальних подорожей у часі та просторі. VR дозволяє учням досліджувати інші країни, культурні пам'ятки або навіть епохи, занурюючись у відповідний історичний чи географічний контекст.

По-четверте, безпечне середовище для експериментів. Завдяки VR можна виконувати моделювання небезпечних ситуацій, таких як хімічні реакції чи фізичні експерименти, без ризику для здоров'я або матеріальних втрат [4].

По-п'яте, персоналізоване навчання. Адаптивні VR-програми налаштовуються під індивідуальні потреби учнів, що дозволяє кожному просуватися у своєму темпі й отримувати матеріал, який найкраще відповідає їхнім потребам.

Переваги використання VR у навчальному процесі

- підвищення мотивації та активної участі учнів
- поглиблене засвоєння знань
- можливість віртуальних подорожей у часі та просторі
- безпечне середовище для експериментів
- персоналізоване навчання

Рисунок 1.1 – Переваги використання VR у навчальному процесі

Віртуальна реальність (VR) знаходить широке застосування в різних галузях освіти, відкриваючи нові можливості для інтерактивного навчання та

занурення в складні теми. Наведемо кілька основних сфер, де VR вже успішно використовується [4].

Природничі науки. Віртуальні лабораторії дозволяють безпечно виконувати хімічні експерименти, досліджувати анатомію людини та моделювати фізичні явища. Такі симуляції забезпечують глибше розуміння наукових процесів.

Історія та суспільствознавство. Завдяки VR учні можуть "подорожувати" у часі, досліджуючи історичні епохи, вивчаючи архітектуру та культурні пам'ятки в їхньому автентичному контексті.

Географія. Технології VR дають змогу відвідати будь-яку точку світу, вивчати природні ландшафти, екосистеми та географічні особливості різних регіонів, що робить процес навчання більш захопливим.

Мистецтво. Інтерактивні віртуальні тури по музеях та галереях дозволяють учням ознайомитися з витворами мистецтва, історичними артефактами та навіть спробувати створити власні роботи у віртуальному просторі.

Іноземні мови. VR створює ефект занурення в мовне середовище, дозволяючи практикувати спілкування у реальних ситуаціях, таких як покупка в магазині чи подорожі, що значно пришвидшує процес вивчення мови.

Медицина. Студенти медичних факультетів можуть відпрацьовувати навички діагностики та хірургії у безпечному VR-середовищі. Такі симуляції допомагають освоїти складні процедури без ризику для пацієнтів.

Розглянемо приклади використання VR в освітніх закладах. У Державному університеті Аризони студенти-медики навчаються проводити хірургічні операції за допомогою VR-симуляцій, що дозволяє практикуватися без ризику для реальних пацієнтів [4-7].

Учні початкової школи в місті Вуллонгонг (Австралія) використовують VR для вивчення культури та побуту аборигенів, що підвищує інтерес до навчального матеріалу.

У Національному центрі кіно та телебачення у Великій Британії студенти створюють VR-фільми та ігри, опановуючи передові технології для роботи в цифровій індустрії.

Використання VR у навчальному процесі демонструє величезний потенціал для підвищення якості освіти та розвитку практичних навичок у студентів.

Аналітики прогнозують значне зростання ринку навчальних технологій, пов'язаних із віртуальною реальністю. Якщо у 2017 році його обсяг становив менше одного мільярда доларів, то до 2025 року ця сума може досягти 13 мільярдів. Особливу увагу приділяють використанню VR та AR у професійно-технічній освіті. Ці технології сприятимуть підготовці висококваліфікованих фахівців у різних галузях, дозволяючи ефективніше засвоювати практичні навички.

Також активно розвиваються smart-технології у поєднанні з віртуальною реальністю, такі як інтерактивні 3D-навчальні матеріали, освітні ігри із застосуванням штучного інтелекту тощо. Ці інновації мають потенціал кардинально змінити традиційний підхід до освіти. Віртуальна реальність відкриває нові можливості для навчання, роблячи його більш захоплюючим, інтерактивним і ефективним. Попри наявність технічних і методичних викликів, у найближчому майбутньому VR стане невід'ємною частиною освітнього процесу. Уже зараз багато навчальних закладів інтегрують VR у свої програми, щоб відповідати вимогам сучасності та підготувати учнів до життя в цифровому світі.

1.2 Огляд інструментів для створення віртуальних турів

Віртуальні тури стають дедалі популярнішими в різних сферах, включаючи освіту, туризм, архітектуру та музеї. Для їх створення існує ряд потужних інструментів, які дозволяють ефективно зібрати, обробити та

презентувати панорамні зображення та 3D-моделі. Ось кілька найбільш популярних інструментів для створення віртуальних турів.

Одним із популярних інструментів є Pano2VR. Pano2VR дозволяє створювати інтерактивні панорами та віртуальні тури, перетворюючи панорамні зображення у захоплюючі 360-градусні інтерфейси з інтеграцією мультимедійного контенту. Інтерфейс є зручним для новачків та професіоналів, має можливість додавання точок гарячих зон, інформаційних панелей, відео та аудіо [11].

Перевагою Pano2VR є простота у використанні, можливість публікації турів у веб, підтримка різноманітних форматів виводу. Проте потрібно придбати ліцензію для доступу до всіх можливостей.

Використовується для створення професійних віртуальних турів, таких як туристичні гіді, інтерактивні музейні виставки, а також для презентацій нерухомості.

Особливості Kuula полягають у такому. Kuula є популярним інструментом для створення та публікації панорамних турів. Він підтримує інтерактивні елементи, а також можливість додавання точок маршруту, 360-градусних відео та навіть інтеграцію з Google Street View.

Простий і зрозумілий інтерфейс, дозволяє створювати і публікувати тури без необхідності глибоких технічних знань. Безкоштовна базова версія є перевагою цього застосунку, це дає можливість створення турів з обмеженим функціоналом без покупки ліцензії. Для використання розширених функцій потрібна підписка.

Цей інструмент ідеальний для початківців, які хочуть швидко створити віртуальний тур без значних витрат часу і грошей. Використовується для туризму, маркетингу нерухомості та навчання.

3DVista дозволяє створювати професійні віртуальні тури з можливістю інтерактивних елементів, додавання карт, навігаційних панелей, аудіо та відео. Професійний інтерфейс із широкими можливостями налаштування, але потребує певних навичок роботи з програмним забезпеченням.

Перевагою є підтримка широкого спектру інтерактивних елементів, можливість створення турів з панорам, відео та текстової інформації, підтримка різних платформ (веб, мобільні пристрої). Потрібна ліцензія для повного доступу до функцій.

3DVista використовується для створення високоякісних віртуальних турів для комерційних цілей, зокрема для реклами нерухомості, готелів, туристичних локацій, а також у навчанні [13].

Matterport спеціалізується на створенні 3D-турів, використовуючи спеціалізовані камери для зйомки приміщень і об'єктів. Завдяки інтеграції з доповненою реальністю (AR), користувачі можуть "переміщуватися" у створеному середовищі, що робить тури максимально реалістичними.

Проста інтеграція з веб-платформами та можливість публікації турів. Висока точність моделювання 3D-простору, можливість створення реалістичних віртуальних екскурсій є перевагами Matterport.

Обмеженнями є дорогі камери та необхідність спеціального обладнання для створення 3D-турів. Найбільш Matterport підходить для професіоналів, які працюють з нерухомістю, архітектурними проектами та віртуальними музеями. Застосовується для створення високоякісних 3D-турів, де важлива точність і деталізація [17].

Roundme дозволяє створювати та публікувати 360-градусні панорами та віртуальні тури, які легко інтегруються в онлайн-платформи. Із простим інтерфейсом, Roundme дозволяє швидко створювати тури, додаючи зображення, текстові описи та посилання. Безкоштовний доступ до базових функцій, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для новачків. Можливості редагування обмежені у безкоштовній версії.

Roundme ідеальний для створення простих віртуальних турів, використовується для онлайн-презентацій, демонстрацій та маркетингу.

Кожен із перерахованих інструментів має свої особливості, переваги та обмеження. Вибір найкращого інструменту залежить від конкретних потреб проекту, рівня досвіду користувача та доступного бюджету. Для початківців

можуть бути підходящими прості у використанні платформи, такі як Kuula чи Roundme, тоді як для професійного використання віртуальних турів, що потребують високої деталізації і точності, рекомендується використовувати 3DVista або Matterport.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця для інструментів створення віртуальних турів:

Інструмент	Особливості	Інтерфейс	Переваги	Обмеження	Застосовування
Pano2VR	Створення інтерактивних панорам, додавання мультимедійних елементів.	Зручний для новачків та професіоналів.	Підтримка багатьох форматів, простота публікації, інтерактивність.	Потрібна ліцензія для повного доступу до всіх функцій.	Туризм, музеї, нерухомість, презентації.
Kuula	Платформа для створення панорамних турів, інтеграція з Google Street View.	Простий, підходить для початківців.	Безкоштовна версія, швидке створення турів, зручна публікація.	Обмежені функції в безкоштовній версії, потребує підписки для розширених функцій.	Туризм, маркетинг, освітні проекти, нерухомість.
3DVista	Підтримка 360° панорам, додавання карт, відео, аудіо, інтерактивних елементів.	Професійний інтерфейс, потребує навичок.	Широкі можливості налаштування, підтримка різних платформ.	Потрібна ліцензія для доступу до всіх можливостей.	Створення професійних турів для маркетингу, навчання, нерухомості.
Matterport	Створення 3D-турів з використанням спеціалізованих камер, AR інтеграція.	Легкий доступ до публікації, інтеграція з веб.	Висока точність моделювання, реалістичні 3D-тури.	Дорогі камери, необхідне спеціальне обладнання.	Нерухомість, архітектура, високоякісні віртуальні тури.
Roundme	Створення панорамних турів, інтеграція текстових описів та посилань.	Простий інтерфейс для швидкого використання.	Безкоштовна базова версія, легкість у використанні.	Обмежена функціональність у безкоштовній версії.	Демонстрації, маркетинг, прості віртуальні тури.

Ця таблиця допомагає зрозуміти, які інструменти підходять для різних потреб залежно від рівня складності проекту, бюджету та функціональних вимог.

1.3 Технології обробки зображень і відео для віртуальних турів

Технології обробки зображень і відео для віртуальних турів є основою для створення інтерактивних і захоплюючих 3D-середовищ, які дозволяють користувачам досліджувати різні локації, об'єкти або сцени. Вони включають низку інструментів і методів, які забезпечують зйомку, обробку, зшивання та публікацію панорамних зображень і відео, що використовуються в таких тури. Застосування цих технологій робить віртуальні тури доступними, реалістичними та інтерактивними, даючи користувачеві відчуття присутності в іншому місці чи просторі [19].



Рисунок 1.2 – Технології обробки зображень і відео для віртуальних турів

Панорамна зйомка та відео 360°. Панорамні зображення та відео є основою для створення віртуальних турів. Вони дають змогу записувати або знімати 360-градусне зображення або відео, яке охоплює весь навколишній простір. Спеціальні камери для панорамної зйомки, такі як GoPro MAX, Insta360, або Ricoh Theta, використовують кілька об'єктивів для одночасного захоплення зображення з усіх напрямків. Після зйомки ці зображення чи відео зшиваються (обробляються) для створення цілісної панорами.

Зшивання зображень. Для створення повноцінної панорами з кількох зображень застосовується процес зшивання (stitching). Це обробка зображень, що включає в себе вирівнювання, корекцію перспективи, кольору та інших параметрів, аби створити єдину, безшовну картину. Програмне забезпечення, як PTGui, Hugin, Autopano, автоматично поєднує зображення, забезпечуючи плавні переходи та збереження високої якості.

Обробка відео 360°. Для створення віртуальних турів, які включають відео, застосовуються технології обробки відео 360°. Це дозволяє створювати інтерактивні відео, де користувач може змінювати кут огляду, переміщаючись по сцені або навіть поєднувати кілька відео для створення безперервної, захоплюючої історії. Редагування 360° відео включає коригування кольору, стабілізацію, зшивання кадрів та додавання інтерактивних елементів, таких як посилання, інформаційні точки або переходи [21].

Інтерактивні елементи та інтеграція. Віртуальні тури не обмежуються лише переглядом зображень або відео, а також включають інтерактивні елементи. Ці елементи можуть бути кнопками для переходу між сценами, маркерами для виділення важливих об'єктів, додатковими описами або інтеграцією з іншими мультимедійними елементами (наприклад, аудіо, відео або текстами). Програмне забезпечення для створення таких турів дозволяє додавати ці елементи безпосередньо в панораму, що робить досвід користувача більш захоплюючим та інформативним.

Публікація та оптимізація. Після створення панорамних турів вони публікуються на різних платформах – від простих веб-сайтів до спеціалізованих віртуальних платформ. Для цього використовуються інтерфейси для вбудовування турів у веб-сторінки, а також методи оптимізації зображень та відео для швидкого завантаження. Важливою частиною цього процесу є стискання зображень та відео для зменшення їхнього розміру при збереженні якості.

Завдяки цим технологіям, віртуальні тури стали доступними і ефективними інструментами для освіти, туризму, архітектури та інших сфер, де

важлива передача простору та реалістичності. Вони дозволяють створювати повністю інтерактивні, детальні віртуальні світи, у яких користувачі можуть вільно досліджувати середовище та взаємодіяти з контентом.

1.4 Аналіз стандартів інтерактивності та сумісності з VR-пристроями

Розвиток технологій віртуальної реальності потребує встановлення стандартів, які забезпечують інтерактивність і сумісність між різними пристроями та платформами. Ці стандарти дозволяють створювати універсальний контент, що працюватиме на широкому спектрі VR-гарнітур, від висококласних пристроїв, таких як Oculus Rift або HTC Vive, до доступних рішень на базі смартфонів, як Google Cardboard.

Одним із ключових аспектів є підтримка стандартів візуалізації та форматів контенту. Формати, такі як OpenVR, WebXR або OpenXR, забезпечують розробникам єдині інструменти для створення VR-додатків, які можуть функціонувати на різних пристроях. Зокрема, OpenXR дозволяє уникнути фрагментації серед VR-платформ, забезпечуючи розробникам можливість адаптувати свої додатки до будь-якого обладнання без необхідності внесення значних змін до коду.

Інтерактивність VR-додатків визначається підтримкою стандартів вводу. Це включає управління рухами за допомогою контролерів, трекінг рук або інтеграцію з іншими периферійними пристроями, такими як рукавички для віртуальної реальності. API, такі як SteamVR Input або Oculus SDK, дозволяють інтегрувати ці функції в додатки, але важливою залишається проблема стандартизації, щоб забезпечити сумісність із різними моделями обладнання.

Взаємодія через мережу є ще однією важливою складовою. Багатокористувацькі VR-додатки потребують стандартів, які гарантують плавний обмін даними між користувачами. Протоколи, такі як WebRTC, сприяють інтерактивності у реальному часі, але вони мають бути адаптовані для

роботи з VR-контентом, де велика увага приділяється мінімізації затримок і якості переданих даних.

Оптимізація для різних пристроїв також є критично важливою. Наприклад, VR-додатки повинні працювати на пристроях із різною потужністю обчислювальних ресурсів. Для цього широко використовуються методи зменшення навантаження на процесор і графічний процесор, як-от зниження роздільної здатності зображення для менш потужних пристроїв або застосування технологій Foveated Rendering, де деталізація відображається тільки в області, на яку спрямований погляд [19].

Питання сумісності з екосистемами також важливе. Наприклад, різні VR-платформи, як Meta, HTC, Sony чи Microsoft, часто мають власні екосистеми програмного забезпечення, що може ускладнювати створення універсальних додатків. Саме тому є важливою підтримка кросплатформених технологій, які дозволяють створювати універсальні рішення.

Ключовою складовою є також доступність для розробників та користувачів. З одного боку, інструменти розробки VR-додатків, такі як Unity або Unreal Engine, активно підтримують стандарти інтерактивності та сумісності. З іншого боку, користувачам потрібна проста у використанні інфраструктура для доступу до VR-контенту, що забезпечується через підтримку популярних стандартів на рівні операційних систем і браузерів.

Нарешті, важливим аспектом є майбутній розвиток стандартів. З огляду на швидке поширення VR, очікується, що нові стандарти інтерактивності включатимуть розширення функцій трекінгу, повну підтримку тактильного зворотного зв'язку та інтеграцію із системами доповненої реальності (AR). Це дозволить створювати ще більш універсальні додатки, які відповідатимуть потребам різних категорій користувачів.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ВІРТУАЛЬНОГО ОСВІТНЬОГО ТУРУ

2.1 Вимоги до освітнього віртуального туру

Освітні віртуальні тури є потужним інструментом для інтеграції сучасних технологій у навчальний процес. Вони дозволяють створювати захопливе та інтерактивне середовище, яке сприяє глибшому розумінню складних тем і підвищує інтерес до навчання. Проте, щоб такий тур був ефективним і відповідав потребам користувачів, необхідно врахувати низку важливих аспектів [4, 7, 16].



Рисунок 2.1 – Вимоги до освітніх турів

Визначення чітких навчальних цілей, орієнтація на конкретну аудиторію та врахування технічних обмежень є основою для створення якісного віртуального освітнього продукту. Ці вимоги допомагають забезпечити як

освітню цінність, так і технічну доступність розробки, що є критично важливим для її успішного впровадження.

Далі розглянемо основні вимоги до освітнього віртуального туру, зокрема цілі, які він повинен досягати, його адаптацію до потреб аудиторії та ключові технічні аспекти, які необхідно враховувати під час розробки.

Перш за все необхідно орієнтуватися на навчальні цілі. Освітній віртуальний тур має бути спрямований на досягнення конкретних навчальних цілей. Основні завдання включають: покращення розуміння навчального матеріалу через візуалізацію, стимулювання інтересу до теми завдяки інтерактивним елементам, а також розвиток практичних навичок у віртуальному середовищі. Тур повинен забезпечувати гнучкість у використанні, дозволяючи викладачам адаптувати його до різних навчальних програм і цілей, таких як вивчення природничих наук, історії, географії чи мистецтва [18].

Цільова аудиторія є визначальним аспектом при створенні навчального контенту. Віртуальний тур має відповідати рівню підготовки та віковим особливостям аудиторії. Наприклад, для школярів він має бути яскравим, інтерактивним і легким для сприйняття. Для студентів вищих навчальних закладів важливими є глибина матеріалу, можливість аналізу та інтерактивних досліджень. Також слід враховувати різноманітність користувачів, у тому числі осіб із особливими освітніми потребами, шляхом впровадження елементів доступності, як-от субтитри чи опції для зміни інтерфейсу.

Слід зауважити, що необхідно врахувати також технічні обмеження. Освітній віртуальний тур має працювати на широкому спектрі пристроїв, зокрема ПК, смартфонах, планшетах і VR-шоломах, забезпечуючи мінімальні вимоги до апаратного забезпечення. Важливо оптимізувати графіку, щоб уникнути затримок або зниження продуктивності, особливо на малопотужних пристроях. Тур повинен підтримувати стабільне підключення до інтернету, але також передбачати можливість офлайн-доступу. Додатково слід враховувати безпеку даних користувачів та забезпечення конфіденційності, особливо у випадку навчальних закладів, де користувачами є діти та молодь [18].

Таким чином, освітній віртуальний тур має бути ретельно спроектований із врахуванням навчальних цілей, характеристик цільової аудиторії та технічних обмежень. Тільки за дотримання цих вимог він зможе стати ефективним інструментом навчання, доступним і цікавим для різних категорій користувачів.

2.2 Розробка архітектури

Створення освітнього віртуального туру починається з розробки його архітектури, яка визначає, як буде організовано середовище та як користувачі взаємодіятимуть із ним. Чітка структура туру забезпечує зручність використання, підвищує залученість та сприяє досягненню навчальних цілей.

Ключовими елементами архітектури є панорами, інтерактивні точки та гіперпосилання. Вони формують основу віртуального простору та створюють можливості для динамічної взаємодії користувача з навчальним контентом. Розглянемо детальніше кожен із цих елементів.

Панорамні зображення є основою освітнього віртуального туру, оскільки вони створюють реалістичне середовище, у якому користувач може взаємодіяти з простором. Панорами можуть бути статичними (фотографії) або динамічними (360-градусні відео), залежно від навчальних потреб і тематики туру. Їхня структура передбачає забезпечення плавного переходу між різними локаціями, що створює ефект присутності та занурення у віртуальне середовище [21].

Інтерактивні точки (hotspots) – це елементи, які забезпечують взаємодію користувача з віртуальним середовищем. Вони можуть включати інформаційні блоки, мультимедійний контент (відео, аудіо, текст), навчальні завдання чи тести. Наприклад, при наведенні на певний об'єкт у панорамі можна отримати додаткову інформацію або виконати навчальну дію. Розташування таких точок має бути логічним і відповідати навчальним цілям туру.

Гіперпосилання відіграють роль навігаційних елементів, які пов'язують різні частини туру між собою. Вони дозволяють переходити між кімнатами, будівлями, чи навіть темами, забезпечуючи нелінійну структуру навчання. Крім

того, посилання можуть вести до зовнішніх джерел, таких як інтерактивні навчальні ресурси, сайти чи бази знань, що розширює можливості освітнього контенту.

Розробка структури віртуального туру повинна базуватися на принципах інтуїтивності, доступності та адаптивності. Це гарантує комфортне користування, незалежно від рівня технічної підготовки аудиторії, та підвищує ефективність засвоєння матеріалу [23].

Інтерактивні елементи є ключовим компонентом сучасних освітніх віртуальних турів, оскільки вони роблять навчальний процес більш цікавим, залученим і динамічним. Завдяки таким елементам користувачі можуть не лише отримувати інформацію, але й активно взаємодіяти з віртуальним середовищем, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

Важливою складовою інтерактивності є не лише наявність таких елементів, як відео, текстові описи чи тести, але й продумана логіка їх використання та організації. Це забезпечує зручність навігації, чітку послідовність дій і можливість налаштування під індивідуальні потреби користувачів. Розглянемо основні інтерактивні елементи та принципи їх реалізації у віртуальних турах.

Інтерактивність є важливим аспектом віртуального освітнього туру, оскільки вона дозволяє користувачам активно взаємодіяти з контентом, а не просто бути пасивними спостерігачами. Основними інтерактивними елементами є [22]:

1. Відео, а саме динамічні мультимедійні матеріали забезпечують більш глибоке занурення в тему. Наприклад, відеоролик може демонструвати реальні процеси, що складно відтворити в класі, або пояснювати складні явища за допомогою анімацій.

2. Текстові описи, які додають контекст до об'єктів, що зображені у віртуальному просторі. Наприклад, при натисканні на інтерактивну точку користувач може побачити опис історичної події, характеристики об'єкта або інструкції до виконання завдання.

3. Тести та завдання, бо інтерактивні вправи дозволяють перевіряти знання користувачів у режимі реального часу. Це можуть бути прості запитання з вибором відповіді, завдання на логіку чи навіть симуляції реальних ситуацій, які потрібно вирішити у віртуальному середовищі.

Логіка переходів у віртуальному турі забезпечує послідовність та інтуїтивність навігації. Вона може бути лінійною, коли користувач рухається за задалегідь визначеним маршрутом, або нелінійною, що дозволяє вільно обирати послідовність переходів між частинами туру.

Переходи між локаціями мають бути логічними та простими. Користувач може натиснути на двері чи стрілку, щоб перейти в іншу кімнату, або скористатися міні-картою для вибору локації.

Сценарії взаємодії передбачають послідовність дій, які має виконати користувач. Під час проходження історичного туру він може спочатку оглянути експонати, потім переглянути відео та завершити тестом для перевірки знань.

Адаптивність означає, що сценарії повинні враховувати різні рівні підготовки аудиторії. Для новачків можна створити прості маршрути з мінімумом інтерактивності, а для досвідчених користувачів – складніші сценарії з детальнішим контентом.

Віртуальний тур із продуманою логікою взаємодії та насиченими інтерактивними елементами дозволяє не лише залучити користувачів, але й ефективно досягти навчальних цілей.

2.3 Вибір інструментів і платформ

Панорамні зображення є основою для багатьох віртуальних турів, адже вони забезпечують користувачам можливість огляду простору в усіх напрямках. Для створення таких зображень використовуються спеціальні інструменти, які можна поділити на апаратні (камери) та програмні (софти для обробки та зшивання зображень) [19].

Панорамні камери є основним апаратним засобом для створення 360-градусних зображень і відео. Вони забезпечують зйомку всього простору навколо камери, що робить їх ідеальним вибором для створення віртуальних турів. Нижче наведено детальний опис особливостей панорамних камер та популярних моделей.

Перш за все, особливістю панорамних камер є мультиоб'єктивна система. Більшість панорамних камер мають два або більше об'єктивів із широким кутом огляду (зазвичай 180°). Це дозволяє охоплювати всю сферу простору.

По-друге, це автоматичне зшивання зображень. У більшості сучасних камер вбудовані алгоритми зшивання, які поєднують зображення з різних об'єктивів у єдину панораму.

По-третє, компактність. Камери невеликого розміру легко переносити й встановлювати в різних локаціях.

По-четверте, особливістю є роздільна здатність, яка залежить від моделі, але сучасні камери підтримують роздільну здатність від 4K до 12K для зображень і відео. Це гарантує високу якість кінцевого продукту.

По-п'яте, це простота використання. Інтерфейс та управління зазвичай інтуїтивно зрозумілі, що робить камери доступними навіть для новачків.

Розглянемо популярні моделі панорамних камер.

Insta360 – це один з лідерів на ринку панорамних камер, що поєднує високі технічні характеристики з простотою використання. Камери цієї серії мають кілька ключових особливостей: можливість зйомки відео в 360° (до 5.7K), стабілізацію зображення, а також зручний мобільний додаток, який дозволяє редагувати та публікувати контент на ходу. Вони оснащені вбудованими алгоритмами для автоматичного зшивання зображень і відео, що робить процес зйомки зручним навіть для новачків. Крім того, камери Insta360 підтримують різні режими зйомки, включаючи панорами, відео, фотозйомку, а також мають функцію для створення 3D-контенту.



Рисунок 2.2 – Insta360

До переваг Insta360 відноситься також розширені функції, як режим TimeShift для створення ефектних кадрів із зміною швидкості відео, а також можливість використання камери як екшн-камери завдяки її водонепроникності та ударостійкості. Завдяки компактному дизайну та інтуїтивно зрозумілому управлінню, ця камера підходить для широкого кола користувачів, від новачків до професіоналів. Вона чудово підійде для створення віртуальних турів, зйомки подій, а також для активних відеографів.

Однак, камера має й деякі недоліки. Одним із основних є обмеження якості зображення при слабкому освітленні – навіть високі моделі Insta360 можуть страждати від шумів і втрати деталізації в умовах низької освітленості. Крім того, камери Insta360 можуть бути дорожчими за деякі інші моделі на ринку з аналогічними функціями, що може бути недоліком для користувачів з обмеженим бюджетом.

Ricoh Theta – це серія панорамних камер, яка має вражаючі характеристики для створення 360-градусних зображень і відео. Камери цієї серії забезпечують високоякісну зйомку з роздільною здатністю до 4K, а також мають можливість знімати фотографії з високою деталізацією. Ricoh Theta оснащена двома об'єктивами, що дозволяють створювати повні панорами без потреби в додатковій обробці зображень. Крім того, камера підтримує функцію зйомки в реальному часі і може підключатися до мобільних пристроїв для редагування і публікації матеріалів за допомогою спеціального додатка. Камера також має вбудовану стабілізацію зображення, що дозволяє знімати стабільні відео навіть під час руху.



Рисунок 2.3 – Ricoh Theta

Переваги Ricoh Theta включають зручний і компактний дизайн, простоту використання та доступність як для новачків, так і для професіоналів. Вона ідеально підходить для створення віртуальних турів, оскільки дозволяє легко і швидко знімати 360-градусні зображення та відео в різних умовах. Камера підтримує різні режими зйомки, включаючи фотозйомку в низькому освітленні, що робить її універсальним інструментом для створення контенту в умовах різного освітлення.

Однак, Ricoh Theta має кілька недоліків. Одним із них є відсутність гнучкості в налаштуваннях, що може обмежити користувачів, які хочуть

більшого контролю над параметрами зйомки. Крім того, камера може мати обмеження в якості зображення при зйомці в складних умовах освітлення, таких як нічні або темні сцени. Для професіоналів, які потребують вищої якості та більше функцій, Ricoh Theta може здатися недостатньо потужною порівняно з іншими камерами вищого класу.

GoPro Max – це одна з найбільш популярних камер для зйомки 360° відео, яка поєднує в собі високу якість зображення, надійну стабілізацію та широкий спектр можливостей для активних користувачів. Вона здатна знімати відео в роздільній здатності до 5.6К на 360 градусів та створювати фотографії з роздільною здатністю до 18 МП. GoPro Max має вбудовану стабілізацію HyperSmooth, яка дозволяє отримувати стабільне відео навіть під час інтенсивних рухів, що є великим плюсом для екстремальних видів спорту або динамічних зйомок. Камера також підтримує функцію Horizon Lock, що дозволяє зберігати стабільне горизонтальне положення навіть при перевертаннях або нахилах.



Рисунок 2.4 – GoPro Max

Крім того, GoPro Max має кілька інтегрованих режимів зйомки, зокрема, 360° відео, стандартне ширококутне відео, а також режимом селфі. Камера має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і може безперешкодно підключатися до мобільного додатка GoPro для швидкого редагування та публікації контенту.

Вона водонепроникна без додаткового корпусу і підтримує різноманітні аксесуари, що робить її універсальним вибором для різних умов зйомки, від спорту до подорожей.

Однак, GoPro Max має й деякі недоліки. Хоча її відео і фото якість вражає, камера може зіштовхнутися з проблемами при низькому освітленні, особливо в нічних зйомках. Камера також має обмеження по батареї, що вимагає частих заряджань при тривалих зйомках. Крім того, хоча GoPro Max підтримує зйомку відео в 360°, процес редагування таких відео може бути більш складним порівняно з іншими форматами, що вимагає додаткових навичок та часу.

Kandao QooCam – це компактна камера для зйомки 360° відео та фотографій, яка виділяється своєю високою якістю зображення та доступністю для споживачів, які хочуть отримати професійний контент без великої кількості складних налаштувань. Камера здатна знімати відео у роздільній здатності до 4K та створювати фотографії з роздільною здатністю 8 МП, що дозволяє отримувати чіткі й деталізовані зображення. Однією з головних особливостей QooCam є її здатність знімати не лише в 360°, але й у стандартному ширококутному режимі, що дає користувачам додаткову гнучкість у виборі формату зйомки. Камера оснащена зручним сенсорним екраном для налаштування параметрів і попереднього перегляду, а також підтримує живе стрімування.

Що стосується переваг, то Kandao QooCam має чудову стабілізацію за допомогою вбудованого алгоритму, що дозволяє отримувати плавне відео навіть за умов динамічних зйомок. Крім того, камера пропонує зручний інтерфейс з можливістю підключення до мобільного додатка для швидкої обробки контенту, що робить її дуже привабливою для новачків і аматорів, які хочуть створювати вражаючі 360° відео без значних зусиль. Камера також має хорошу автономність завдяки порівняно великій ємності батареї.



Рисунок 2.5 – Kandao QooCam

Однак у Kandao QooCam є й недоліки. Хоча камера забезпечує досить високу якість зображення, в порівнянні з іншими флагманськими моделями, її здатність знімати при слабкому освітленні може бути обмеженою, що призводить до шумів у темних сценах. Крім того, камера не підтримує 6К або 8К зйомку, що може бути обмеженням для професіоналів, які шукають найвищу якість. Зважаючи на компактність і ціну, QooCam може здатися дещо менш потужною в порівнянні з іншими камерами, як-от GoPro Max чи Insta360, але вона все ж залишається доступним і зручним варіантом для любителів та аматорів.

Pivo Pod – це не зовсім традиційна камера, а система, що забезпечує автоматичне відслідковування рухів і створення 360° зйомок за допомогою смартфона, встановленого на спеціальній платформі. Pivo Pod використовує технології штучного інтелекту для виявлення та стеження за об'єктами в реальному часі, що дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі відео та фото без необхідності в додатковому обладнанні. Ця система ідеально підходить для створення відео-блогів, подкастів, спортивних зйомок або віртуальних турів. У Pivo Pod є кілька режимів зйомки, зокрема автоматичне слідування за рухом людини або об'єкта, що дає великий простір для творчості та створення динамічного контенту.



Рисунок 2.6 – Pivo Pod

Перевагою Pivo Pod є його компактність та легкість у використанні. Завдяки інтеграції з мобільним додатком, користувачі можуть зручно налаштовувати та керувати камерою через смартфон, що робить процес зйомки більш зручним та автоматизованим. Також Pivo Pod підтримує різні аксесуари, що дозволяють досягти додаткових ефектів, таких як покращення стабілізації або додавання анімацій. Камера також оснащена підтримкою для зйомки в 360° за допомогою спеціальних додатків, що значно підвищує її універсальність і можливості для створення віртуальних турів та інтерактивного контенту.

Однак є й недоліки. Pivo Pod не є повноцінною камерою для зйомки відео чи фото, а лише пристроєм для автоматичного відслідковування, що означає, що він залежить від якості камери смартфона. Якщо смартфон має обмежену роздільну здатність або погану стабілізацію, результати можуть бути менш вражаючими. Крім того, Pivo Pod не підходить для зйомки в умовах низького освітлення, оскільки залежить від зовнішнього освітлення, яке може вплинути на якість зображення. І, хоча система є дуже корисною для персональних проєктів і аматорів, її функціональність може бути обмежена в порівнянні з більш професійними камерами.

Панорамні камери є важливим інструментом для створення віртуальних турів та контенту з 360° зображенням і відео. Вибір камери залежить від багатьох

факторів, таких як роздільна здатність, стабілізація, можливість стрімінгу, зручність у використанні та ціна. У даній порівняльній таблиці представлені основні моделі панорамних камер: Insta360 One X2, Ricoh Theta Z1, GoPro Max, Kandao QooCam 8K і Pivo Pod. Кожна з цих камер має свої унікальні можливості і підходить для різних типів контенту та користувачів.

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця панорамних камер

Характеристика	Insta360 One X2	Ricoh Theta Z1	GoPro Max	Kandao QooCam 8K	Pivo Pod
Тип камери	360° панорамна камера	360° панорамна камера	360° панорамна камера	360° панорамна камера	Автоматизована камера для смартфона
Максимальна роздільна здатність	5.7K (360° відео)	4K (360° відео)	5.6K (360° відео)	8K (360° відео)	Залежить від смартфона (звичайно Full HD)
Стабілізація	FlowState стабілізація	-	HyperSmooth стабілізація	6-осьова стабілізація	Вбудована стабілізація через додаток для смартфона
Вбудований екран	Так (швидкий перегляд контенту)	Ні	Так (для попереднього перегляду)	Ні	Ні
Вбудовані ефекти/обробка	Автоматичне редагування, підтримка VR	Вручну за допомогою додатків	Автоматичне редагування, підтримка VR	Редагування відео через додаток	Немає (залежить від смартфона)
Стрімінг в реальному часі	Так (з підтримкою соцмереж)	Ні	Так (з підтримкою соцмереж)	Ні	Ні
Інтерфейс користувача	Додаток Insta360, простий в користуванні	Додаток Ricoh Theta	Додаток GoPro, простий в користуванні	Додаток Kandao	Додаток Pivo, автоматичне слідування за об'єктами
Застосування	Блоги, подкасти, подорожі	Професійні зйомки, фотороботи	Блоги, спорти, екстремальні види активності	Професійні зйомки, створення 8K контенту	Автоматичні відео та фото для мобільних додатків

Як видно з таблиці, камери Insta360 One X2, GoPro Max та Kandao QooCam 8K мають найвищу роздільну здатність серед представлених моделей, забезпечуючи 5.7K або навіть 8K відео, що робить їх відмінними варіантами для

створення високоякісних віртуальних турів. Ricoh Theta Z1 з роздільною здатністю 4K має трохи нижчу якість відео, але все ж підходить для більшості завдань. Всі камери, за винятком Ricoh Theta Z1, мають систему стабілізації, що дозволяє отримати більш плавні відео навіть за умов руху. Для користувачів, що знімають відео в активних умовах (спорт, подорожі), моделі з вбудованою стабілізацією, такі як Insta360 One X2 і GoPro Max, будуть оптимальним вибором. Камери Insta360 One X2, GoPro Max і Pivo Pod пропонують прості у використанні додатки для редагування і перегляду контенту. Pivo Pod, однак, є менш універсальним варіантом, оскільки працює через смартфон, що обмежує можливості зйомки безпосередньо на камері.

У загальному, вибір камери залежить від конкретних потреб користувача: для професійних зйомок і високої якості контенту варто обирати камери з 5.7K та 8K, а для більш доступних завдань підійдуть моделі з нижчою роздільною здатністю та більш простими функціями.

Панорамні камери часто пропонують додаткові функції, які значно розширюють їх можливості та підвищують зручність використання. Одна з таких функцій – це стабілізація зображення. Більшість сучасних панорамних камер оснащені системами електронної або оптичної стабілізації, що дозволяє мінімізувати ефекти тремтіння і тряски при зйомці. Це особливо важливо для відео, що знімається на ходу або в умовах руху. Деякі моделі підтримують функцію гіроскопічної стабілізації, що дає можливість отримувати плавні відео навіть за умов високої активності або на нерівних поверхнях.

Іншою важливою додатковою функцією є вбудоване стрімування. Панорамні камери, такі як Insta360 One X2 або GoPro Max, дозволяють проводити живі трансляції в реальному часі через популярні платформи, як-от YouTube, Facebook або Instagram. Це дуже корисно для блогерів, контент-кріейторів і компаній, які хочуть створювати інтерактивний контент для своїх глядачів. Іншою цікавою функцією є автоматичне оброблення зображень і відео за допомогою вбудованих алгоритмів. Камери можуть застосовувати різні

ефекти, покращення освітлення, корекцію кольорів і навіть видалення "швів" між зображеннями для створення чистих панорам без видимих переходів.

Ці додаткові функції значно покращують досвід користувача, роблячи процес зйомки простішим та доступнішим навіть для новачків. Однак вони можуть впливати на ціну камери, адже камери з розширеними можливостями зазвичай коштують дорожче. Крім того, для максимально ефективного використання цих функцій необхідно мати додаткові інструменти для обробки контенту або стабільний інтернет-зв'язок для стрімінгу.

Панорамні камери, хоча й здатні забезпечити високоякісні 360° зображення та відео, мають обмеження в умовах освітлення, зокрема в поганих умовах низької освітленості, де зображення може бути зернистим або недостатньо чітким. Крім того, зйомка з панорамних камер часто вимагає значної обробки для уникнення видимих швів або артефактів, особливо при створенні 360° відео. Також деякі моделі можуть мати обмежену автономність або складності в інтеграції з іншими пристроями та програмами.

Отже, панорамні камери є потужним інструментом для створення віртуальних турів завдяки своїй простоті, функціональності та високій якості зображень. Правильний вибір моделі залежить від потреб проекту, бюджету та рівня підготовки користувача.

Для створення панорамних зображень необхідно використовувати спеціалізовані програмні інструменти, які дозволяють ефективно зшивати кілька окремих фотографій в одне безшовне панорамне зображення. Ці інструменти надають різні можливості, такі як автоматичне та ручне налаштування, коригування кольору, обробка великих зображень і підтримка різних типів проєкцій. Далі розглянемо кілька найбільш популярних програмних рішень, які допомагають у створенні панорамних зображень, що використовуються як для професійної, так і для аматорської зйомки.

PTGui – це один із найбільш популярних і потужних програмних інструментів для створення панорамних зображень. Він підтримує широкий спектр функцій для автоматичного та ручного зшивання фотографій,

дозволяючи отримувати високу якість панорам. Програма працює з великими наборами зображень, може зшивати як горизонтальні, так і вертикальні панорами, а також панорами в 360°. В PTGui також доступні розширені налаштування для коригування геометрії, кута огляду та зміщення зображень, що дозволяє досягти ідеальних результатів навіть у складних умовах зйомки.

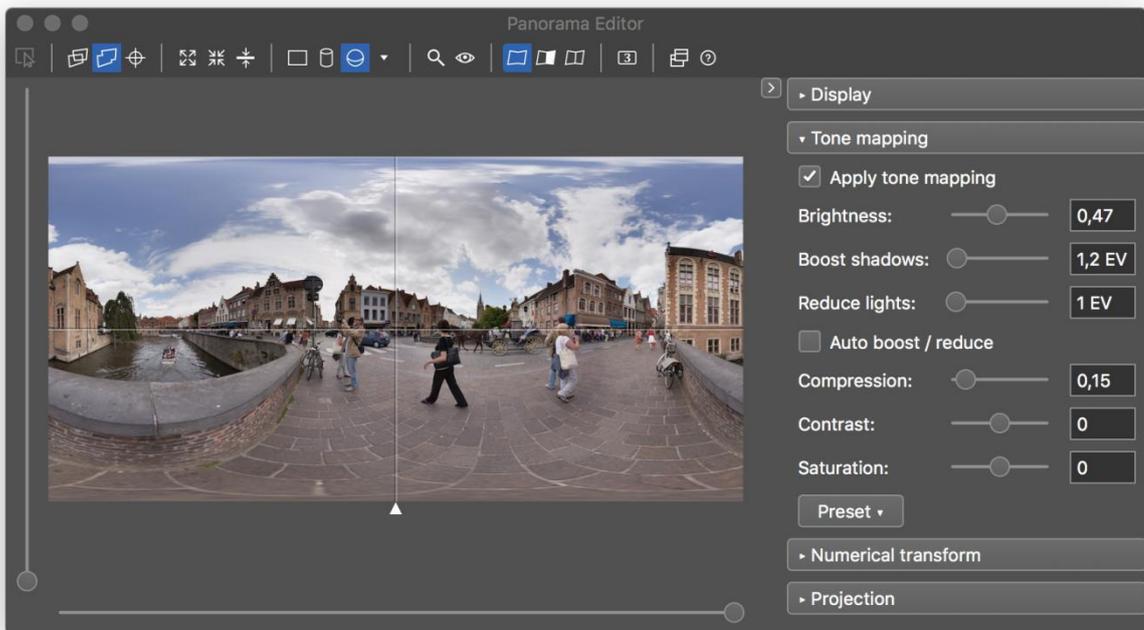


Рисунок 2.7 – PTGui

Однією з ключових переваг PTGui є її здатність працювати з широким спектром типів проєкцій, таких як сферична, циліндрична, планіметрична та інші, що надає користувачам гнучкість у виборі найбільш підходящого формату для створення панорам. Крім того, програма має функцію автоматичного виявлення контрольних точок для зшивання зображень, що значно спрощує процес і дозволяє заощадити час. Для професіоналів, які потребують ще більшої точності, PTGui пропонує можливості для вручну коригування точок зшивання та іншого необхідного налаштування.

Варто зазначити, що PTGui є платним продуктом, але його висока функціональність та надійність виправдовують витрати, особливо для тих, хто займається створенням панорамних зображень на професійному рівні. Однак,

програма може бути складною для новачків, оскільки її інтерфейс і налаштування можуть вимагати певного часу на освоєння.

Hugin – це безкоштовна програма з відкритим кодом, яка дозволяє створювати панорамні зображення з кількох окремих фотографій. Вона є однією з найпопулярніших альтернатив комерційним інструментам завдяки своїй доступності та потужним функціям. Hugin підтримує різні типи проєкцій, включаючи сферичну, циліндричну, планіметричну та інші, що дозволяє створювати як традиційні панорами, так і панорами в 360°.

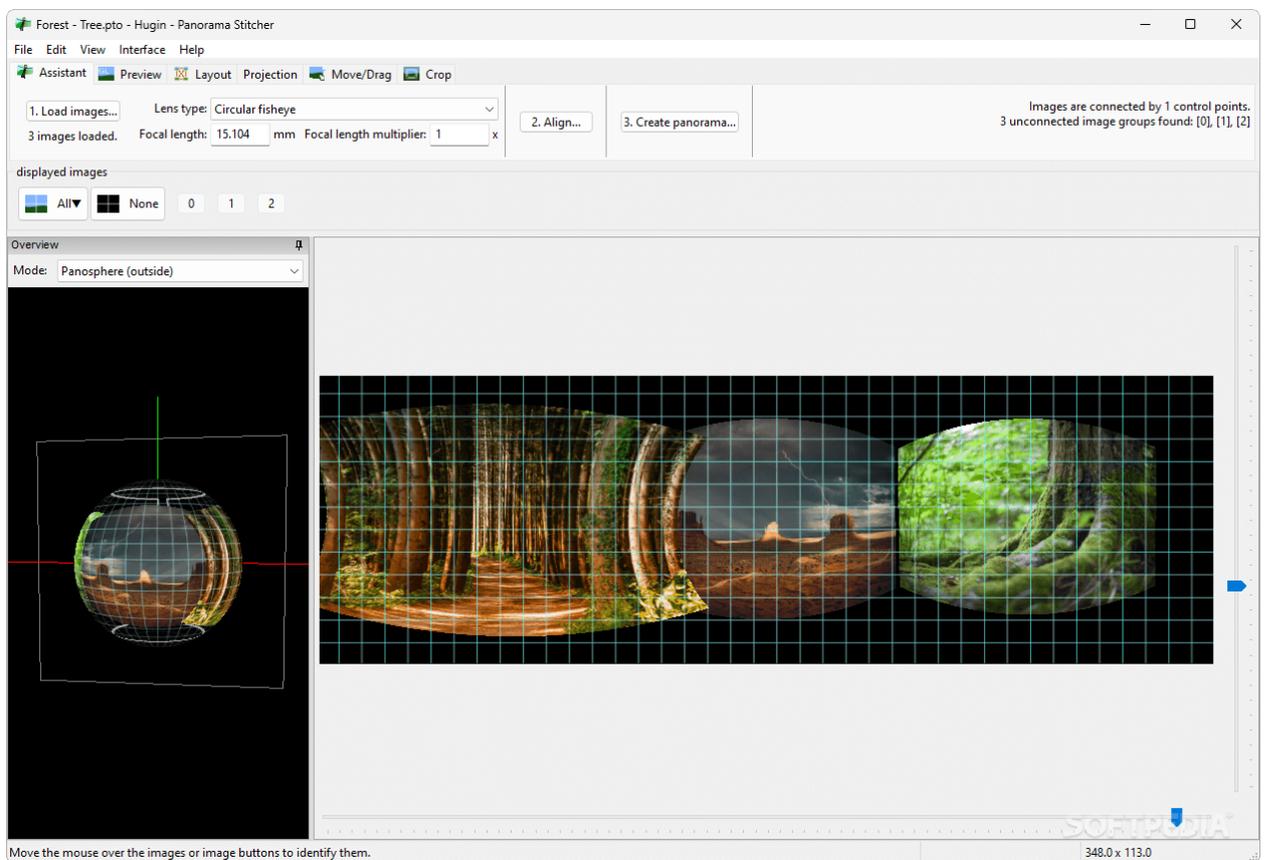


Рисунок 2.8 – Hugin Panorama Stitcher

Основною особливістю Hugin є автоматичне зшивання зображень, яке здійснюється шляхом виявлення контрольних точок на фотографіях, що перетинаються. Програма здатна коригувати викривлення об'єктиву, робити корекцію кольору та освітлення, що значно покращує якість кінцевого зображення. Крім того, Hugin пропонує ручне налаштування точок зшивання, що

дозволяє досягти ідеальних результатів навіть у складних випадках, таких як зшивання зображень з великими перспективними викривленнями або об'єктами, які швидко рухаються.

Hugin також підтримує велику кількість вхідних і вихідних форматів зображень, що робить її універсальним інструментом для обробки панорамних зображень. Програма має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, але може потребувати певного часу для освоєння, особливо для новачків, які не мають досвіду у фотомонтажі або створенні панорам. Для більш досвідчених користувачів Hugin пропонує безліч розширених опцій, що дають змогу досягти високої точності в створенні панорам.

Завдяки відкритому коду, Hugin може бути адаптована для специфічних потреб користувачів, а також підтримує роботу з великими наборами фотографій та високою роздільною здатністю, що робить її підходящою для професіоналів. Програма є безкоштовною, що робить її доступною для широкого кола користувачів.

Adobe Lightroom – це потужний інструмент для редагування фотографій і обробки зображень, який також може бути використаний для створення панорамних зображень. Хоча основною його метою є обробка окремих зображень, Lightroom має вбудовану функцію для зшивання кількох фотографій в одну панораму. Цей програмний засіб є частиною екосистеми Adobe, що забезпечує гнучкість і можливості для професійних фотографів та дизайнерів.

Один з основних переваг Adobe Lightroom – це простота у використанні та висока якість результатів. Для створення панорамного зображення, користувачі можуть обрати кілька знімків, що перетинаються, а програма автоматично зшиває їх в єдину панораму. Lightroom використовує алгоритми для виявлення та вирівнювання контрольних точок, автоматичної корекції кольору та освітлення, що допомагає досягти максимально природного вигляду кінцевого зображення. Крім того, Lightroom надає інструменти для корекції викривлень об'єктиву та перспективи, що є корисним для досягнення більш точного результату.

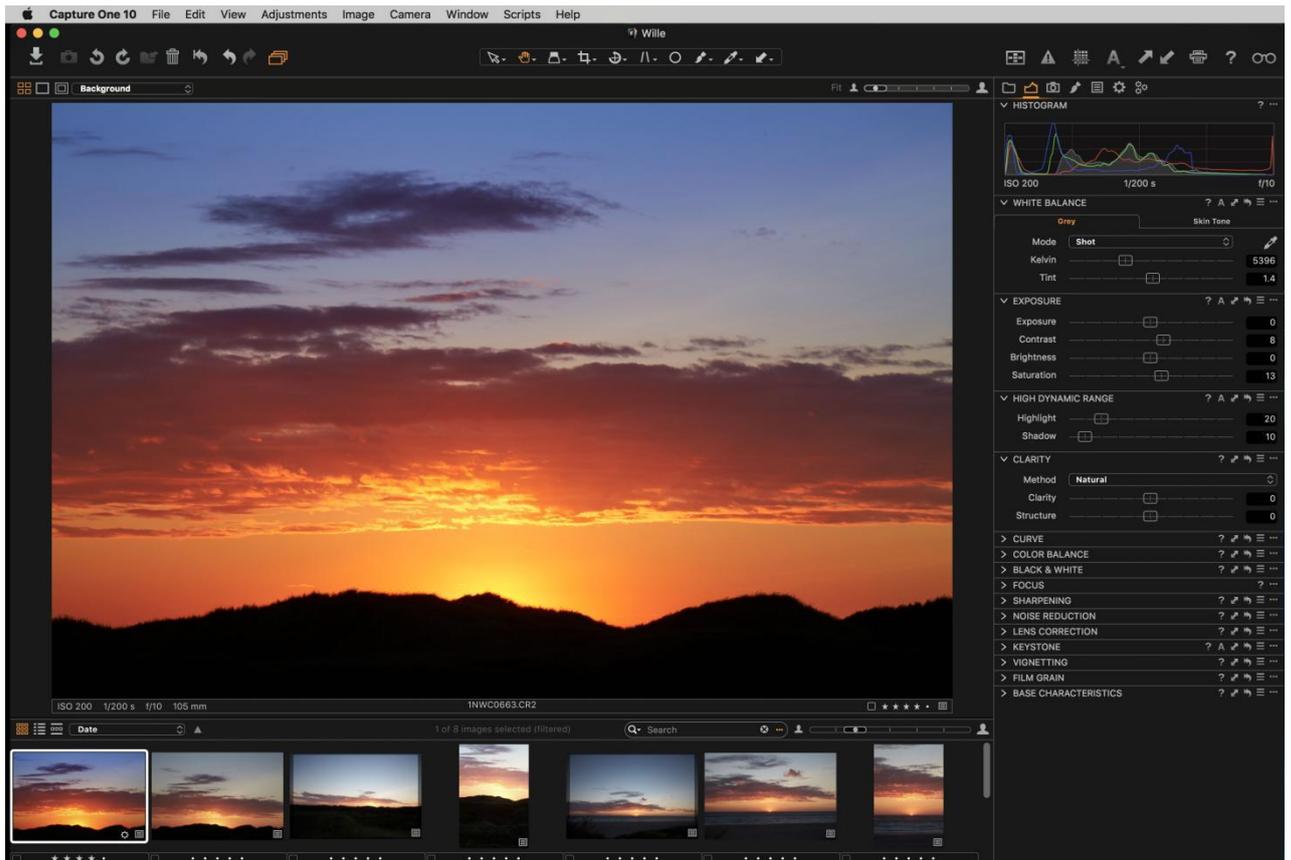


Рисунок 2.9 – Adobe Lightroom

Lightroom підтримує кілька типів проєкцій для панорамних зображень, таких як сферична, циліндрична та перспективна, що дозволяє створювати різноманітні формати зображень залежно від потреб користувача. Після зшивання панорами програма дає можливість детально налаштувати кожен знімок, коригуючи експозицію, контраст, насиченість кольорів та інші параметри. У Lightroom є інструменти для роботи з великими файлами зображень високої роздільної здатності, що є важливим для професіоналів, які займаються створенням детальних панорам.

Однак Adobe Lightroom має кілька обмежень. По-перше, він є платним продуктом, що може бути недосяжним для деяких користувачів, особливо для аматорів або тих, хто працює з невеликими бюджетами. По-друге, хоча Lightroom і простий у використанні, для досягнення найкращих результатів необхідне певне розуміння принципів обробки зображень та роботи з

панорамами, що може зайняти час. Загалом, Lightroom – це ефективний інструмент для тих, хто хоче швидко та зручно створювати високоякісні панорамні зображення з використанням професійних інструментів обробки фотографій.

Kolor Autorano – це потужне програмне забезпечення для створення панорамних зображень, яке використовує інноваційні алгоритми для автоматичного зшивання фотографій. Воно стало популярним серед професіоналів завдяки своїй здатності обробляти великі набори зображень з високою точністю. Autorano підтримує різні типи панорам, включаючи сферичні та циліндричні, і дозволяє користувачам створювати зшиті зображення без значних втрат якості.

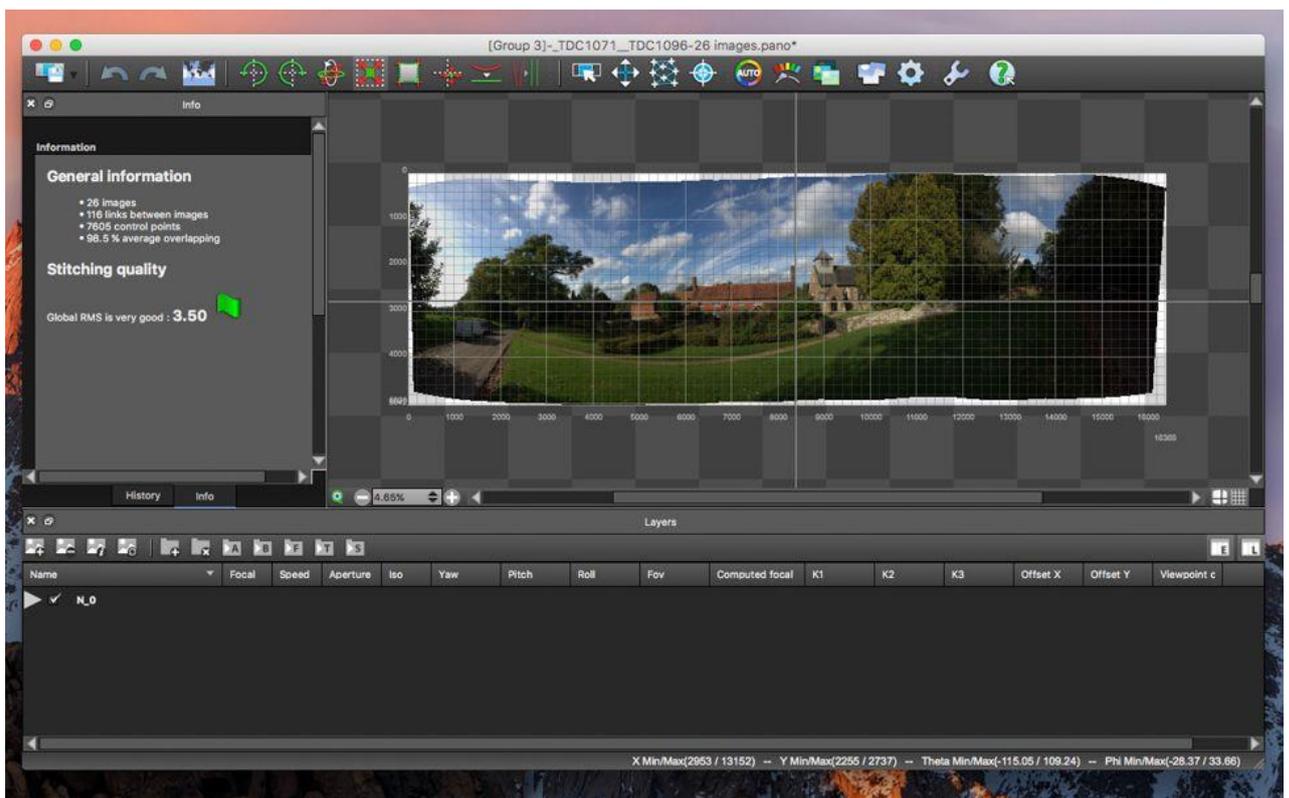


Рисунок 2.10 – Kolor Autorano

Однією з головних переваг Kolor Autorano є його автоматичний процес зшивання, що дозволяє швидко і точно поєднувати декілька зображень в одне. Програма автоматично виявляє контрольні точки на зображеннях, коригує їх

поєднання, а також може виправляти викривлення, що виникають через використання різних об'єктивів або перспективних деформацій. Автоматизація цього процесу значно знижує необхідність у вручну налаштовувати панораму, що робить програму ідеальною для тих, хто хоче швидко отримати готові зображення без додаткових складних налаштувань.

Kolor Autorano має потужні інструменти для обробки панорамних зображень, зокрема підтримку HDR (High Dynamic Range) і обробку зображень у високій роздільній здатності. Програма також дозволяє працювати з різними проєкціями панорам, а також дає можливість коригувати кольори, освітлення і контраст для досягнення максимального реалістичного вигляду. Крім того, Autorano підтримує створення відео з панорам, що додає можливості для більш складних проєктів, включаючи VR-контент.

Основним недоліком Kolor Autorano є те, що це платне програмне забезпечення, яке може бути дорогим для аматорів або користувачів, які не мають потреби в професійних функціях. Крім того, хоча програмне забезпечення автоматизує більшість процесів, інтерфейс може бути складним для новачків, і для досягнення найкращих результатів може знадобитися трохи практики. В цілому, Kolor Autorano є одним з найкращих інструментів для створення високоякісних панорамних зображень, але може бути більш підходящим для досвідчених користувачів, які працюють з великими та складними проєктами.

Kolor Autorano – це потужне програмне забезпечення для створення панорамних зображень, яке використовує інноваційні алгоритми для автоматичного зшивання фотографій. Воно стало популярним серед професіоналів завдяки своїй здатності обробляти великі набори зображень з високою точністю. Autorano підтримує різні типи панорам, включаючи сферичні та циліндричні, і дозволяє користувачам створювати зшиті зображення без значних втрат якості.

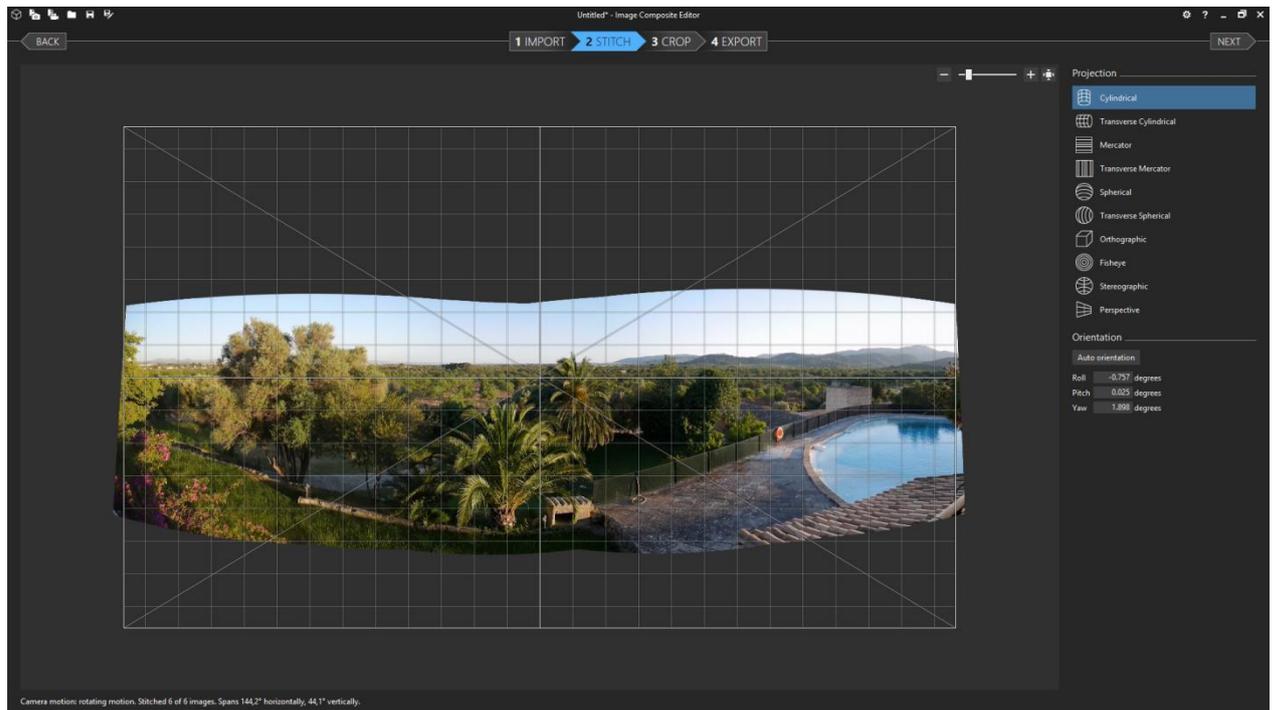


Рисунок 2.11 – Microsoft ICE (Image Composite Editor)

Однією з головних переваг Kolor Autorano є його автоматичний процес зшивання, що дозволяє швидко і точно поєднувати декілька зображень в одне. Програма автоматично виявляє контрольні точки на зображеннях, коригує їх поєднання, а також може виправляти викривлення, що виникають через використання різних об'єктивів або перспективних деформацій. Автоматизація цього процесу значно знижує необхідність у вручну налаштовувати панораму, що робить програму ідеальною для тих, хто хоче швидко отримати готові зображення без додаткових складних налаштувань.

Kolor Autorano має потужні інструменти для обробки панорамних зображень, зокрема підтримку HDR (High Dynamic Range) і обробку зображень у високій роздільній здатності. Програма також дозволяє працювати з різними проєкціями панорам, а також дає можливість коригувати кольори, освітлення і контраст для досягнення максимального реалістичного вигляду. Крім того, Autorano підтримує створення відео з панорам, що додає можливості для більш складних проєктів, включаючи VR-контент.

Основним недоліком Kolor Autorano є те, що це платне програмне забезпечення, яке може бути дорогим для аматорів або користувачів, які не

мають потреби в професійних функціях. Крім того, хоча програмне забезпечення автоматизує більшість процесів, інтерфейс може бути складним для новачків, і для досягнення найкращих результатів може знадобитися трохи практики. В цілому, Kolor Autopano є одним з найкращих інструментів для створення високоякісних панорамних зображень, але може бути більш підходящим для досвідчених користувачів, які працюють з великими та складними проектами.

Загалом, програмні засоби для створення панорамних зображень, такі як PTGui, Hugin, Adobe Lightroom, Kolor Autopano і Microsoft ICE, мають різні функціональні можливості, які підходять для різних типів користувачів – від аматорів до професіоналів.

PTGui і Kolor Autopano є найбільш потужними інструментами для зшивання панорамних зображень, пропонуючи розширену підтримку різних типів зображень, а також додаткові можливості для ручного налаштування і корекції зшитих панорам. PTGui має потужні інструменти для роботи з 360-градусними панорамами та HDR, але ці можливості мають високу ціну. Kolor Autopano, хоча й потужний, також має платний доступ і вимагає більше ресурсів, але його інтерфейс зручний для тих, хто хоче швидко отримувати високоякісні результати без складних налаштувань.

Hugin і Microsoft ICE є більш доступними варіантами для користувачів, які не хочуть витратити кошти або шукають простіші інструменти для створення панорам. Hugin – це безкоштовний і відкритий інструмент, що дозволяє працювати з різними типами панорам та надає можливості для глибокої настройки, але може бути складним для новачків. Microsoft ICE, в свою чергу, є простим і швидким інструментом для зшивання зображень, хоча має обмежені можливості для більш складних проектів і працює тільки на Windows.

Усі ці інструменти мають свої переваги та обмеження, тому вибір залежить від потреб користувача: чи потрібна висока якість та можливість налаштування, чи достатньо простоти та швидкості обробки зображень для створення базових панорам.

Мобільні додатки для створення панорамних зображень стали доступним інструментом для тих, хто хоче створювати та переглядати 360-градусні панорами на своїх смартфонах. Ці додатки дозволяють користувачам швидко та зручно знімати панорамні зображення, навіть не маючи спеціалізованого обладнання. Вони пропонують різні функціональні можливості, такі як зшивання фотографій, інтеграція з соціальними мережами або підтримка перегляду у віртуальній реальності. Нижче представлені три популярні мобільні додатки для створення панорам – Google Street View, Panorama 360 і Cardboard Camera, які пропонують прості та ефективні рішення для зйомки і перегляду панорамних зображень.

Google Street View – це популярний мобільний додаток, який дозволяє користувачам створювати 360-градусні панорами за допомогою смартфона. Додаток оснащений технологією, яка автоматично зшиває серію фотографій, зроблених навколо користувача, в єдине панорамне зображення. Крім того, він дозволяє публікувати отримані панорами на платформі Google Maps, що дозволяє іншим користувачам бачити ці зображення. Інтерфейс додатку простий і зрозумілий, що робить його доступним навіть для новачків. Однак, оскільки він використовує лише камеру смартфона, якість панорам може бути обмежена порівняно з професійними камерами для 360-градусних зйомок.

Panorama 360 – це мобільний додаток для створення панорамних зображень на Android та iOS, який дозволяє швидко та зручно створювати 360-градусні панорами. Додаток автоматично зшиває фотографії в одне ціле, підтримує функцію «живих панорам», яка дозволяє переглядати зображення в інтерактивному вигляді. З його допомогою можна легко ділитися своїми панорамами в соціальних мережах або на спеціалізованих платформах. Панорамні зображення можна додавати в галерею додатку, де інші користувачі можуть їх переглядати. Хоча додаток є досить зручним і доступним, його якість може бути обмежена точністю зшивання при складних знімках, особливо якщо смартфон має не дуже потужну камеру.

Cardboard Camera – це додаток від Google, який дозволяє створювати панорамні зображення з додаванням просторового звуку. Цей додаток призначений для зйомки панорам, які можуть бути переглянуті в Google Cardboard або інших VR-шляхах. Основною особливістю є можливість додавання звукових ефектів, що створює ще більше відчуття присутності в тому чи іншому середовищі. Для зйомки потрібно обертати смартфон навколо себе, і програма автоматично зшиває зображення, створюючи ефект 360-градусного панорамного зображення. Крім того, панорами, створені через Cardboard Camera, можуть бути переглянуті в режимі віртуальної реальності, що дає можливість користувачам повністю зануритися в знятий простір. Це робить додаток ідеальним для створення інтерактивних досвідів, хоча знову ж таки, його якість залежить від можливостей камери смартфона.

Онлайн-платформи для створення панорамних зображень пропонують зручний спосіб створення, обробки та публікації панорам без потреби в установці спеціалізованого програмного забезпечення. Вони ідеально підходять для користувачів, які хочуть швидко створити панораму або інтерактивний тур за мінімальних витрат часу і ресурсів. Нижче наведено кілька популярних платформ

Kuula – це зручний інструмент для створення 360-градусних панорам і віртуальних турів, який особливо популярний завдяки простоті у використанні та широким можливостям персоналізації. Платформа дозволяє завантажувати панорамні зображення, редагувати їх та додавати інтерактивні елементи, такі як текстові описи, гіперпосилання та переходи між сценами. Kuula також підтримує інтеграцію з VR-пристроями, що дозволяє переглядати створений контент у шоломах віртуальної реальності.

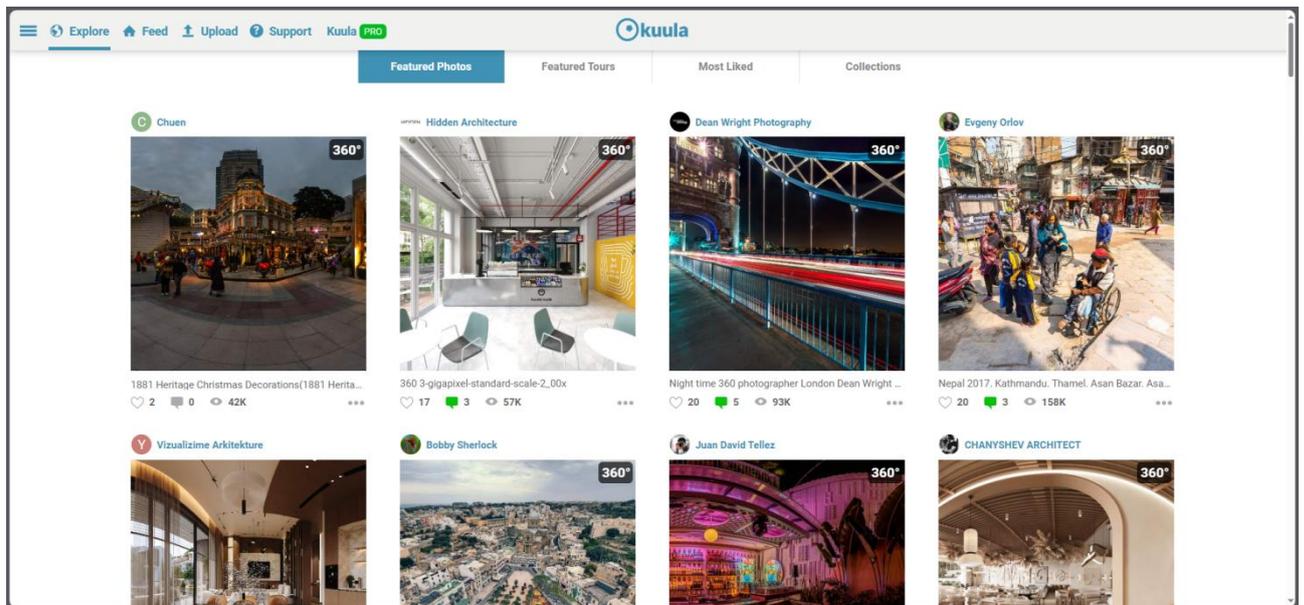


Рисунок 2.12 – Kuula

Серед ключових функцій Kuula – інструменти для налаштування яскравості, контрасту і кольорокорекції зображень. Крім того, платформа пропонує зручний інтерфейс для додавання гарячих точок, які роблять тури більш інтерактивними. Створений контент можна легко публікувати через посилання, вбудовувати на вебсайти або ділитися у соціальних мережах. Kuula також пропонує шаблони для початківців, що спрощує процес створення перших проєктів.

Перевагами Kuula є простота у використанні навіть для новачків, а також доступність безкоштовної версії для базових проєктів. Водночас платформа має певні обмеження: у безкоштовній версії доступний обмежений обсяг хмарного сховища, а деякі розширені функції (наприклад, детальні аналітичні звіти) доступні лише у преміум-версії. Однак завдяки своїй гнучкості та універсальності Kuula залишається одним із найпопулярніших рішень для створення віртуальних турів.

Rano2VR – це потужний програмний інструмент, спеціально розроблений для обробки панорамних зображень і створення інтерактивних віртуальних турів. Він надає користувачам можливість перетворювати 360-градусні панорами на багатофункціональні тури, збагачені інтерактивними елементами,

як-от гарячі точки, навігаційні меню та текстові описи. Програма також підтримує широкий спектр форматів панорамних зображень, включаючи equirectangular, кубічні проєкції та інші.

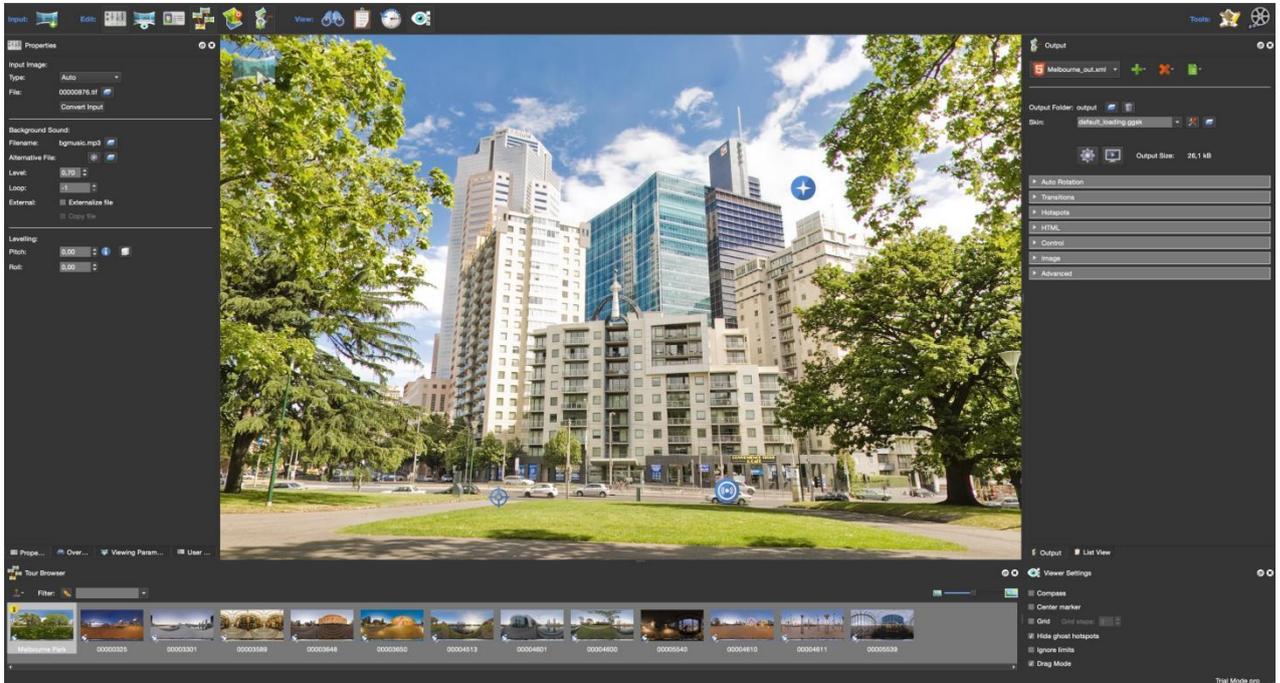


Рисунок 2.13 – Pano2VR

Однією з головних переваг Pano2VR є розширені можливості редагування: користувачі можуть додавати відео, аудіо, карти та інші мультимедійні елементи до турів. Інструмент пропонує вбудовану підтримку для публікації на вебсайтах, інтеграцію з Google Street View, а також автоматичну генерацію адаптивного контенту для мобільних пристроїв і VR-шоломів. Крім того, Pano2VR має розширені функції для корекції зображень, наприклад, усунення швів або виправлення перспективи.

Pano2VR відзначається професійним рівнем функціональності, гнучкістю та підтримкою великої кількості інтерактивних елементів. Однак програмне забезпечення орієнтоване на досвідчених користувачів, тому новачкам може знадобитися час для освоєння інтерфейсу. Ще одним недоліком є порівняно висока вартість ліцензії, хоча це компенсується широкими можливостями

інструменту. Незважаючи на це, Rapo2VR залишається одним із лідерів у сфері створення професійних віртуальних турів.

3DVista – це комплексне програмне забезпечення, яке дозволяє створювати професійні віртуальні тури з широким набором інтерактивних можливостей. Ця платформа забезпечує повну підтримку панорамних зображень і відео, інтеграцію мультимедійних елементів, таких як аудіо, відео, текстові описи, карти, та навіть тестові завдання. Основна цільова аудиторія 3DVista – професійні фотографи, маркетологи, архітектори, освітяни та інші фахівці, які прагнуть створювати захопливі віртуальні середовища.

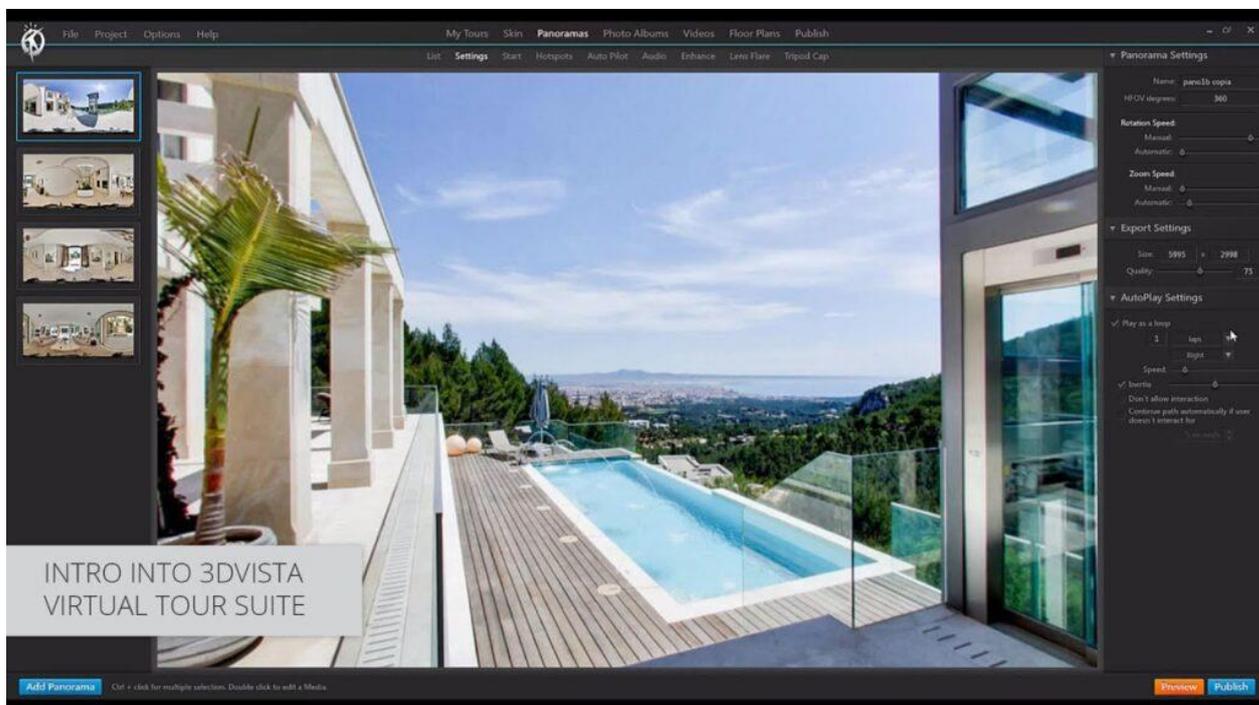


Рисунок 3.14 – 3DVista

Однією з ключових функцій 3DVista є підтримка технологій глибокого занурення, зокрема VR-шоломів, завдяки чому користувачі можуть створювати тури для віртуальної реальності. Платформа також пропонує унікальну можливість створення живих панорамних відео, що додає динаміки до віртуальних турів. Інструмент має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє створювати складні тури без необхідності програмування. Крім того,

3DVista підтримує адаптивний дизайн, що гарантує зручність перегляду на мобільних пристроях.

3DVista вражає своєю функціональністю та можливостями кастомізації, що робить його універсальним вибором для багатьох галузей. Програма підтримує багатомовність, що є важливою перевагою для міжнародного використання. Водночас, 3DVista може виявитися складною для новачків через широкий спектр налаштувань і функцій. Ще одним недоліком є висока вартість ліцензії, хоча інвестиція виправдана якістю та професійним рівнем результатів, які можна отримати за допомогою цього інструменту.

Lapentor – це онлайн-платформа, яка дозволяє створювати інтерактивні віртуальні тури з мінімальними зусиллями та без необхідності завантаження додаткового програмного забезпечення. Цей інструмент ідеально підходить для користувачів, які шукають швидкий і зручний спосіб створення професійних панорамних проєктів. Lapentor пропонує стильний і адаптивний інтерфейс, який забезпечує комфортну роботу навіть для початківців.

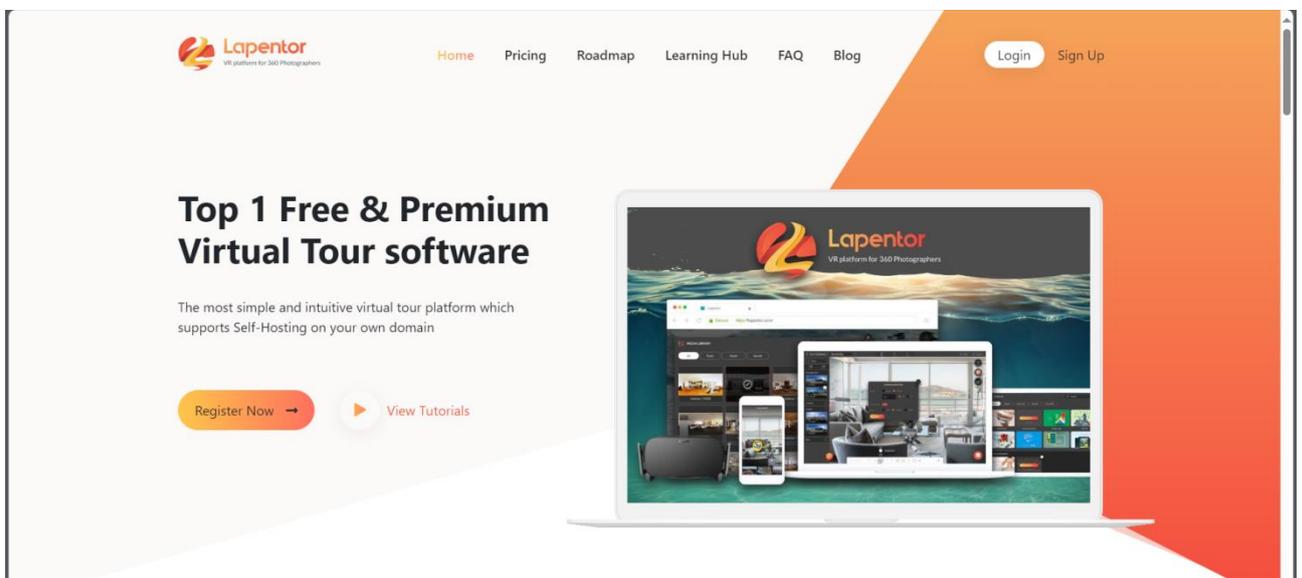


Рисунок 2.15 – Lapentor

Основна перевага Lapentor – це готові шаблони, які дозволяють швидко налаштовувати дизайн віртуальних турів. Користувачі можуть додавати інтерактивні елементи, такі як текстові описи, мітки, кнопки переходу між

сценами та навіть інтегрувати мультимедійний контент. Платформа працює повністю онлайн, що забезпечує доступність проектів з будь-якого пристрою без необхідності збереження на локальному диску. Також Larentor підтримує адаптивний дизайн, що гарантує чудовий вигляд турів на мобільних пристроях.

Larentor приваблює своєю простотою у використанні, проте водночас має деякі обмеження в гнучкості налаштувань порівняно з потужнішими програмами, такими як 3DVista. Для професійних фотографів або складних проектів функціональності може виявитися недостатньо. Проте для освітніх цілей, презентацій або невеликих проектів Larentor забезпечує чудове співвідношення простоти та якості.

2.4 Python-модулі для створення віртуальних турів

Python є універсальною мовою програмування, яка пропонує різні модулі для створення інтерактивних і візуально привабливих віртуальних турів. Ці модулі допомагають обробляти зображення, створювати 3D-моделі, додавати інтерактивні елементи та розробляти веб-додатки для перегляду турів.

Pillow – це потужна і популярна бібліотека для обробки графічних зображень у Python. Вона є спадкоємцем Python Imaging Library (PIL) і пропонує широкий набір функцій для роботи з різними типами зображень, включаючи редагування, обробку та збереження. Завдяки простому синтаксису та багатій функціональності Pillow часто використовується в проєктах, пов'язаних із розробкою віртуальних турів.

Розглянемо особливості Pillow.

Перш за все, це підтримка багатьох форматів зображень. Pillow підтримує роботу з популярними графічними форматами, такими як JPEG, PNG, BMP, GIF, TIFF та інші. Це дозволяє обробляти зображення, зроблені різними пристроями, і зберігати результати в необхідному форматі.

Серед можливостей редагування зображень:

- зміна розміру, зображення можна зменшувати або збільшувати, зберігаючи співвідношення сторін;
- обрізка дозволяє видаляти непотрібні ділянки зображення.
- обертання і віддзеркалення забезпечує можливість повороту на будь-який кут і відображення по вертикалі чи горизонталі;
- зміна кольорової схеми дозволяє конвертувати зображення у відтінки сірого або застосовувати різні кольорові фільтри.

Осоюливістю є робота з альфа-каналом. Pillow дозволяє обробляти прозорість зображень (альфа-канал), що є важливим для створення накладень, водяних знаків або інтерактивних елементів у віртуальних турах;

Pillow має вбудовані інструменти для нанесення тексту або графічних елементів (ліній, прямокутників, кіл) на зображення. Це корисно для створення підписів, маркерів або пояснень у панорамних сценах.

Зображення можна з'єднувати горизонтально, вертикально або по заданих координатах, що використовується для створення панорам.

Pillow дозволяє читати та редагувати метадані зображень, наприклад EXIF-дані, які містять інформацію про камеру, дату зйомки та налаштування.

Переваги Pillow:

- простота використання завдяки зрозумілому синтаксису;
- потужний набір інструментів для роботи з зображеннями;
- широка підтримка різних форматів і функцій редагування;
- легка інтеграція з іншими Python-бібліотеками, такими як OpenCV чи NumPy.

Недоліки Pillow:

- не підтримує 3D-обробку зображень;
- деякі операції можуть бути повільними на великих зображеннях або при обробці великої кількості файлів;
- обмежена підтримка сучасних форматів, таких як WebP, у порівнянні з іншими бібліотеками.

Pillow є ідеальним вибором для початкової та середньої обробки зображень у проєктах віртуальних турів. Вона дозволяє виконувати більшість базових і розширених завдань, необхідних для підготовки графічних матеріалів. Завдяки гнучкості та багатій функціональності, ця бібліотека залишається популярною серед розробників Python.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – це одна з найпопулярніших бібліотек для комп'ютерного зору і обробки зображень. Вона написана мовами C++ і Python, що забезпечує швидкість роботи та гнучкість використання. OpenCV використовується в різних галузях, включаючи робототехніку, медицину, відеоспостереження, а також створення віртуальних турів.

Розглянемо особливості OpenCV.

OpenCV пропонує широкий спектр функцій для обробки зображень. OpenCV пропонує багатий набір функцій для попередньої обробки зображень: зміна розміру, фільтрація шуму, підвищення різкості, корекція кольорів і багато іншого.

Можливості роботи з відео. Бібліотека дозволяє читати, обробляти та зберігати відео. Вона підтримує такі формати, як MP4, AVI, MOV, і дає змогу обробляти кадри в реальному часі, що є важливим для створення інтерактивних елементів у віртуальних турах.

Забезпечує підтримку 2D- і 3D-обробки. OpenCV дозволяє створювати 2D-ефекти, а також працювати з 3D-моделями, забезпечуючи підтримку глибини та перспективи. Це корисно для інтеграції 3D-об'єктів у віртуальні панорами.

Розпізнавання об'єктів і тексту. Розпізнавання облич використовується в інтерактивних турах для ідентифікації осіб або створення користувацького досвіду. Оптичне розпізнавання символів (OCR) може бути корисним для зчитування текстової інформації, що міститься на зображеннях чи панорамах.

Інтеграція з іншими інструментами. OpenCV легко інтегрується з бібліотеками NumPy, SciPy, TensorFlow і PyTorch, що дозволяє виконувати складні обчислення і глибокий аналіз даних.

Переваги OpenCV:

- висока продуктивність забезпечується завдяки оптимізації на рівні C++ бібліотека забезпечує швидке виконання операцій;
- підтримка багатьох платформ, а саме OpenCV працює на Windows, macOS, Linux, Android і iOS.
- гнучкість, підтримка Python дозволяє легко інтегрувати OpenCV у будь-які проєкти;
- велика кількість документації, прикладів та обговорень у спільноті розробників.

Недоліки OpenCV:

- через широкий функціонал бібліотека може здаватися складною для освоєння;
- деякі сучасні функції (наприклад, глибоке навчання) потребують інтеграції з іншими бібліотеками;
- OpenCV є універсальним інструментом, але для вузькоспеціалізованих завдань можуть бути потрібні інші бібліотеки.

OpenCV – це потужний інструмент для обробки зображень і створення віртуальних турів. Її гнучкість, швидкість і багатий набір функцій дозволяють реалізувати широкий спектр завдань, від створення панорам до інтерактивних елементів. Незважаючи на певну складність освоєння, OpenCV є важливим вибором для розробників, які прагнуть створювати професійні віртуальні тури.

PyVista – це Python-бібліотека для аналізу і візуалізації 3D-даних. Вона побудована на основі популярної бібліотеки VTK (Visualization Toolkit) і надає спрощений інтерфейс для створення та маніпуляції тривимірними об'єктами. PyVista активно використовується в наукових дослідженнях, моделюванні даних, а також для розробки інтерактивних віртуальних турів з 3D-елементами.

Розглянемо особливості PyVista. PyVista спрощує взаємодію з VTK, дозволяючи працювати з 3D-даними без зайвої складності. Інтерфейс інтуїтивно зрозумілий навіть для новачків у 3D-візуалізації. Бібліотека підтримує популярні

формати 3D-даних, такі як STL, OBJ, PLY, VTP, а також дозволяє завантажувати і обробляти об'ємні дані.

PyVista дозволяє створювати інтерактивні 3D-візуалізації з можливістю обертання, масштабування і взаємодії з об'єктами в реальному часі. PyVista легко інтегрується з бібліотеками NumPy, Pandas і Matplotlib, що спрощує роботу з даними та їх попередню обробку. Бібліотека дозволяє створювати, редагувати та візуалізувати тривимірні геометричні об'єкти (поверхні, об'єми, багатокутники) і сітки. PyVista дозволяє генерувати реалістичні 3D-зображення з використанням світлотіней і текстур.

Можливості PyVista для віртуальних турів:

- PyVista дозволяє інтегрувати тривимірні об'єкти у віртуальні тури, додаючи додаткові рівні взаємодії. Наприклад, можна створювати 3D-моделі будівель, меблів або інших елементів середовища;
- PyVista підтримує інтеграцію з геоданими, що дозволяє візуалізувати географічні локації у вигляді 3D-карт;
- інструмент надає можливість додавання анотацій і підказок до 3D-елементів, що корисно для інтерактивного навчання чи пояснень у віртуальних турах;
- PyVista здатна працювати з великими масивами даних, забезпечуючи ефективне управління і обробку.

Переваги PyVista: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс; широка функціональність; швидка інтеграція; інтерактивність.

Недоліки PyVista: залежність від VTK; обмеження у 2D-візуалізації; складнощі з великими проектами.

PyVista – це потужний інструмент для роботи з 3D-даними, який чудово підходить для створення інтерактивних елементів у віртуальних турах. Її простота використання, інтеграція з іншими бібліотеками Python і багатий набір функцій роблять PyVista відмінним вибором для розробників, які хочуть реалізувати професійні 3D-візуалізації.

Plotly Dash – це Python-фреймворк, який дозволяє створювати інтерактивні веб-додатки для візуалізації даних без необхідності знання HTML, CSS чи JavaScript. Dash ідеально підходить для створення веб-інтерфейсів, які інтегрують складні візуалізації, інтерактивні елементи та динамічну обробку даних.

Plotly Dash – це бібліотека Python, яка дозволяє створювати інтерактивні веб-додатки для візуалізації даних. Вона складається з трьох основних компонентів: Dash Core Components (dcc), які містять інтерактивні елементи, такі як графіки та повзунки; Dash HTML Components (html), що відповідають за створення макету сторінки; та Callback-функцій, які зв'язують інтерактивні елементи з обробкою даних і оновленням візуалізацій. Інтеграція з бібліотекою Plotly дозволяє створювати динамічні графіки та діаграми, а також адаптувати додатки для різних пристроїв за допомогою респонсивного дизайну.

Plotly Dash має безліч можливостей для створення віртуальних турів, включаючи інтерактивні карти, мультимедійний контент (зображення, відео, аудіо) та динамічну взаємодію, таку як відображення додаткової інформації при виборі точки на карті. Модульність Dash дозволяє створювати масштабовані та оновлювані додатки, а його інтеграція з іншими Python-бібліотеками, такими як Pandas або NumPy, забезпечує додаткові можливості для обробки великих даних і машинного навчання. Однак, для складних візуалізацій, які потребують високої кастомізації або великої кількості інтерактивних елементів, може виникнути проблема з продуктивністю, а також необхідність в серверному середовищі для деплою.

Plotly Dash – це універсальний інструмент для створення інтерактивних додатків, який поєднує простоту використання з багатими можливостями візуалізації. Він підходить для розробки аналітичних інструментів, динамічних графіків і навіть складних інтерактивних елементів, які можуть бути використані у віртуальних турах.

ImageIO – це бібліотека Python, яка забезпечує зручний інтерфейс для роботи з зображеннями та мультимедійними файлами. Вона підтримує

різноманітні формати зображень, такі як PNG, JPEG, TIFF, BMP, а також мультимедійні формати, зокрема відео та анімації. ImageIO забезпечує ефективно зчитування та запис зображень, а також конвертацію між різними форматами. Завдяки своїй простоті та універсальності, ImageIO є популярним інструментом для обробки зображень у Python, що робить її ідеальною для інтеграції в проекти, пов'язані з обробкою візуальних даних.

Однією з ключових особливостей ImageIO є її здатність працювати з великими об'ємами даних. Бібліотека оптимізована для швидкої обробки зображень, що є важливим аспектом при створенні віртуальних турів, де необхідно працювати з великими панорамними зображеннями або відео. Вона дозволяє зчитувати та записувати зображення різних форматів без необхідності використовувати додаткові бібліотеки або складні алгоритми. Крім того, ImageIO підтримує роботу з метаданими, такими як EXIF-дані для фотографій.

ImageIO є відкритим програмним забезпеченням і активно підтримується спільнотою розробників, що робить її надійним вибором для різноманітних проектів. Її простота в використанні та можливість інтеграції з іншими Python-бібліотеками (наприклад, NumPy для роботи з масивами даних) дозволяють реалізувати складні алгоритми обробки зображень. Однак варто зазначити, що ImageIO не має такої ж глибокої функціональності для складних графічних операцій, як інші бібліотеки, наприклад OpenCV або Pillow, тому вона більше підходить для базової обробки зображень та мультимедійних файлів.

PyPanotools – це бібліотека Python, яка надає інтерфейс для роботи з популярним інструментом Panotools. Panotools – це набір інструментів для обробки панорамних зображень, який дозволяє створювати панорами, стикувати зображення, коригувати їх геометрію, а також виконувати інші операції для з'єднання кількох зображень в одне панорамне зображення. PyPanotools є обгорткою для цього інструменту, що дозволяє автоматизувати багато з цих завдань за допомогою Python, роблячи процес обробки панорамних зображень більш зручним і ефективним.

PyPanotools є інтерфейсом для роботи з потужними функціями Panotools через Python, що дозволяє розробникам використовувати основні можливості бібліотеки без необхідності вручну викликати команди з командного рядка. Це дає змогу працювати з такими важливими функціями, як згладжування зображень, корекція фокусної відстані та налаштування стикування для створення якісних панорамних зображень.

Бібліотека забезпечує потужні алгоритми для стикування зображень (Image Stitching), що дозволяє поєднувати кілька зображень, зроблених з різних точок огляду. Крім того, PyPanotools підтримує корекцію проекції та геометрії, включаючи виправлення деформацій, таких як ефект "риб'ячого ока", що є важливим для створення панорам, які виглядають природно та без спотворень після з'єднання.

Бібліотека також працює з метаданими зображень, зокрема EXIF-даними, що є корисним для роботи з панорамами, що містять додаткову інформацію, таку як GPS-координати та орієнтація камери. PyPanotools підтримує різні формати зображень, включаючи TIFF, JPEG і PNG, що дозволяє працювати з панорамами без необхідності конвертувати файли в спеціалізовані формати. Вона також є відкритим програмним забезпеченням, що дає можливість модифікації та адаптації бібліотеки під специфічні потреби користувача.

Основні переваги PyPanotools включають автоматизацію процесу створення панорам, високу гнучкість у роботі з різними аспектами панорамних зображень і підтримку високоякісних результатів завдяки інтеграції з Panotools. Проте бібліотека має деякі недоліки, зокрема складність налаштування Panotools на системі та залежність від сторонніх інструментів, що може бути незручним для новачків. Крім того, обмежена документація може ускладнити навчання та використання бібліотеки.

PyPanotools є потужним інструментом для тих, хто займається створенням панорамних зображень за допомогою Python. Вона дозволяє інтегрувати функціональність Panotools у ваші проекти, надаючи можливість автоматизації

та обробки панорам. Однак для її ефективного використання необхідно встановити Panotools, що може бути складним для нових користувачів.

Py360Convert – це бібліотека Python, яка спеціалізується на конвертації панорамних зображень з одного формату в інший, а також на перетворенні їх в різні типи проекцій. Це дуже корисний інструмент для створення віртуальних турів, оскільки часто виникає необхідність обробки зображень, що використовуються для панорам, і їх адаптації до різних платформ або типів пристроїв.

Py360Convert – потужна бібліотека для обробки панорамних зображень і відео, що надає можливість конвертації між кількома популярними проекціями. Серед них – екваторіальна проекція (Equirectangular), яка є найбільш поширеною для 360-градусних панорам, кубічна проекція (Cubemap), що часто використовується для віртуальних турів, а також проекція "риб'яче око" (Fisheye), яка підходить для знімків, зроблених спеціальними об'єктивами. Ця функція дозволяє адаптувати панорами до різних відображень, що є важливим для створення контенту для віртуальної реальності.

Бібліотека також підтримує обробку 360-градусних відео, що дає змогу зберігати їх з правильними проекціями для подальшого використання в віртуальних турах або VR-платформах. Py360Convert забезпечує простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс на Python для конвертації проекцій і зміни форматів зображень, що дозволяє швидко обробляти панорамні зображення та відео за допомогою кількох рядків коду. Бібліотека підтримує роботу з популярними форматами, такими як JPEG, PNG та TIFF, а також з високою роздільною здатністю, що важливо для створення професійних панорам до 8K.

Переваги Py360Convert включають широкі можливості для перетворення зображень, зручну інтеграцію в більші проекти завдяки Python-інтерфейсу та підтримку 360-градусних відео, що є важливим для створення віртуальних турів. Бібліотека також надає можливість автоматизувати процес обробки зображень у великих проектах. Однак для ефективного використання потрібні знання Python, а також може бути обмежена документація, що створює деякі труднощі для

новачків. Технічні обмеження також можуть виникати при роботі з деякими специфічними форматами чи новими технологіями.

Py360Convert – потужний інструмент для обробки панорамних зображень і відео, який дозволяє легко виконувати перетворення між різними проекціями, що важливо при створенні віртуальних турів. Вона підтримує багато популярних форматів і легко інтегрується в Python-проекти, що робить її корисною для розробників, які працюють з 360-градусними зображеннями. Хоча бібліотека має кілька обмежень і потребує знання Python, вона є ефективним інструментом для автоматизації обробки панорам у професійних проєктах.

2.5 Інтеграція із системами керування навчанням (LMS)

Інтеграція віртуальних турів із системами керування навчанням (LMS, Learning Management Systems) стає все більш важливим кроком для підвищення ефективності освітнього процесу. Системи LMS, такі як Moodle, Blackboard або Canvas, забезпечують централізовану платформу для організації навчання, де студенти можуть отримувати матеріали, брати участь у тестах, виконувати завдання та взаємодіяти з іншими учасниками. Інтеграція віртуальних турів у ці системи дозволяє значно розширити можливості для студентів, додаючи в навчальний процес елементи практичного досвіду і інтерактивності, що робить його більш динамічним та цікавим.

Інтерактивні елементи, такі як 360-градусні панорами, інтерактивні точки, відео та тестові модулі, можуть бути впроваджені у LMS як частина навчальних матеріалів. Наприклад, віртуальні тури можуть бути використані для вивчення архітектури, історичних пам'яток, лабораторних робіт або навіть для віртуальних екскурсій по реальних підприємствах. Цей формат дозволяє студентам отримати доступ до навчального контенту з будь-якої точки світу, незалежно від фізичної доступності об'єктів навчання.

Інтеграція віртуальних турів із LMS може також включати систему оцінювання і зворотного зв'язку. Студенти можуть проходити тестування після

кожного тури або виконувати завдання, пов'язані з тим, що вони вивчили під час віртуальної екскурсії. Це дозволяє ефективно відслідковувати прогрес кожного студента та забезпечувати гнучкість у навчальному процесі. Водночас, для викладачів це можливість швидко отримати відомості про результати студентів і коригувати навчальний процес за потребою.

Однак, для успішної інтеграції віртуальних турів у LMS необхідно враховувати технічні вимоги і можливості самих платформ. Важливо, щоб вибрана система LMS підтримувала вбудовування зовнішніх медіа (наприклад, відео, зображення, інтерактивні панорами), а також мала інтерфейс для зручної навігації і взаємодії зі студентами. Використання відкритих стандартів, таких як SCORM або xAPI, може спростити інтеграцію, забезпечуючи сумісність із різними системами управління навчанням.

Інтеграція віртуальних турів із LMS не тільки покращує процес навчання, але й дозволяє створити більш персоналізований підхід до освіти. Залучення студентів до активної взаємодії з навчальним контентом через віртуальні тури може сприяти глибшому розумінню матеріалу та збільшити мотивацію до навчання. З кожним роком технології віртуальної реальності та інтерактивних платформ продовжують розвиватися, що відкриває нові можливості для застосування цих інструментів у навчанні.

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ ВІРТУАЛЬНОГО ОСВІТНЬОГО ТУРУ

3.1 Збір матеріалів для віртуального туру (фотографії, відео, тексти)

Реалізація прототипу віртуального освітнього туру починається з етапу збору необхідних матеріалів. Цей етап є ключовим, оскільки якість і доступність зібраних ресурсів безпосередньо впливають на ефективність та враження користувачів від віртуального досвіду. Збір матеріалів для віртуального туру включає кілька важливих аспектів: фотографії, відео та текстову інформацію.

Знімки є основою для створення панорамних зображень. Для цього необхідно зробити високоякісні фото з використанням спеціального обладнання, наприклад, панорамних камер або звичайних камер, що підтримують функцію панорамної зйомки. Варто звернути увагу на освітлення, кут огляду і якість зображень, щоб забезпечити чіткість і деталізацію кожної частини сцени. Для великих просторових об'єктів можна використовувати метод стічки, де окремі знімки з'єднуються в єдине панорамне зображення.

Відео можуть бути використані для створення динамічних елементів туру, таких як віртуальні екскурсії або демонстрації процесів. Відеоматеріали дозволяють надавати додаткові контекстуальні пояснення і зробити навчальний процес більш інтерактивним і захоплюючим. Важливо враховувати формат відео, його якість і можливість інтеграції з іншими елементами віртуального туру. Для створення інтерактивних відео можна використовувати спеціальні платформи, що дозволяють додавати точки взаємодії в різних моментах відео, що підвищує рівень інтерактивності.

Текстові описи і коментарі є важливим елементом для надання контексту матеріалу віртуального туру. Цей контент може включати інформативні статті, історичні довідки, опис функцій чи особливостей об'єктів. Текст також можна використовувати для супроводу фотографій та відео, пояснюючи їх значення, а також для інтеграції з навчальними модулями, що містять тести або інші

інструменти оцінки знань. Важливо створювати текстові матеріали, які будуть зрозумілі і доступні цільовій аудиторії, з акцентом на чіткість і логічність викладу.

Збір матеріалів для віртуального туру є критично важливим кроком, оскільки він забезпечує основу для подальшої роботи над інтеграцією, редагуванням і впровадженням контенту в платформу. Тому важливо правильно організувати цей процес, залучаючи професіоналів у кожній із сфер – фотографії, відео і написання текстів.

3.2 Створення панорамних зображень

Створення панорамних зображень є важливою складовою процесу розробки віртуальних турів, оскільки дозволяє з'єднати декілька зображень в одне, яке дає змогу оглядати простір на 360 градусів. Для цього використовуються методи зшивання зображень, які дозволяють створювати seamless (безшовні) панорами, що виглядають природно та неперервно. Однією з головних задач на цьому етапі є обробка зображень, щоб вони поєднувались без помітних швів, вирівнювались по кольоровій гамі та забезпечували необхідну якість для подальшого використання у віртуальних турах.

Зшивання зображень: Для зшивання зображень зазвичай використовуються алгоритми, які аналізують перекриття між окремими знімками, а потім комбінують їх в одне велике зображення. Це завдання може бути досить складним, оскільки необхідно врахувати різні фактори, такі як перекривання, зміну освітлення, геометричні деформації, що можуть виникати під час зйомки. На цьому етапі використовуються спеціалізовані бібліотеки, наприклад, OpenCV і Py360Convert.

OpenCV: OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – потужна бібліотека для комп'ютерного зору та обробки зображень, що широко використовується для зшивання панорам. Вона надає безліч інструментів для вирівнювання, масштабування, корекції кольору та обробки зображень. OpenCV

реалізує методи для автоматичного пошуку спільних точок на різних зображеннях, що дозволяє точно поєднати їх у загальну панораму. Крім того, бібліотека підтримує роботу з різними форматами зображень, що робить її зручною для використання в різних проектах.

Py360Convert: Py360Convert – це ще одна корисна бібліотека для роботи з панорамними зображеннями. Вона спеціалізується на конвертації панорамних зображень між різними проекціями. Py360Convert може працювати з різними типами зображень, наприклад, сферичними або циліндричними, що дозволяє створювати панорами для різних форм віртуальних турів. За допомогою Py360Convert можна ефективно обробляти зображення, здійснювати корекцію перспективи, а також конвертувати зображення в потрібний формат для подальшого використання.

Обробка зображень на етапі зшивання є критично важливою для створення високоякісних панорам, які мають вигляд неперервного, цілісного зображення. З використанням таких інструментів, як OpenCV і Py360Convert, можна досягти високої точності зшивання, корекції кольору і деталі, що дозволяє створювати реалістичні та інтерактивні віртуальні тури.

Додавання сферичних проєкцій є важливим етапом у створенні віртуальних турів, оскільки вона дозволяє відображати панорамні зображення в тривимірному просторі та забезпечує їх правильне відображення на екрані. Сферична проєкція відома також як екваторіальна проєкція (Equirectangular), і це один з найпоширеніших способів відображення 360-градусних зображень, де широта та довгота карти безпосередньо відображаються на площині.

Процес додавання сферичних проєкцій зазвичай включає кілька кроків:

1. Конвертація зображень до сферичної проєкції. Якщо зображення були зняті за допомогою камери або програмного забезпечення, що використовує іншу проєкцію (наприклад, кубічну або риб'яче око), вони можуть потребувати перетворення в екваторіальну проєкцію для коректного відображення. Для цього використовуються спеціальні алгоритми та бібліотеки, які змінюють перспективу, щоб зберегти геометричну точність і вигляд зображення.

2. Визначення поля зору. Важливо коректно налаштувати поле зору (Field of View, FOV) для сферичної проєкції. Це дозволяє створити ідеальний вигляд для панорами, забезпечуючи, щоб зображення охоплювало всі 360 градусів навколо користувача. Сферичні зображення повинні бути представлені в такому вигляді, щоб спостерігач мав відчуття перебування в центрі цієї сцени.

3. Рендеринг і перегляд. Після того, як зображення були перетворені в сферичну проєкцію, вони можуть бути використані в інтерактивних віртуальних турах. Спеціальне програмне забезпечення або бібліотеки, наприклад, Py360Convert або OpenCV, дозволяють інтегрувати такі зображення в проєкти для перегляду через веб-браузери або VR-платформи.

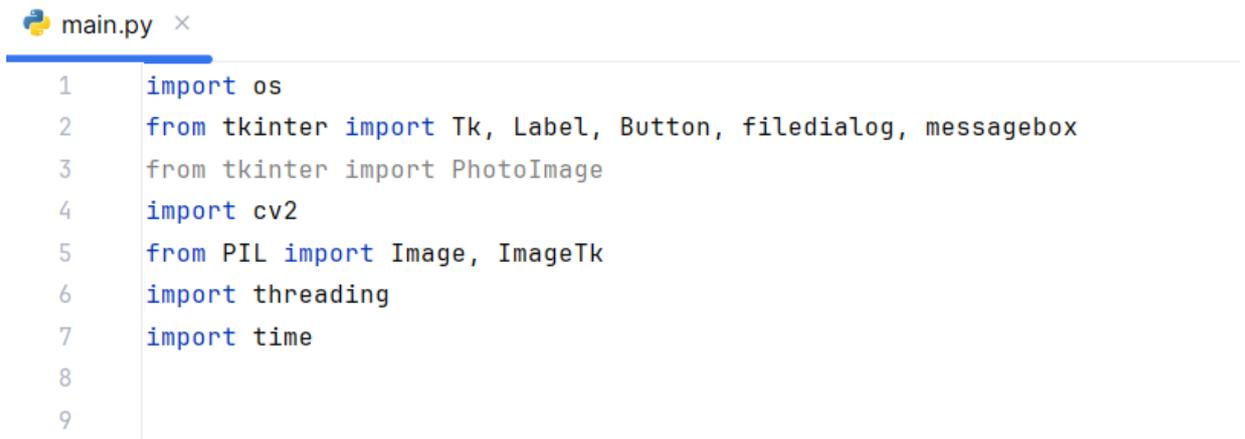
Додавання сферичних проєкцій також є важливим для створення контенту, що підтримує технології віртуальної реальності. Це дозволяє користувачам отримати повне занурення в сцену, оскільки 360-градусні зображення можуть відображатися так, що вони охоплюють увесь простір навколо спостерігача.

Реалізуємо проєкт “Panorama Stitcher Application”. Опишемо процес створення панорамних зображень. У проєкті "Panorama Stitcher Application" використовуються кілька бібліотек Python, кожна з яких виконує важливу роль у реалізації функціональності програми (рис. 3.1).

os забезпечує взаємодію з операційною системою, дозволяючи програмі працювати з файловою системою: зчитувати імена файлів у папці, створювати шляхи до зображень, перевіряти існування файлів, наприклад, логотипу.

tkinter відповідає за створення графічного інтерфейсу користувача (GUI). Tkinter забезпечує компоненти, такі як кнопки, етикетки, діалогові вікна вибору папок та повідомлення, що робить програму зручною для взаємодії з користувачем.

cv2 (OpenCV) є основним інструментом для обробки зображень у цьому проєкті. OpenCV використовується для зчитування та масштабування зображень, а також для їхнього зшивання у панораму за допомогою модуля cv2.Stitcher.



```
main.py ×  
1 import os  
2 from tkinter import Tk, Label, Button, filedialog, messagebox  
3 from tkinter import PhotoImage  
4 import cv2  
5 from PIL import Image, ImageTk  
6 import threading  
7 import time  
8  
9
```

Рисунок 3.1 – Створення моделей для реалізації бази даних

pillow (PIL) забезпечує роботу із зображеннями у різних форматах. У програмі Pillow використовується для завантаження, масштабування і відображення логотипу програми у графічному інтерфейсі.

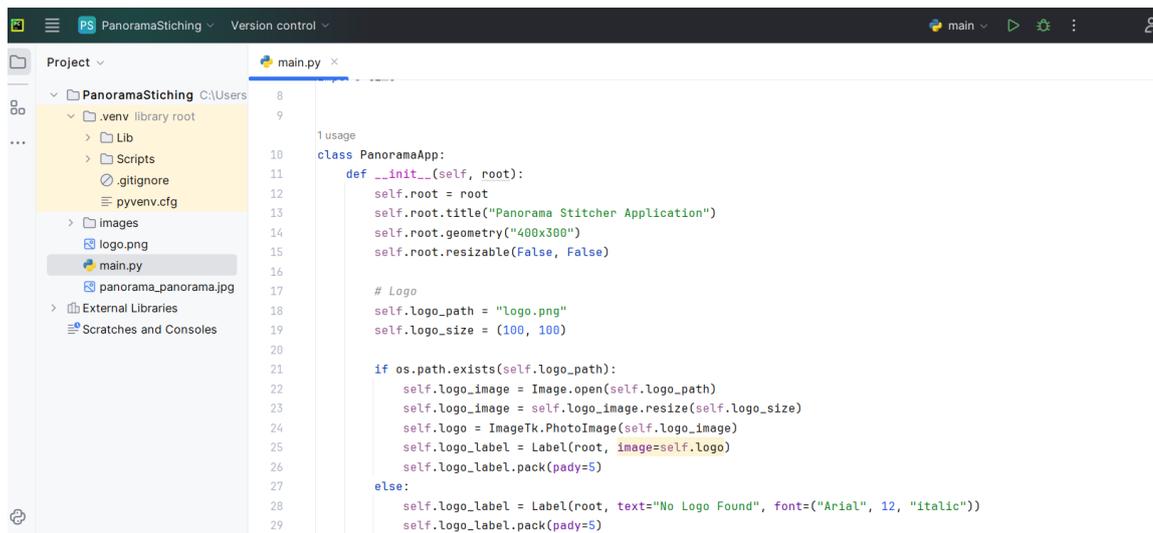
threading дозволяє запускати процеси у фоновому режимі, наприклад, зшивання панорам або анімацію тексту. Це забезпечує безперервну роботу інтерфейсу без зависань під час виконання ресурсоємних завдань.

time Використовується для реалізації анімації в інтерфейсі шляхом затримки між оновленнями тексту, що інформує користувача про поточний стан обробки.

filedialog та messagebox (tkinter) модулі забезпечують виведення системних діалогових вікон для вибору папки із зображеннями і відображення повідомлень про успіх або помилки під час виконання завдань.

Кожна з цих бібліотек відіграє ключову роль у реалізації окремих компонентів програми, що дозволяє створити функціональний, зручний та візуально привабливий інструмент для генерації панорам.

Клас PanoramaApp – це основа програми для створення панорамних зображень із графічним інтерфейсом, розробленим за допомогою бібліотеки tkinter. Він об'єднує функціональність роботи з користувачем, обробки зображень і керування фоновими процесами, забезпечуючи зручний інструмент для зшивання панорам (рис. 3.2).



```

8
9
10 usage
11 class PanoramaApp:
12     def __init__(self, root):
13         self.root = root
14         self.root.title("Panorama Stitcher Application")
15         self.root.geometry("400x300")
16         self.root.resizable(False, False)
17
18         # Logo
19         self.logo_path = "logo.png"
20         self.logo_size = (100, 100)
21
22         if os.path.exists(self.logo_path):
23             self.logo_image = Image.open(self.logo_path)
24             self.logo_image = self.logo_image.resize(self.logo_size)
25             self.logo = ImageTk.PhotoImage(self.logo_image)
26             self.logo_label = Label(root, image=self.logo)
27             self.logo_label.pack(pady=5)
28         else:
29             self.logo_label = Label(root, text="No Logo Found", font=("Arial", 12, "italic"))
30             self.logo_label.pack(pady=5)

```

Рисунок 3.2 – Фрагмент коду програми

Ключовими можливостями класу є інтерфейс користувача, реалізація головного вікна програми з кнопками для вибору папки, запуску процесу зшивання панорам і завершення роботи програми.

Взаємодія із файлами забезпечує вибір директорії з вихідними зображеннями та збереження готового панорамного зображення. Зшивання зображень за рахунок використання бібліотеки OpenCV для об'єднання зображень у панораму з автоматичною перевіркою якості виконання. Фонові процеси застосування потоків для запуску ресурсоємних завдань, що забезпечує безперебійну роботу графічного інтерфейсу. Відображення статусу передбачає оновлення повідомлень для користувача під час виконання завдань, наприклад, анімація статусу та повідомлення про успіх або помилки.

Завдяки простому і зрозумілому дизайну, клас PanoramaApp дозволяє користувачам легко створювати панорами без спеціальних знань у програмуванні чи обробці зображень. Його архітектура забезпечує інтеграцію сучасних алгоритмів зручним для користувача способом.

Інтерфейс програми “Panorama Stitcher Application” подано на рисунку 3.3.

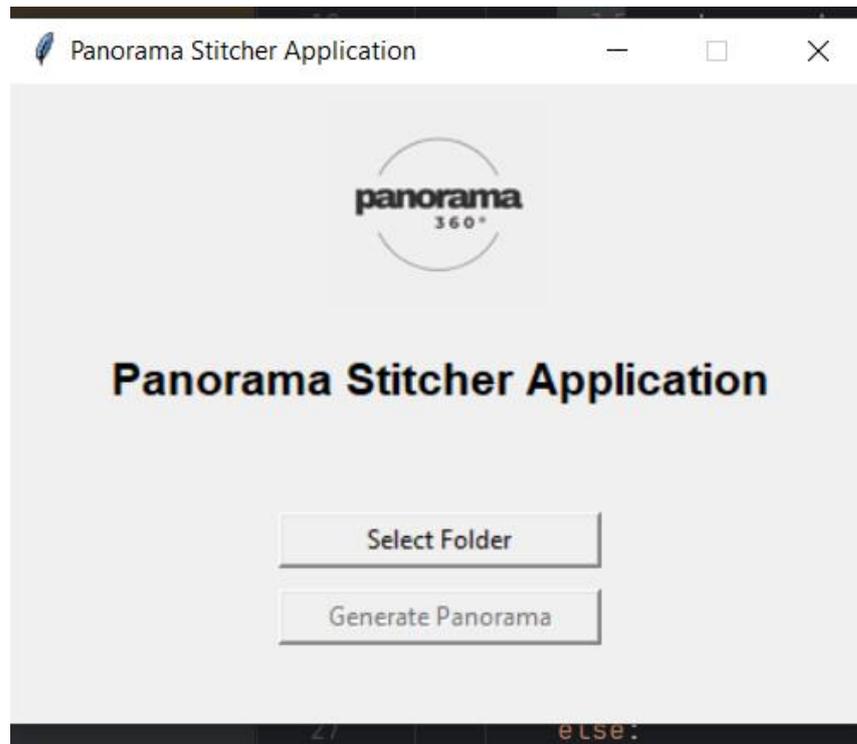


Рисунок 3.3 – Інтерфейс програми

Для створення панорами потрібно обрати папку, що містить зображення для “зшивання” (рис. 3.4).

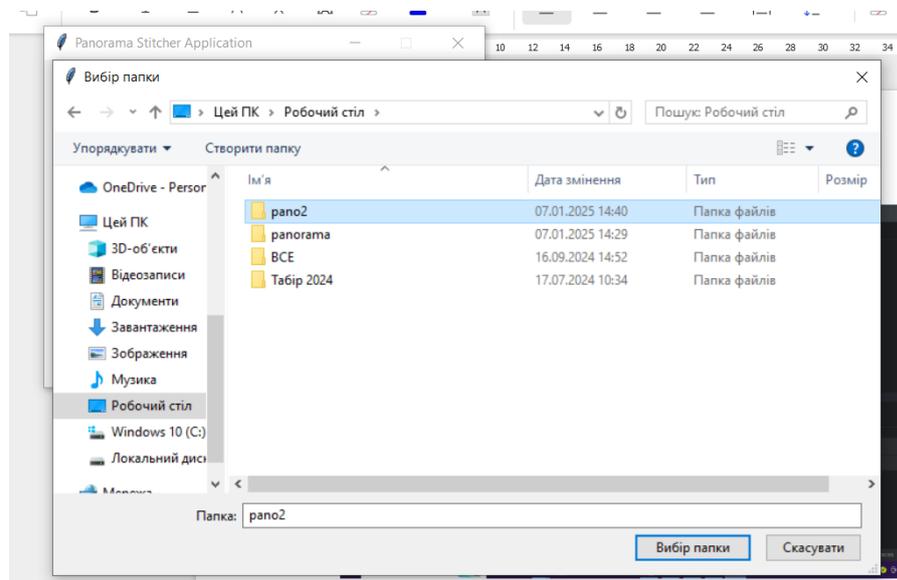


Рисунок 3.4 – Вибір папки з вхідними даними

Після виконання злиття зображень, з'являється повідомлення про місце збереження результатів роботи (рис. 3.5).

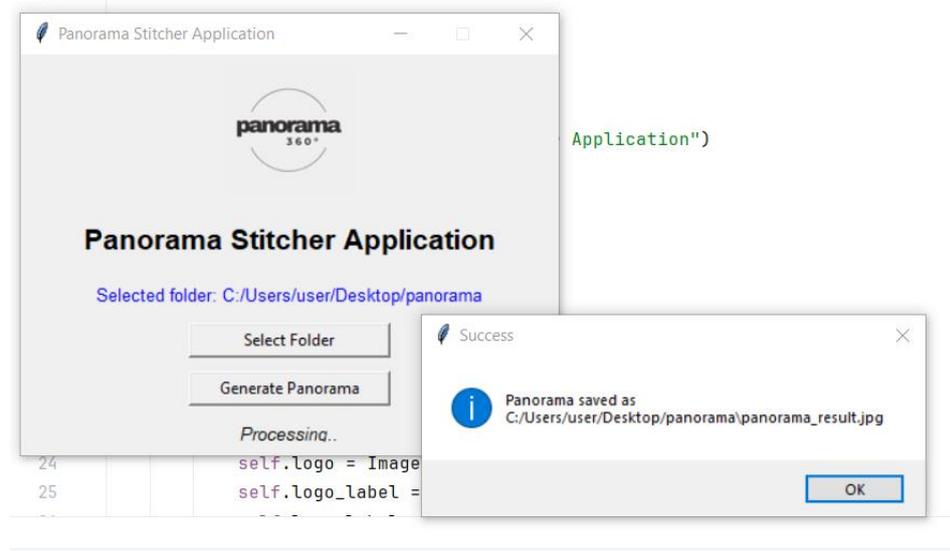


Рисунок 3.5 – Повідомлення про розташування результату роботи

В окремому вікні з'являється створене панорамне зображення (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Панорама як результат роботи програми

Також реалізовано модуль “360 Photo Viewer” для перегляду панорамних зображень, код якого подано у Додатку Б. Він відкриває задане зображення та дозволяє його переглядати з різних ракурсів (рис. 3.10).

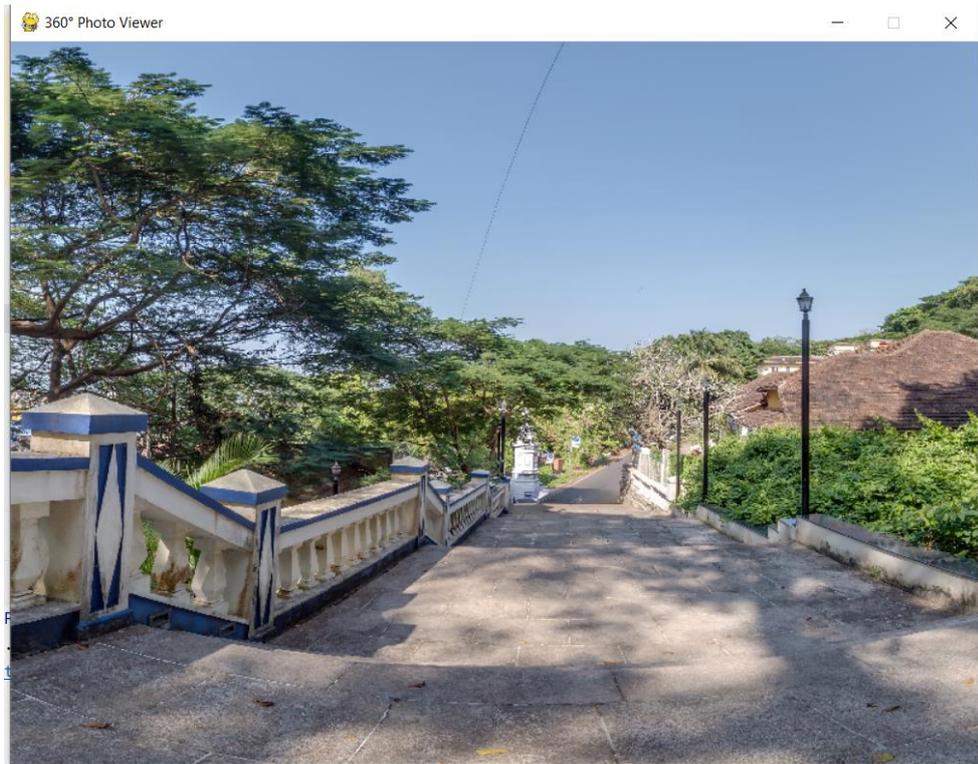


Рисунок 3.7 – Модуль для перегляду панорамних зображень

3.3 Реалізація інтерактивності

Інтерактивність є важливим аспектом створення віртуальних турів, оскільки вона дозволяє залучити користувача до активної взаємодії з контентом, забезпечуючи більш глибокий і персоналізований досвід. Додавання точок взаємодії у вигляді графічних елементів і гіперпосилань, а також інтеграція навчального контенту, таких як відео та тести, створюють умови для динамічної та ефективної роботи користувача з віртуальним середовищем.

Першим етапом інтерактивності є визначення точок взаємодії, які будуть доступні користувачеві під час перегляду панорам. Це можуть бути різні графічні елементи, такі як кнопки, іконки, позначки або зображення, які розміщуються на панорамі та дозволяють користувачеві взаємодіяти з контентом. Наприклад, точка на карті може бути позначена як інтерактивний об'єкт, на який можна натискати, щоб отримати додаткову інформацію, подивитись зображення або перейти на іншу частину віртуального туру. Такі

елементи можуть бути статичними чи анімованими для привертання уваги користувача.

Інтерактивні елементи можуть також включати гіперпосилання, які використовуються для навігації між різними частинами віртуального туру або до зовнішніх ресурсів. Наприклад, гіперпосилання можуть вести на інші панорами, що дозволяє користувачеві переміщатися між різними локаціями або об'єктами. Для цього використовуються техніки як зображення-зв'язки або прості текстові посилання, які можуть бути інтегровані в саму панораму або через інтерактивні кнопки в інтерфейсі.

Віртуальні тури можуть бути використані не лише для огляду різних локацій, а й як платформи для навчання. Інтеграція навчального контенту, такого як відео, є одним з ефективних способів підвищити залучення користувачів та покращити сприйняття інформації. Відео можуть бути прив'язані до конкретних точок на панорамі або додаватися як окремі елементи, що пояснюють або демонструють деталі об'єкта чи локації. Так, наприклад, під час віртуальної екскурсії користувач може переглядати інструктивні відео, що пояснюють функціонування певних механізмів або історію певних місць.

Крім відео, тести можуть бути інтегровані в віртуальний тур для оцінки засвоєння інформації. Тести дозволяють проводити перевірку знань користувачів безпосередньо під час взаємодії з контентом. Після перегляду певної частини віртуального туру, користувач може бути запропоновано пройти тест або завдання для перевірки його розуміння матеріалу. Тести можуть бути різними за форматом: багатоваріантні питання, завдання на відповідність, відкриті питання або навіть інтерактивні завдання, які вимагають від користувача активних дій.

Одним з ефективних способів інтеграції навчального контенту є використання інтерактивних карт, де користувач може не тільки переглядати інформацію, але й взаємодіяти з різними частинами панорами, натискаючи на інтерактивні об'єкти або пункти інтересу. Наприклад, віртуальний музей може містити інтерактивні експонати, кожен з яких відкриває додаткову інформацію

при натисканні. Це дозволяє здійснювати навчання в контексті реальних об'єктів, що значно покращує сприйняття та розуміння матеріалу.

Точки взаємодії можуть також включати віртуальні асистенти, які надають користувачу поради або відповідають на питання, що виникають під час перегляду контенту. Це можуть бути чат-боти, які інтегруються в платформу і допомагають користувачу в реальному часі, надаючи інформацію або пояснення з теми, що розглядається.

Ще однією важливою складовою інтерактивності є візуалізація результатів навчання, яку можна реалізувати через відображення результатів тестів або інтерактивних завдань. Наприклад, після завершення тесту користувач може побачити відсоток правильних відповідей, а також доступ до додаткової інформації, яка допоможе йому зрозуміти помилки. Це не лише мотивує до вдосконалення знань, але й дає можливість персоналізувати навчальний досвід.

Інтерактивні елементи в віртуальних турах можна налаштовувати та масштабувати відповідно до конкретних вимог проекту. Завдяки використанню бібліотек та фреймворків, таких як Plotly Dash або Py360Convert, додавання нових точок взаємодії або інтеграція нового навчального контенту стає простішим і швидким. Це дозволяє створювати як невеликі навчальні модулі, так і великі інтерактивні платформи з багатою функціональністю.

Для додавання інтерактивних елементів була використана програма Larmentor, інструмент для створення віртуальних турів, який дозволяє додавати інтерактивні елементи для покращення користувацького досвіду. Завдяки інтерактивності, віртуальний тур стає не лише способом перегляду, а й платформою для залучення користувачів. Головне вікно програми подано на рисунку 3.8. Програма дозволяє завантажувати зображення 360°, переглядати їх, додавати інтерактивні елементи, створювати різні сцени і переходи між ними, що буде продемонстровано далі.

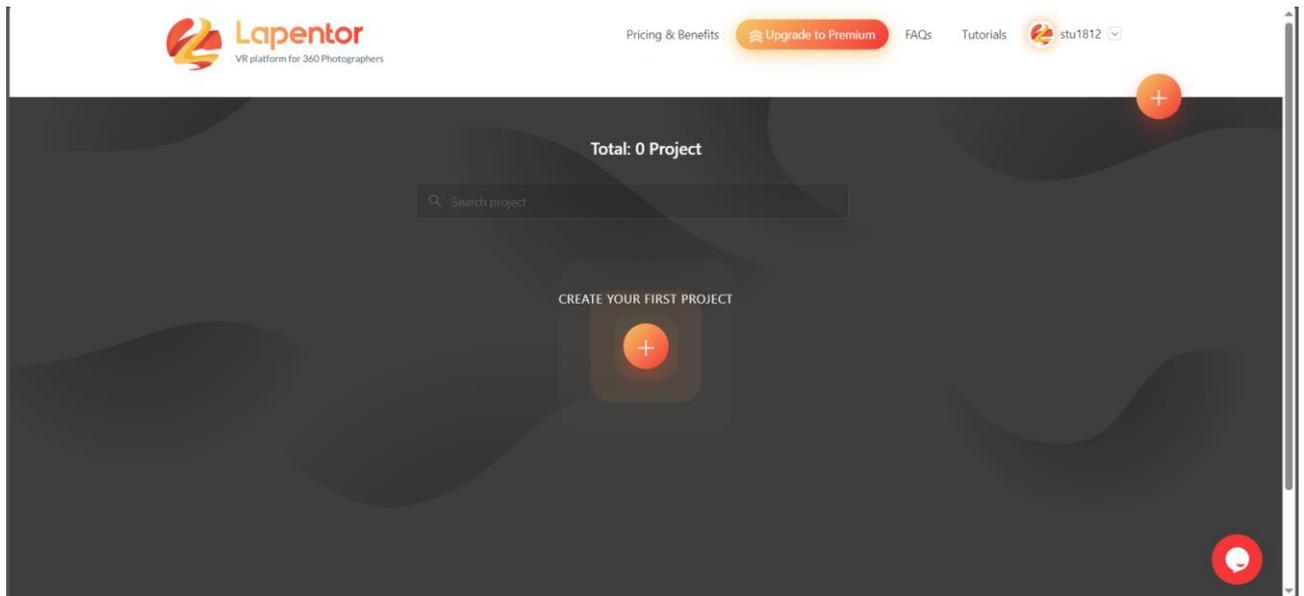


Рисунок 3.8 – Головна сторінка програми зі створеними турами

Для завантаження нового зображення використовується кнопка “+” (рис. 3.9).

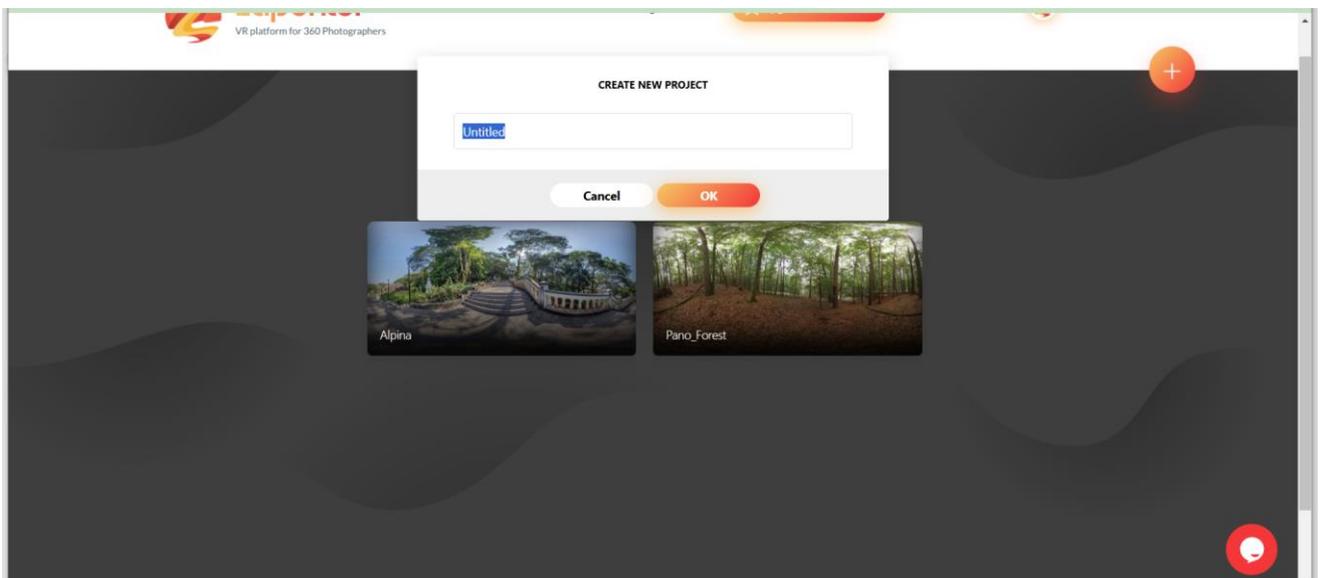


Рисунок 3.9 – Додавання нового віртуального туру

При додаванні звуку до проекту використовується відповідна кнопка, відкривається панель редагування, яка дозволяє обрати мелодію, гучність, параметри відтворення, пікторгаму, яка буде відображатися у проєкті (рис. 3.10).

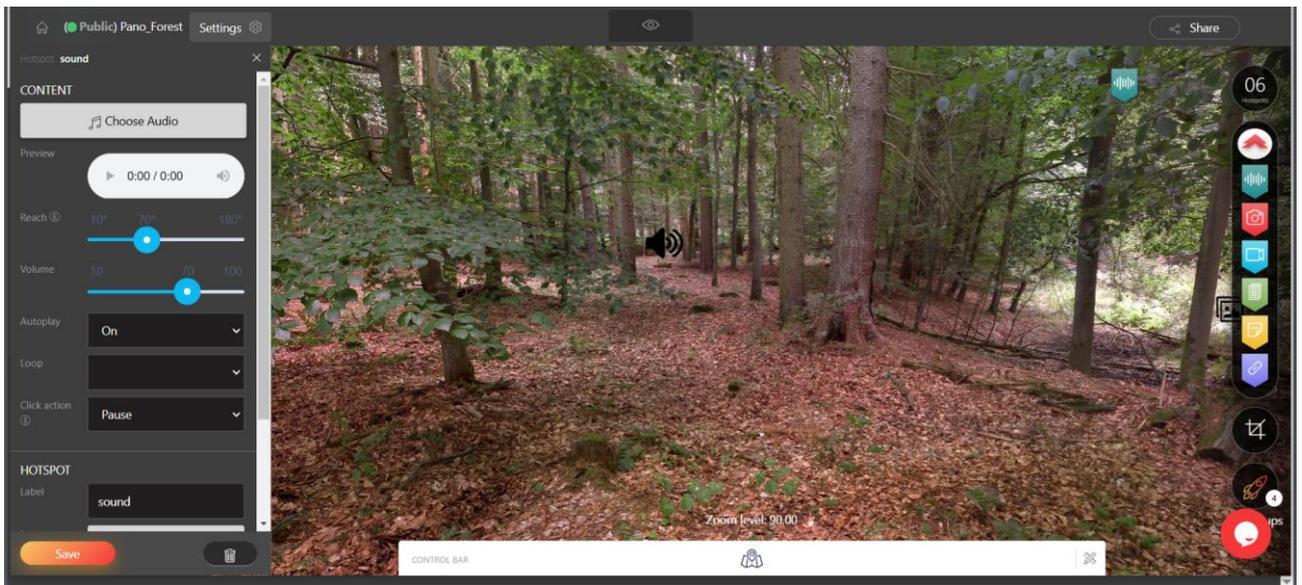


Рисунок 3.10 – Додавання звукового супроводу до туру

При додаванні зображень, відкривається меню для його вибору/завантаження, параметрів відтворення, вибору піктограми (рис.3.11).

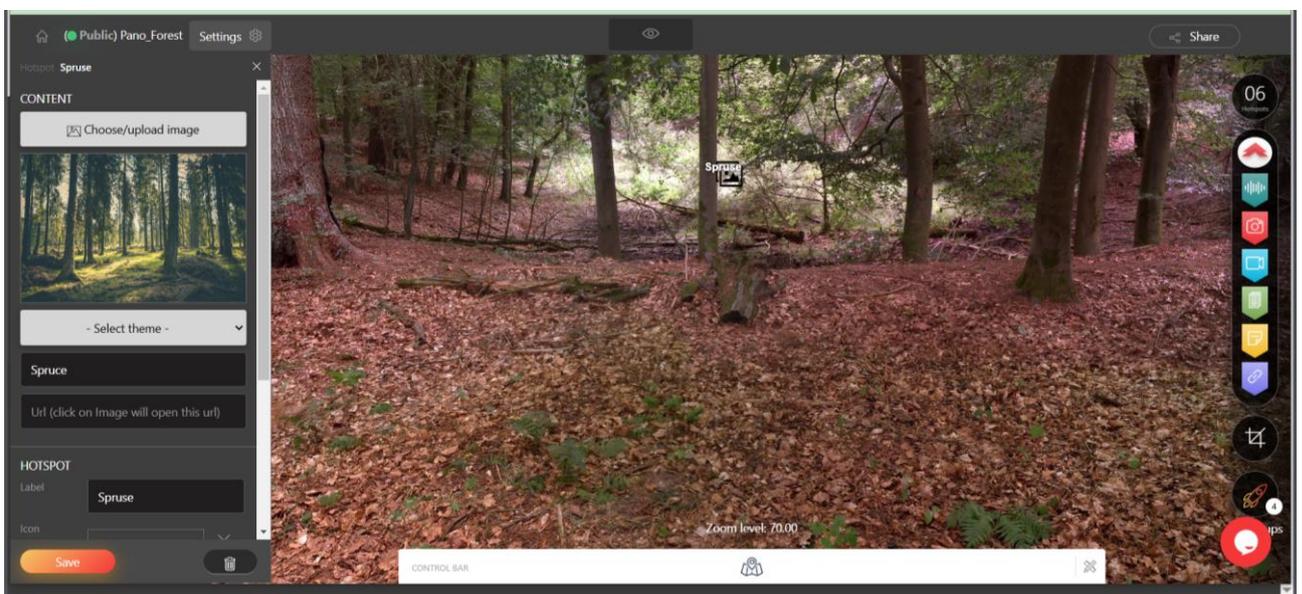


Рисунок 3.11– Додавання зображень до віртуального туру

Також програма дає можливість додати текстовий опис елементів віртуального туру, та редагувати його подання при перегляді проєкту (рис. 3.12).

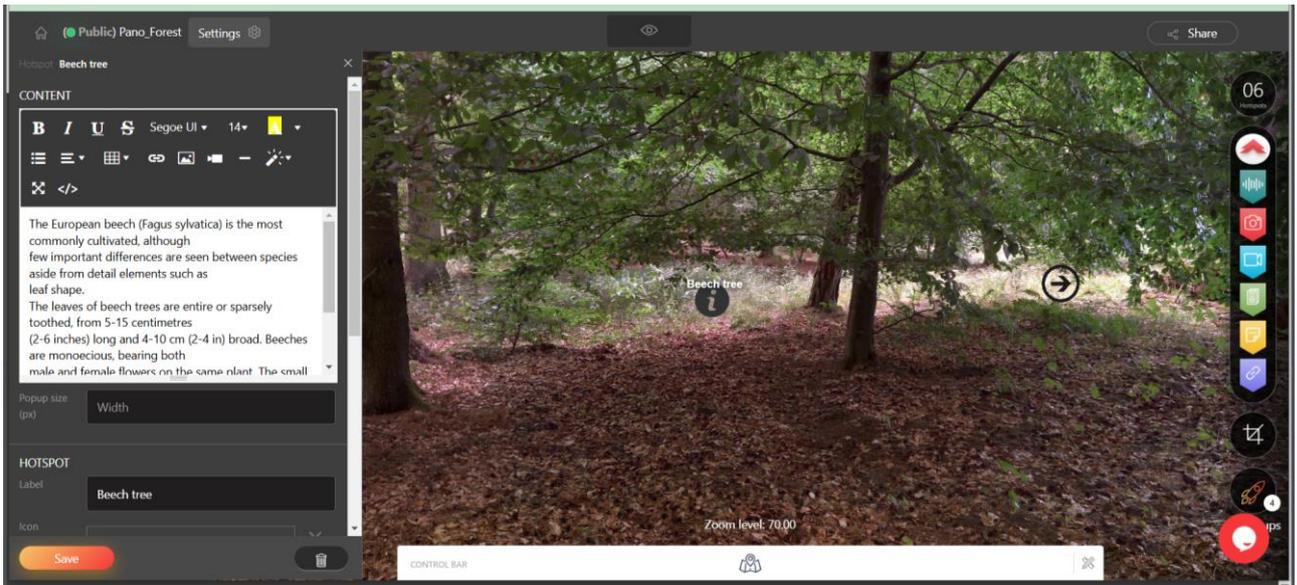


Рисунок 3.12 – Додавання текстового опису до віртуального туру

Щоб зробити тур більш цікавим, до нього додають кілька сцен і переходи між ними. Приклад додавання переходу подано на рисунку 3.13.

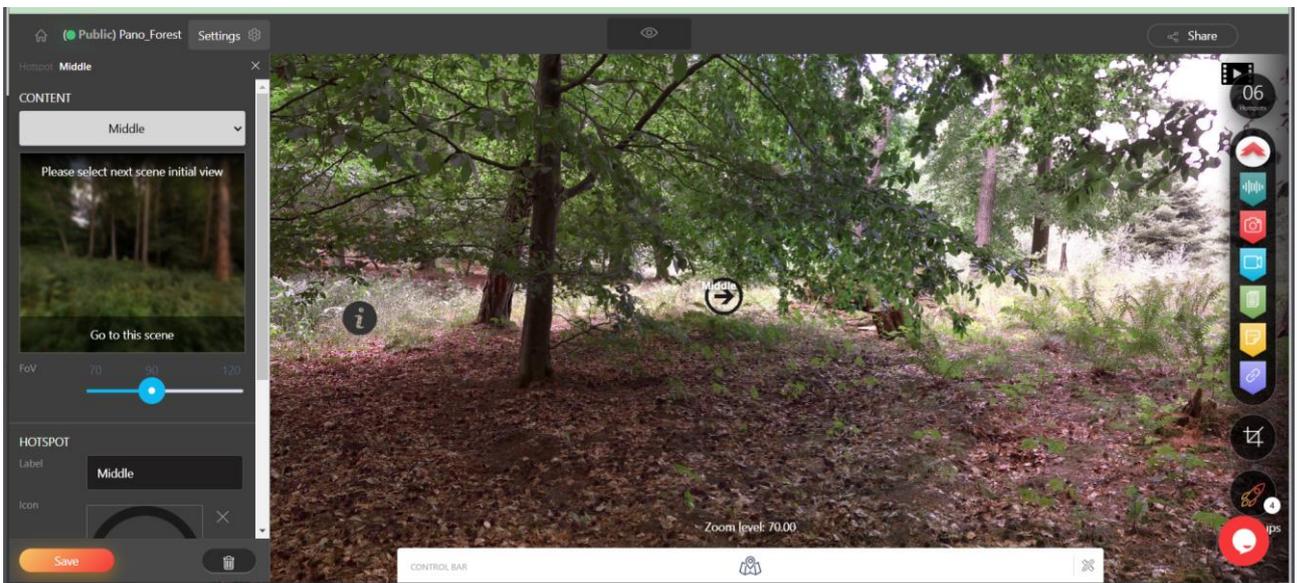


Рисунок 3.13 – Додавання переходів між сценами

Отже, за допомогою написаних програм “Panorama Stitcher Application” та “360 Photo Viewer” створено панорамні зображення, а за допомогою онлайн-програми Larentor додано інтерактивні елементи та створено навчальний тур.

3.4 Тестування

Тестування прототипу є важливим етапом у процесі розробки віртуальних турів та інтерактивних систем, оскільки воно дозволяє оцінити, наскільки добре працюють основні функції та як користувачі взаємодіють із продуктом. Це допомагає виявити потенційні проблеми на ранніх етапах, що дозволяє удосконалити продукт перед його фінальним випуском. Протестувати прототип можна за кількома основними напрямками: функціональність, сумісність з VR-пристроями та оцінка користувацького досвіду.

Першим і найважливішим аспектом тестування є функціональність. Під час тестування функціональності перевіряються всі основні функції прототипу: навігація, взаємодія з точками інтересу, інтерактивні елементи, коректність відображення зображень і відео, а також правильність роботи тестів і завдань. Це включає в себе перевірку якості відображення панорам та їхню здатність адаптуватися до різних розмірів екранів і пристроїв. Також тестується інтеграція навчальних елементів, таких як відео або тести, щоб забезпечити їх правильне відображення та функціональність.

Перевірка функціональності також включає тестування механізмів переходу між різними точками віртуального туру, забезпечуючи безперервність і логіку навігації. Прототип повинен мати зрозумілий інтерфейс для користувача, щоб забезпечити безперешкодний доступ до всіх необхідних функцій. Важливо також перевірити правильність роботи інтерактивних елементів, таких як гіперпосилання та кнопки, і переконатися, що вони функціонують відповідно до задуму.

Протестуємо віртуальний тур, перевіривши функціонування усіх додвних інтерактивних елементів до нього. На рисунку 3.14 зображено віртуальний тур у режимі перегляду. Ця сцена супроводжується співом пташок, оскільки було додано відповідний інтерактивний елемент.

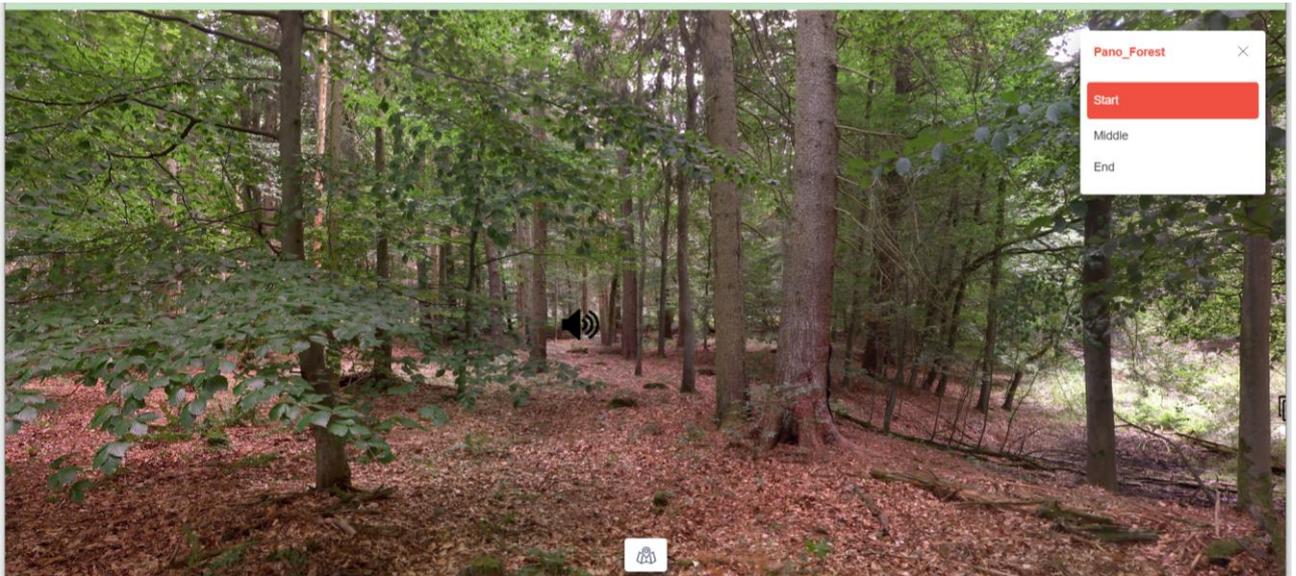


Рисунок 3.14 – Віртуальний тур у режимі перегляду

Перевірено відображення текстової додаткової інформації, що була додана до віртуального туру (рис. 3.15).

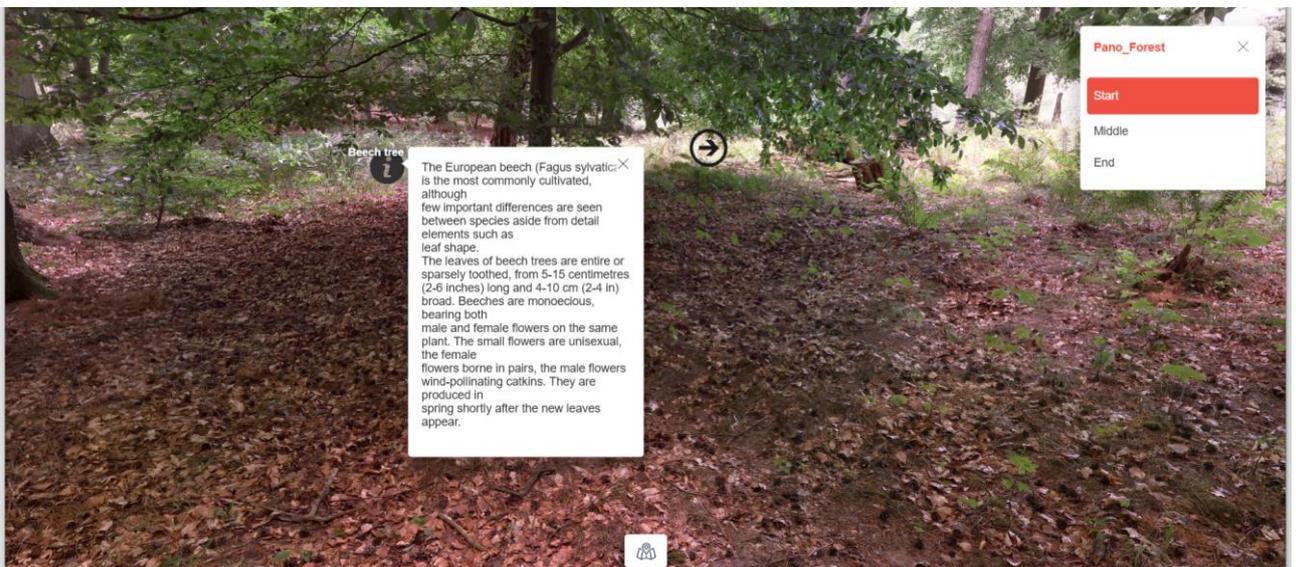


Рисунок 3.15 – Відображення текстової інформації. Віртуальний тур у режимі перегляду

Перевірено також відображення графічної інформації, яка була додана у віртуальний тур (рис. 3.16).

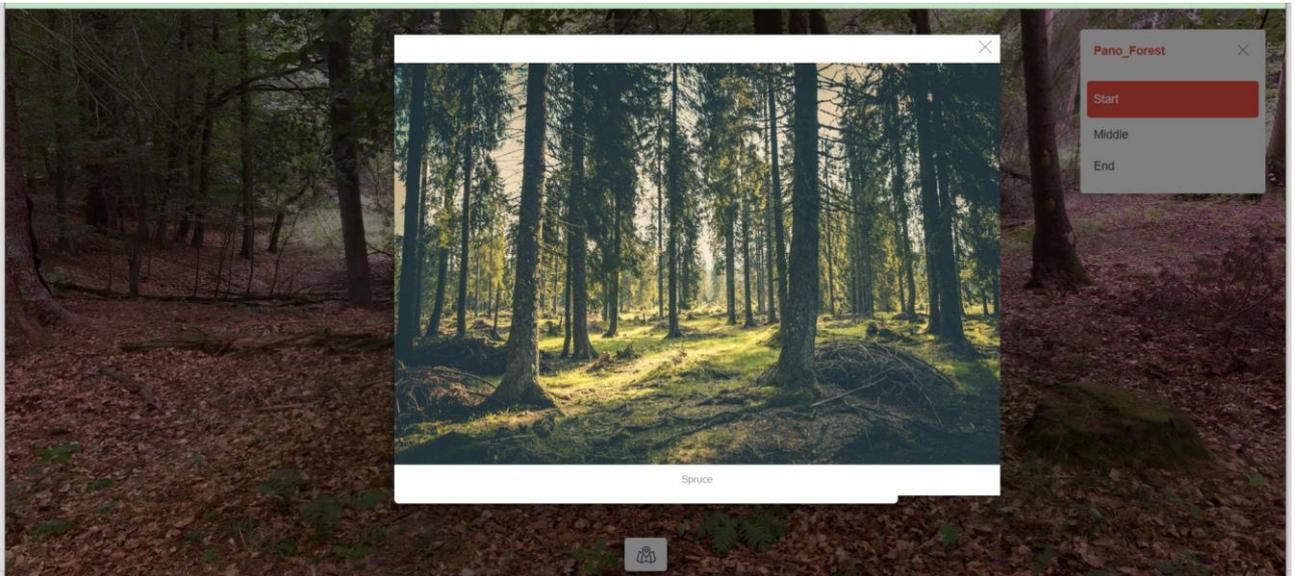


Рисунок 3.16 – Відображення доданих зображень. Віртуальний тур у режимі перегляду

Перевірено створені між сценами переходи (рис. 3.17)

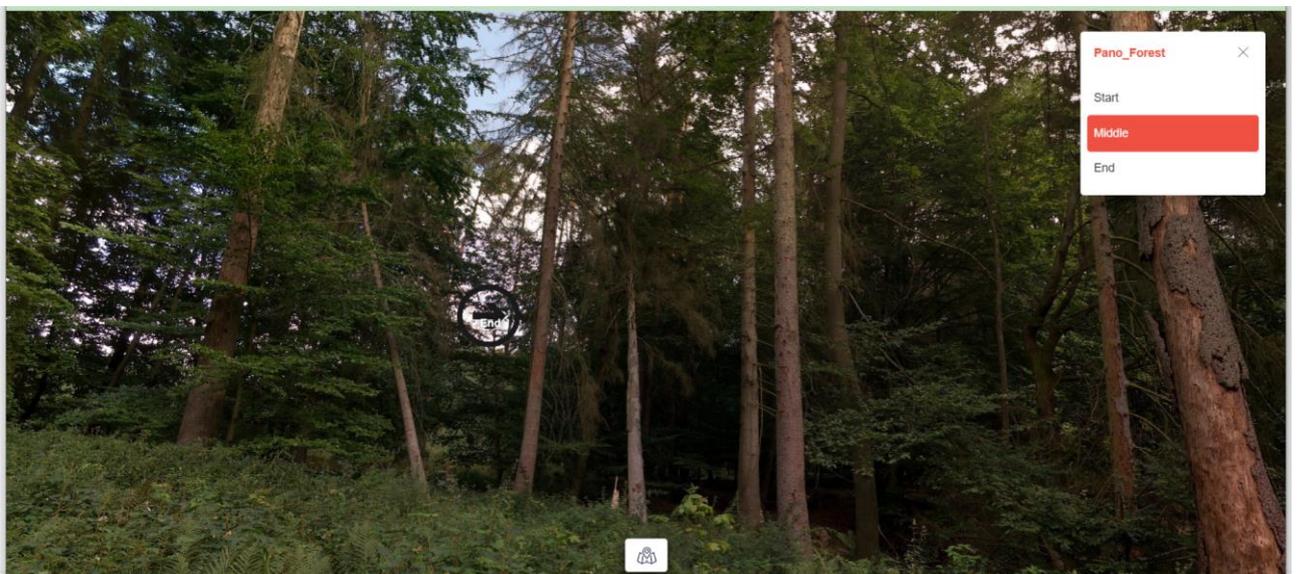


Рисунок 3.16 – Реалізація переходів між сценами. Віртуальний тур у режимі перегляду

Створений віртуальний тур було протестовано для перевірки роботи всіх інтерактивних елементів. Гарячі точки коректно відображаються у заданих позиціях, забезпечуючи плавний перехід між сценами. Текстові підказки

з'являються при наведенні, а мультимедійний контент (відео, аудіо та зображення) програвється без затримок і помилок.

Додатково протестовано респонсивність туру на різних пристроях, зокрема мобільних телефонах, планшетах та ПК. Інтерактивні елементи адаптуються до розмірів екранів, забезпечуючи стабільну роботу на всіх платформах. Анімації працюють плавно, а логотип і текстові блоки відображаються відповідно до дизайну. Форми зворотного зв'язку функціонують належним чином, успішно обробляючи введені дані.

Усі інтерактивні елементи працюють стабільно, що підтверджує готовність віртуального туру до використання. Тур забезпечує високий рівень залучення користувачів і відповідає сучасним вимогам інтерактивності. Для підтримки якості рекомендується періодично перевіряти його сумісність із новими пристроями та оновленнями браузерів.

ВИСНОВКИ

Магістерська робота на тему «Проектування та створення освітніх віртуальних турів» продемонструвала значний потенціал віртуальних турів як інноваційного інструменту в освітньому процесі. Віртуальні тури дозволяють забезпечити ефективну інтерактивну взаємодію між користувачем і навчальним контентом, сприяючи залученню та кращому засвоєнню матеріалу. Використання 360-градусних зображень та інтерактивних елементів дозволяє створювати гнучкі та динамічні навчальні середовища, які можуть бути адаптовані під різні навчальні цілі та специфічні вимоги користувачів.

Процес проектування освітніх віртуальних турів був охоплений кількома важливими етапами, починаючи від планування концепції та структури туру і до інтеграції навчального контенту. Створення сфери взаємодії, наповненої навчальними матеріалами, такими як відео, тести та гіперпосилання, дозволило значно підвищити інтерактивність та інформативність турів. Таким чином, віртуальний тур не лише забезпечує огляд об'єктів або локацій, але й дає можливість глибше ознайомитися з навчальним контекстом через інтерактивні елементи.

У роботі також розглянуто важливі аспекти інтеграції різних технологій, зокрема бібліотек для обробки зображень та відео, що дозволяють створювати високу якість панорамних зображень.

Магістерська робота підтвердила, що віртуальні тури можуть бути ефективним інструментом у різних галузях освіти, дозволяючи створювати високоякісні навчальні ресурси для вивчення складних тем або віддалених локацій. Інтерактивність та можливість взаємодії з навчальними матеріалами роблять цей підхід набагато ефективнішим, ніж традиційні методи навчання.

У майбутньому планується розширити можливості віртуальних турів за рахунок додавання нових інтерактивних елементів, які забезпечать ще більшу залученість користувачів. Також важливим напрямом є вдосконалення дизайну

та користувацького інтерфейсу, що дозволить зробити віртуальні тури ще зручнішими і доступнішими для широкої аудиторії.

Загалом, результати роботи показали, що освітні віртуальні тури мають великий потенціал для покращення навчальних процесів та створення нових можливостей для освітнього контенту, що зробить навчання більш інтерактивним, доступним та цікавим для студентів і учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 5 AR-додатків: цікаве навчання з новими технологіями. Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/post/5-ar-dodatktiv-cikave-navchannya-z-novimi-tehnologiyami> (дата звернення – 19.09.2024 р.).
2. Бондар Я. Доповнена реальність як спосіб урізноманітнення освітнього процесу. Національна освітня платформа. URL: <https://vseosvita.ua/news/dopovnena-realnist-iaak-sposib-uriznomanitne-nnia-osvitnoho-protsesu-29405.html> (дата звернення – 19.09.2024 р.).
3. Гнедко Н.М. Технології віртуальної та доповненої реальності в освітньому середовищі ВНЗ. Оновлення змісту, форм та методів навчання і виховання в закладах освіти. 2017. № 17. С. 44–48.
4. Слободяник О. Імерсивні технології як інструмент сучасного вчителя. Імерсивні технології в освіті : Зб. матеріалів І науково-практ. конф. з міжнар. участю, м. Київ, 27 верес. 2021 р. Київ, 2021. С. 140–143.
5. Паршукова Л.М., Паршуков С.В. Використання технологій віртуальної та доповненої реальності в професійній діяльності вчителя інформатики. *Інформаційно-комунікаційні технології в освіті*. Випуск 55. Том 2. 2023. С. 183–186.
6. Мельник А.П. Використання віртуальної та доповненої реальності на уроках інформатики: можливості, переваги та практичні підходи. URL: <https://vseosvita.ua/library/ctattia-vykorystannia-virtualnoi-ta-dopovненоi-realnosti-na-urokakh-informatyky-mozhlyvosti-perevahy-ta-praktychni-pidkhody-877702.html> (дата звернення – 29.09.2024 р.).
7. Віртуальна реальність в освіті: як технології VR змінюють процес навчання. URL: <https://bizmag.com.ua/virtualna-realnist-v-osviti/> (дата звернення – 29.09.2024 р.).
8. Чотири безкоштовні інструменти для створення віртуальних екскурсій. URL: <https://vseosvita.ua/news/4-bezkoshtovni-instrumenty-dlia-stvorennia-virtualnykh-ekskursii-6356.html> (дата звернення – 29.09.2024 р.).

9. Education Technology Market Size, Share & Trends Analysis Report By Sector (Preschool, K-12, Higher Education), By End-user (Business, Consumer), By Type, By Deployment, By Region, And Segment Forecasts, 2023 – 2030, Available at: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/education-technology-market>

(дата звернення – 29.09.2024 р.).

10. Yuen S., Yaoyuneyong G., Johnson E. Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education / S. Yuen, G. Yaoyuneyong, E. Johnson // Educational Technology Development and Exchange. – 2011. – Vol.4. – P. 119–140.

11. ARKit – Apple Developer. URL: <https://developer.apple.com/arkit> (дата звернення – 29.09.2024 р.).

12. ARCore – Google Developer | ARCore | Google Developers URL: <https://developers.google.com/ar> (дата звернення – 29.09.2024 р.).

13. Wikitude Augmented Reality: the World's Leading Cross-Platform AR SDK URL: <https://www.wikitude.com> (дата звернення – 30.09.2024 р.).

14. Мельник І. Ю. Augmented Reality and Virtual Reality as the Resources of Students' Educational Activity / І. Ю. Мельник, Г. Д. Нефьодова, Н. М. Задирей // Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, Івано-Франківськ, 2018. – С. 61-64.

15. Литвинова С. Г. Концептуальні підходи до використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі / С. Г. Литвинова, О. Ю. Буров, С. О. Семеріков // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. – 2021. – вип. 55. – С. 46–62.

16. Fernandez M. Augmented Virtual Reality: How to Improve Education Systems / M. Fernandez. // Higher Learning Research Communications. – 2017. – Vol. 7, Num. 1. – P.1-15.

17. Огірко О. І Використання віртуальних технології та технології доповненої реальності в освітньому процесі / О. І. Огірко // Інформаційні технології в освіті та практиці: матеріали Всеукраїнської науковопрактичної конференції, Львів, 2020. – С. 36-38.

18. Слупська Я. Застосування віртуальної реальності (VR) у освіті / Я. Слупська, О. Шкуренко // Молодий вчений. – 2022. – No 9 (109). – С.82-88.
19. Labster: 100+ virtual labs for universities and high schools URL: <https://www.labster.com/the-complete-guide-to-virtual-labs/> (дата звернення – 29.09.2024 р.).
20. Unimersiv: VR Training // Virtual Reality Education URL: <https://unimersiv.com/> (дата звернення – 29.09.2024 р.).
21. Immersive VR Education. Learn through Experience URL: <https://immersivevreducation.com/> (дата звернення – 29.09.2024 р.).
22. Pioneer Expeditions URL: <https://www.pioneerexpeditions.com/> (дата звернення – 29.09.2024 р.).
23. zSpace: AR/VR Learning Experiences URL: <https://zspace.com/> (дата звернення – 29.09.2024 р.).
24. Використання засобів доповненої та віртуальної реальностей в навчальному середовищі закладів загальної середньої освіти : методичні рекомендації / С. Г. Литвинова, Н. В. Сороко, Ю. М. Богачков, О. О. Гриб'юк, Н. П. Дементієвська, О. М. Соколюк, О. В. Слободяник, П. С. Ухань / за наук. ред. С. Г. Литвинової – К. : ІЦО НАПН України, 2023. 74 с. (дата звернення – 29.09.2024 р.).
25. Python 3.13.1 documentation. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення – 24.11.2024 р.).

ДОДАТОК А

```

main.py ×
1  import os
2  from tkinter import Tk, Label, Button, filedialog, messagebox
3  from tkinter import PhotoImage
4  import cv2
5  from PIL import Image, ImageTk
6  import threading
7  import time
8
9
10 usage
11 class PanoramaApp:
12     def __init__(self, root):
13         self.root = root
14         self.root.title("Panorama Stitcher Application")
15         self.root.geometry("400x300")
16         self.root.resizable(False, False)
17
18         # Logo
19         self.logo_path = "logo.png"
20         self.logo_size = (100, 100)
21
22         if os.path.exists(self.logo_path):
23             self.logo_image = Image.open(self.logo_path)
24             self.logo_image = self.logo_image.resize(self.logo_size)
25             self.logo = ImageTk.PhotoImage(self.logo_image)
26             self.logo_label = Label(root, image=self.logo)
27             self.logo_label.pack(pady=5)
28         else:
29             self.logo_label = Label(root, text="No Logo Found", font=("Arial", 12, "italic"))
30             self.logo_label.pack(pady=5)

```

```

main.py ×
30
31     # Title
32     self.title_label = Label(
33         root, text="Panorama Stitcher Application", font=("Arial", 16, "bold")
34     )
35     self.title_label.pack(pady=10)
36
37     # GUI Elements
38     self.status_label = Label(root, text="", fg="blue", font=("Arial", 10))
39     self.status_label.pack(pady=5)
40
41     self.select_folder_button = Button(
42         root, text="Select Folder", command=self.select_folder, width=20
43     )
44     self.select_folder_button.pack(pady=5)
45

```

main.py ×

```

45
46     self.generate_button = Button(
47         root,
48         text="Generate Panorama",
49         command=self.generate_panorama,
50         state="disabled",
51         width=20,
52     )
53     self.generate_button.pack(pady=5)
54
55     self.execution_label = Label(root, text="", font=("Arial", 10, "italic"))
56     self.execution_label.pack(pady=10)
57
58     self.image_folder = None
59     self.is_running = False
60
61     1 usage
62     def select_folder(self):
63         self.image_folder = filedialog.askdirectory()
64         if self.image_folder:
65             self.status_label.config(text=f"Selected folder: {self.image_folder}")
66             self.generate_button.config(state="normal")
67         else:
68             self.status_label.config(text="No folder selected.")
69
70     1 usage
71     def generate_panorama(self):
72         if not self.image_folder:
73             messagebox.showerror(title="Error", message="Please select a folder first!")
74             return
75
76         # Indicate execution
77         self.is_running = True
78         threading.Thread(target=self.animate_execution_label, daemon=True).start()
79
80         # Run panorama generation in a separate thread
81         threading.Thread(target=self.stitch_panorama, daemon=True).start()
82
83     1 usage
84     def stitch_panorama(self):
85         try:
86             # Load images
87             images = []
88             for img_name in os.listdir(self.image_folder):
89                 img_path = os.path.join(self.image_folder, img_name)
90                 img = cv2.imread(img_path)
91                 if img is not None:
92                     img = cv2.resize(img, dsize=(0, 0), dst=None, fx=0.2, fy=0.2)
93                     images.append(img)
94
95             if not images:
96                 raise ValueError("No valid images found in the folder!")
97
98

```

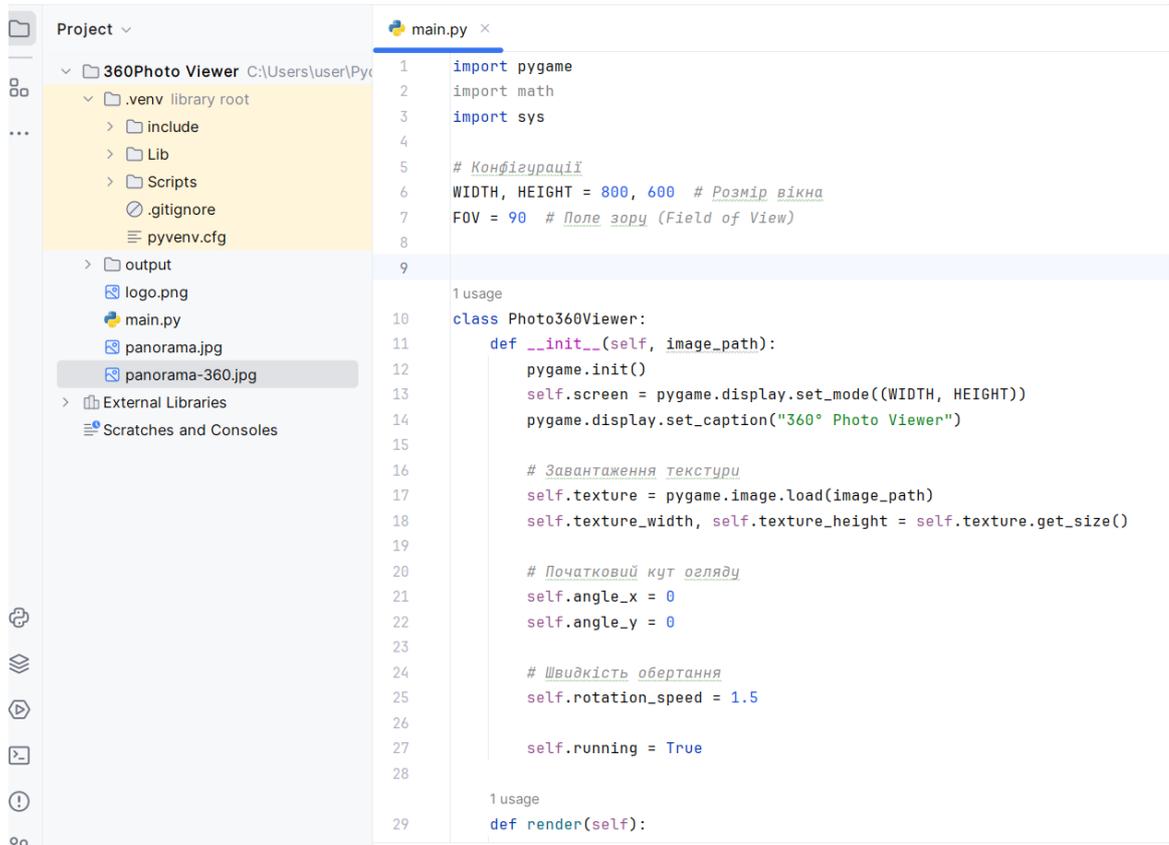
main.py ×

```

95     # Stitch images
96     stitcher = cv2.Stitcher.create()
97     (status, result) = stitcher.stitch(images)
98
99     if status == cv2.STITCHER_OK:
100         # Save the panorama
101         output_file = os.path.join(self.image_folder, "panorama_result.jpg")
102         cv2.imwrite(output_file, result)
103         messagebox.showinfo(
104             title="Success", message=f"Panorama saved as {output_file}"
105         )
106         self.status_label.config(text="Panorama generation successful!")
107         cv2.imshow(winname="Panorama", result)
108         cv2.waitKey(0)
109         cv2.destroyAllWindows()
110     else:
111         raise ValueError("Panorama generation unsuccessful!")
112
113     except Exception as e:
114         messagebox.showerror(title="Error", str(e))
115         self.status_label.config(text="Error during panorama generation.")
116     finally:
117         self.is_running = False
118         self.execution_label.config(text="")
119
120     @staticmethod
121     def animate_execution_label(self):
122         dots = ""
123         while self.is_running:
124             dots = "." if dots == "..." else dots + "."
125             self.execution_label.config(text=f"Processing{dots}")
126             time.sleep(0.5)
127
128     # Main application loop
129     if __name__ == "__main__":
130         root = Tk()
131         app = PanoramaApp(root)
132         root.mainloop()
133

```

ДОДАТОК Б



```

Project
├── 360Photo Viewer C:\Users\user\Py
│   ├── .venv library root
│   │   ├── include
│   │   ├── Lib
│   │   ├── Scripts
│   │   ├── .gitignore
│   │   └── pyvenv.cfg
│   ├── output
│   │   ├── logo.png
│   │   ├── main.py
│   │   ├── panorama.jpg
│   │   └── panorama-360.jpg
│   ├── External Libraries
│   └── Scratches and Consoles
└── main.py x
    1 import pygame
    2 import math
    3 import sys
    4
    5 # Конфігурації
    6 WIDTH, HEIGHT = 800, 600 # Розмір вікна
    7 FOV = 90 # Поле зору (Field of View)
    8
    9
    10 1 usage
    11 class Photo360Viewer:
    12     def __init__(self, image_path):
    13         pygame.init()
    14         self.screen = pygame.display.set_mode((WIDTH, HEIGHT))
    15         pygame.display.set_caption("360° Photo Viewer")
    16
    17         # Завантаження текстури
    18         self.texture = pygame.image.load(image_path)
    19         self.texture_width, self.texture_height = self.texture.get_size()
    20
    21         # Початковий кут огляду
    22         self.angle_x = 0
    23         self.angle_y = 0
    24
    25         # Швидкість обертання
    26         self.rotation_speed = 1.5
    27
    28         self.running = True
    29
    30 1 usage
    31 def render(self):

```

```

32
33     for x in range(WIDTH):
34         theta = (self.angle_x + (x - WIDTH // 2) * FOV / WIDTH) % 360
35         u = theta / 360 * self.texture_width # Відображення по ширині текстури
36
37         for y in range(HEIGHT):
38             phi = (self.angle_y + (y - HEIGHT // 2) * FOV / HEIGHT)
39             if phi > 90 or phi < -90:
40                 color = (0, 0, 0) # Чорний, якщо виходимо за межі текстури
41             else:
42                 v = (90 + phi) / 180 * self.texture_height # Зміна обчислення v
43                 color = self.texture.get_at((int(u) % self.texture_width, int(v) % self.texture_height))
44
45             self.screen.set_at((x, y), color)
46
47         pygame.display.flip()
48
49 1 usage
50 def run(self):
51     clock = pygame.time.Clock()
52
53     while self.running:
54         for event in pygame.event.get():
55             if event.type == pygame.QUIT:
56                 self.running = False
57
58         keys = pygame.key.get_pressed()
59         if keys[pygame.K_LEFT]:
60             self.angle_x -= self.rotation_speed
61         if keys[pygame.K_RIGHT]:
62             self.angle_x += self.rotation_speed

```

```
57     keys = pygame.key.get_pressed()
58     if keys[pygame.K_LEFT]:
59         self.angle_x -= self.rotation_speed
60     if keys[pygame.K_RIGHT]:
61         self.angle_x += self.rotation_speed
62     if keys[pygame.K_UP]:
63         self.angle_y += self.rotation_speed
64         self.angle_y = min(self.angle_y, 90) # Обмеження по вертикалі
65     if keys[pygame.K_DOWN]:
66         self.angle_y -= self.rotation_speed
67         self.angle_y = max(self.angle_y, -90)
68
69     self.render()
70     clock.tick(60)
71
72     pygame.quit()
73     sys.exit()
74
75
76     # Шлях до зображення 360°
77     image_path = "панорама-360.jpg" # Замініть на ваш файл
78
79     if __name__ == "__main__":
80         viewer = Photo360Viewer(image_path)
81         viewer.run()
82
```