

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

ПІСНИЙ Олег Володимирович

**Інтелектуальний метод розпізнавання культурної
спадщини для AR / Intelligent Method for Cultural Heritage
Recognition in AR**

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

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи КНм-21
О. В. Пісний

Науковий керівник:
к.т.н., доцент, Ліп'яніна-
Гончаренко Х.В.

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:
«___» _____ 20___ р.
Завідувач кафедри
_____ М.П. Комар

ТЕРНОПІЛЬ - 2023

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ М.П. Комар
« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Пісному Олегу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR / Intelligent Method for Cultural Heritage Recognition in AR

керівник роботи к.т.н., доцент, Ліп'яніна-Гончаренко Х.В.

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

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи 1 грудня 2023 р.

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

4. Основні питання, які потрібно розробити

1. Визначення ключових термінів у сфері інтелектуального розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності.
2. Огляд попередніх наукових досліджень у цій області.
3. Аналіз існуючих технологічних рішень для розпізнавання культурної спадщини в AR-системах.
4. Розробка архітектури інтелектуальної системи для розпізнавання об'єктів культурної спадщини в AR.
5. Використання згорткових нейронних мереж для точного розпізнавання об'єктів на зображеннях.
6. Розробка інтелектуального методу для розпізнавання та інтеракції з культурною спадщиною в AR-системах.
7. Підготовка до реалізації проекту, включаючи вибір технологічних ресурсів та налаштування сервісів.
8. Реалізація запропонованого методу та розробка функціональності системи.
9. Проведення тестування інтелектуальної системи для перевірки її працездатності та ефективності.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

Структура архітектури інтелектуальної системи

Відображення методу

Результат розпізнавання

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання 8 грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області та постановка завдань дослідження	12.2022 р. – 03.2023 р.	
2	Проектування системи розпізнавання культурної спадщини для AR	03.2023 р. – 05.2023 р.	
3	Реалізація інтелектуального методу	05.2023 р. – 11.2023 р.	
4	Повне завершення та представлення кваліфікаційної роботи на кафедрі	01.12.2023 р.	

Студент _____ О. В. Пісний
підпис

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент, Ліп'яніна-Гончаренко Х.В.
підпис

РЕЗЮМЕ

Дипломна робота на тему "Інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR" у напрямку отримання ступеня вищої освіти "Магістр" за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки" включає 84 сторінки тексту, 30 рисунків, 1 таблиця та список з 19 джерел.

Мета дослідження полягала у розробці та впровадженні інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності (AR). Дослідження спрямоване на створення системи, яка здатна ідентифікувати історичні об'єкти на фотографіях з використанням технологій обробки зображень та машинного навчання.

У роботі були використані методи обробки зображень, згорткових нейронних мереж, а також інтеграція зі сторонніми сервісами, такими як Google Cloud Vision та Telegram Bot. Ці методи дозволили створити інтелектуальну систему, яка здатна розпізнавати об'єкти культурної спадщини на фотографіях та надавати користувачам інформацію про них.

Отримані результати свідчать про ефективність запропонованого методу у реалізації системи розпізнавання культурної спадщини для AR. Система успішно розпізнає історичні об'єкти та надає користувачам зрозумілу інформацію про них. Висока точність розпізнавання та прийнятний час реакції бота роблять цю систему корисною для вивчення та популяризації культурної спадщини.

Розроблені методи та техніки можуть мати практичне значення для подальшого розвитку AR-додатків у сфері туризму, освіти та культури. Вони відкривають нові можливості для збереження, вивчення та популяризації культурних цінностей.

Ключові слова: КУЛЬТУРНА СПАДЩИНА, ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, ТУРИЗМ, ОСВІТА, КУЛЬТУРА.

RESUME

Master's thesis on the topic "Intelligent Method for Cultural Heritage Recognition in AR" in the field of obtaining a Master's degree in Computer Science, includes 84 pages of text, 30 figures, 1 table, and a list of 19 sources.

The research aimed to develop and implement an intelligent method for recognizing cultural heritage in augmented reality (AR). The study focused on creating a system capable of identifying historical objects in photographs using image processing and machine learning technologies.

The work utilized image processing methods, convolutional neural networks, and integration with third-party services such as Google Cloud Vision and Telegram Bot. These methods enabled the creation of an intelligent system capable of recognizing cultural heritage objects in photos and providing users with information about them.

The obtained results demonstrate the effectiveness of the proposed method in implementing a cultural heritage recognition system for AR. The system successfully recognizes historical objects and provides users with understandable information about them. High recognition accuracy and acceptable response time make this system valuable for learning about and promoting cultural heritage.

The developed methods and techniques have practical significance for the further development of AR applications in the fields of tourism, education, and culture. They open up new opportunities for preserving, studying, and popularizing cultural treasures.

Keywords: CULTURAL HERITAGE, AUGMENTED REALITY, OBJECT RECOGNITION, MACHINE LEARNING, TOURISM, EDUCATION, CULTURE.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ	11
1.1 Визначення ключових понять інтелектуального розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності	11
1.2 Огляд існуючих наукових досліджень	16
1.3 Огляд існуючих технологічних рішень	21
1.4 Постановка задачі.....	27
Висновки до розділу 1.....	31
2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ ДЛЯ AR.....	33
2.1 Архітектура інтелектуальної системи розпізнавання культурної спадщини для AR	33
2.2 Використання згорткових нейронних мереж для розпізнавання об'єктів	35
2.3 Інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR	41
Висновки до розділу 2.....	51
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МЕТОДУ.....	53
3.1 Підготовка до реалізації проєкту	53
3.2 Реалізація запропонованого методу.....	58
3.3 Тестування інтелектуальної системи	62
Висновки до розділу 3.....	67
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	74
ДОДАТОК А Апробація отриманих результатів	77

ВСТУП

Інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності (AR) є актуальною темою, оскільки він відкриває широкі перспективи та має значущий вплив на кілька аспектів сучасного суспільства та технологій.

AR дозволяє користувачам не лише спостерігати за об'єктами минулого, але і взаємодіяти з ними в реальному часі. Це створює надзвичайно цікавий та залучаючий досвід для вивчення культурної спадщини.

Інтелектуальний розпізнавання дозволяє надавати користувачам докладну інформацію про історичні об'єкти, їх значення та контекст. Це сприяє підвищенню освітньої цінності та глибокому зануренню в історію та культуру.

AR може революціонізувати сферу туризму, надаючи туристам можливість отримати докладну інформацію про пам'ятки під час їх візиту. Це допомагає збагачувати туристичний досвід та приваблювати більше людей до культурних об'єктів.

Розробка інтелектуальних методів розпізнавання для AR вимагає співпраці між інформаційними технологіями, культурологією та історією. Ця інтеграція різних галузей сприяє виникненню нових інновацій та розвитку нових підходів до вивчення культурної спадщини.

Використання AR для розпізнавання культурної спадщини сприяє популяризації та збереженню цінних культурних об'єктів. Це сприяє культурному розвитку та підвищує усвідомлення значення культурної спадщини в сучасному світі.

Отже, інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR є актуальною темою, яка сприяє покращенню освітнього досвіду, розвитку туризму та збереженню культурної спадщини, а також сприяє співпраці між різними галузями та культурному розвитку суспільства.

Метою цієї магістерської роботи є розробка та впровадження інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини для AR з використанням передових технологій розпізнавання об'єктів та інтеграції з AR-платформами. Цей підхід спрямований на створення інноваційного інструменту, який дозволить користувачам отримувати інформацію про культурні пам'ятки в режимі реального часу під час їх візиту, підвищуючи освітню цінність та інтерактивність вивчення культурної спадщини.

Досягнення цієї мети зумовило потребу теоретичних розробок, визначення та послідовного вирішення таких завдань:

1. Визначення ключових термінів у сфері інтелектуального розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності.
2. Огляд попередніх наукових досліджень у цій області.
3. Аналіз існуючих технологічних рішень для розпізнавання культурної спадщини в AR-системах.
4. Розробка архітектури інтелектуальної системи для розпізнавання об'єктів культурної спадщини в AR.
5. Використання згорткових нейронних мереж для точного розпізнавання об'єктів на зображеннях.
6. Розробка інтелектуального методу для розпізнавання та інтеракції з культурною спадщиною в AR-системах.
7. Підготовка до реалізації проєкту, включаючи вибір технологічних ресурсів та налаштування сервісів.
8. Реалізація запропонованого методу та розробка функціональності системи.
9. Проведення тестування інтелектуальної системи для перевірки її працездатності та ефективності.

Об'єктом дослідження є процес розпізнавання та інтеракції з культурною спадщиною в доповненій реальності (AR), що включає в себе взаємодію користувачів з історичними та культурними об'єктами за

допомогою розробленого інтелектуального методу. Дослідження спрямоване на вивчення та вдосконалення цього процесу з використанням передових технологій та аналізу впливу такого інтерактивного підходу на сприйняття та освоєння культурної спадщини.

Предметом дослідження є розроблена інтелектуальна архітектура системи розпізнавання культурної спадщини для AR, включаючи компоненти, такі як Telegram-Bot, Cloud Vision API, сервер, нейронна мережа, база даних і алгоритми. Робота спрямована на аналіз та оптимізацію цієї архітектури для забезпечення найвищої ефективності та якості взаємодії з користувачами в контексті доповненої реальності.

Методи дослідження: аналіз наукової літератури для вивчення сучасних підходів та технологій у сфері інтелектуального розпізнавання культурної спадщини для AR; проектування та розробка інтелектуальної системи з використанням програмного забезпечення Visual Studio Code та інтеграцією з ключовими сервісами, такими як Google Cloud Vision та Telegram Bot; тестування та експерименти для оцінки функціональності та ефективності системи; збір та аналіз даних про взаємодію користувачів з системою; впровадження покращень та оптимізація архітектури системи на основі результатів аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці та впровадженні інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини для AR, який поєднує в собі передові технології у сфері комп'ютерного зору, хмарних обчислень та інтерактивного спілкування з користувачем. Цей метод дозволяє користувачам взаємодіяти з історичними та культурними об'єктами у доповненій реальності, отримуючи доступ до інформації та маршрутів з використанням єдиного інтегрованого інтерфейсу. Впровадження гумористичних елементів у випадку невдалого розпізнавання об'єктів також робить цей метод привабливим та зацікавлюючим для користувачів, роблячи взаємодію з

культурною спадщиною більш приємною та залучальною. Такий інтегрований підхід відкриває нові можливості для покращення освіти, туризму та вивчення культурної спадщини, роблячи її більш доступною та захоплюючою для широкої аудиторії.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості впровадження інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності у різних сферах, таких як туризм, освіта, культурний обмін та дослідження. Цей метод надає користувачам зручний та інтерактивний інструмент для вивчення та взаємодії з історичними та культурними об'єктами, забезпечуючи доступ до інформації, маршрутів та цікавих фактів через AR-інтерфейс. Впровадження гумористичних елементів підвищує привабливість користування методом, а гнучка архітектура системи дозволяє легко адаптувати його до різних культурних контекстів та потреб користувачів. Це може сприяти популяризації культурної спадщини, підвищенню інтересу до історії та культури, а також залученню більшої кількості людей до вивчення та збереження цінних об'єктів минулого.

Структура та обсяг роботи. Дипломна робота включає вступ, три головні розділи, висновки, список літератури та додатки. Загалом, текст роботи нараховує 84 сторінки, в якому представлено 30 рисунків та 1 таблиця. У списку літератури міститься 19 джерел.

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні положення роботи й практичні результати дослідження доповідалися й обговорювалися: 5th IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) - 2023, яка відбулася 21-29 листопада 2023 року у місті Львів, Україна, що буде проіндексована у базі Scopus; IV Всеукраїнської мультидисциплінарної студентської наукової конференції «Формування сучасної науки: методика та практика», яка відбулася 20 жовтня 2023 року у місті Київ, Україна.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Визначення ключових понять інтелектуального розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності

Інтелектуальне розпізнавання — це процес використання комп'ютерних алгоритмів для ідентифікації об'єктів, образів, тексту, мови або патернів з метою інтерпретації та взаємодії з ними в автоматизований спосіб. Включає розпізнавання шаблонів, обробку мови, аналіз зображень та відео, а також інші форми обробки даних, які імітують сприйняття та розуміння людським мозком.

Інтелектуальне розпізнавання (рис.1.1), що включає широкий спектр технологій, є ключовим елементом в сучасних інноваційних рішеннях. Ці технології роблять можливими проривні зміни в багатьох галузях, від автоматизації бізнес-процесів до розвитку інтерактивних музейних додатків. Основними складовими цієї сфери є штучний інтелект (AI), машинне навчання (ML), комп'ютерний зір та обробка природної мови (NLP), кожна з яких має своє унікальне призначення та способи впровадження.

Штучний інтелект (AI) становить основу для більшості сучасних інтелектуальних систем. AI використовує комплексні алгоритми для імітації людської здатності до навчання, розуміння та вирішення завдань. Від ігор та персональних асистентів до складних аналітичних систем, AI знаходить застосування у широкому спектрі областей, демонструючи свою гнучкість та потужність.

Машинне навчання (ML), що є підгалуззю AI, зосереджується на розробці та вдосконаленні алгоритмів, здатних аналізувати великі обсяги даних, вчитися на прикладах та робити прогнози або приймати рішення на

основі отриманої інформації. ML стає в нагоді у різних сферах, починаючи від рекомендаційних систем у електронній комерції до розробки складних систем раннього діагностування захворювань.

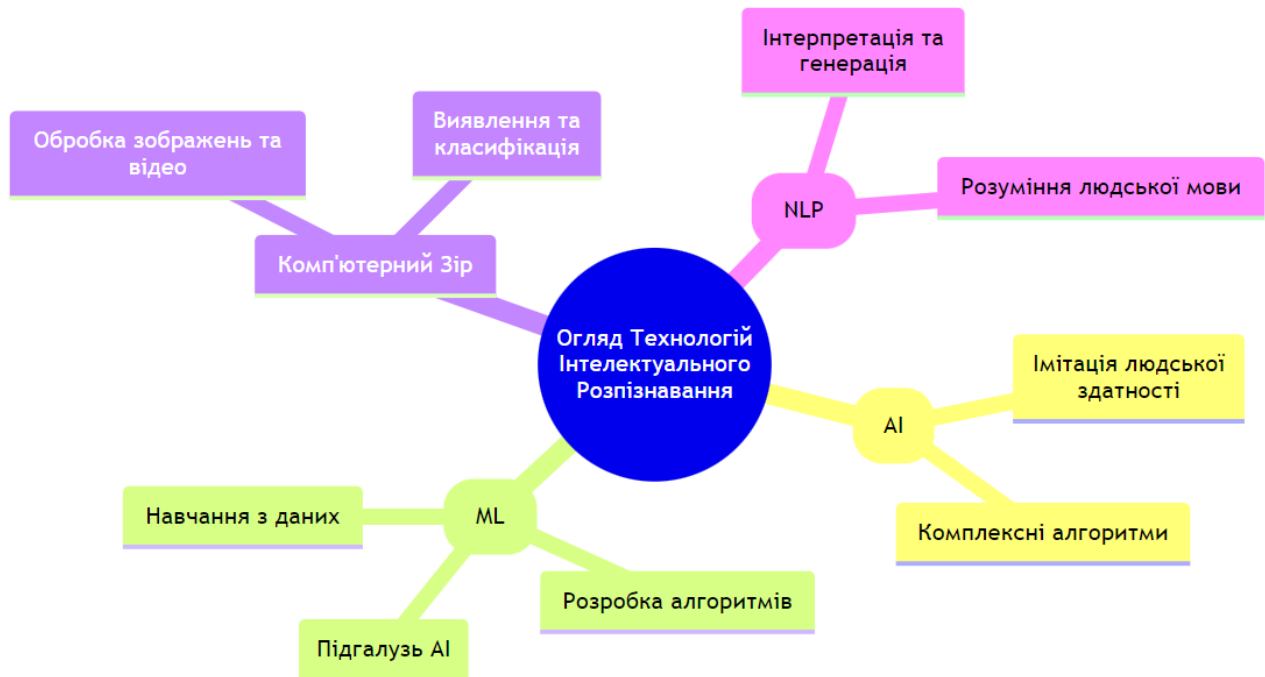


Рисунок 1.1. - Основні технології, що лежать в основі інтелектуального розпізнавання

Комп'ютерний зір, інша важлива область інтелектуального розпізнавання, включає обробку та аналіз зображень та відео для виявлення, класифікації та інтерпретації візуальної інформації. Від систем безпеки, що використовують розпізнавання облич, до автономних транспортних засобів, які "бачать" та аналізують своє оточення, комп'ютерний зір відкриває безмежні можливості для новітніх технологій.

Обробка природної мови (NLP) стала невід'ємною частиною багатьох систем, що взаємодіють з людьми. NLP дозволяє комп'ютерам розуміти, інтерпретувати та генерувати людську мову, сприяючи створенню більш природних та інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів. Від чат-ботів до складних

систем обробки мовних запитів, NLP змінює спосіб взаємодії людей з технологіями.

У сукупності ці технології формують фундамент для інтелектуального розпізнавання, яке є краєвидом для інновацій у багатьох галузях, зокрема у сфері культурної спадщини та доповненої реальності. Їх розвиток і вдосконалення продовжуватимуть відкривати нові горизонти застосувань і можливостей, формуючи майбутнє цифрового світу.

Культурна спадщина — це сукупність матеріальних та нематеріальних цінностей, створених людством протягом історії, які мають значення для певної культури, спільноти або цивілізації. Вона включає в себе широкий спектр об'єктів, знань, вірувань і традицій, переданих з покоління в покоління. Культурна спадщина є важливим відображенням ідентичності народів, їхньої історії та спадщини, відіграючи ключову роль у розвитку та збереженні культурного різноманіття.

Класифікація культурної спадщини включає декілька основних категорій. Матеріальна культурна спадщина охоплює фізичні артефакти, такі як споруди, пам'ятники, документи, мистецькі твори, і інші предмети, що мають історичну цінність. Нематеріальна культурна спадщина включає традиції, мову, звичаї, музику, ремесла, які формують живу частину культур. Природна спадщина відноситься до природних місць, ландшафтів, флори та фауни, які мають культурну значимість. Культурний ландшафт об'єднує елементи природної та культурної спадщини, представляючи взаємодію людини з природним середовищем.

У сучасному світі культурна спадщина зіштовхується з численними викликами, що стосуються її збереження та передачі майбутнім поколінням. Ці виклики включають загрози від природних катастроф, війн, урбанізації, забруднення, а також недостатнього фінансування та управління. Крім того, глобалізація та зміни в суспільстві можуть вести до

зникнення унікальних культурних традицій і мов. Збереження культурної спадщини вимагає зусиль на різних рівнях - від місцевих громад до міжнародних організацій, а також залучення сучасних технологій і методів.

Інтелектуальне розпізнавання набуває величезного значення в сучасному світі, особливо у сфері культурної спадщини. Використання передових технологій, таких як комп'ютерний зір, штучний інтелект (AI), доповнена (AR) та віртуальна реальність (VR), революціонізує спосіб, яким ми взаємодіємо з історичними та культурними артефактами. Ці технології допомагають не лише у збереженні та реставрації культурних цінностей, але й у їхньому представленні та освіті.

Доповнена реальність (AR) - це передова технологія, яка інтегрує цифрові інформації з фізичним світом в реальному часі, тим самим розширюючи наші звичайні відчуття реальності. Ця технологія стає все більш популярною і знаходить застосування у багатьох галузях, включаючи освіту, розваги, медицину та культурну спадщину. AR пропонує унікальний спосіб взаємодії з інформацією та об'єктами, забезпечуючи більш захоплюючий та інтерактивний досвід.

Основою доповненої реальності є її здатність накладати цифрові зображення та дані на реальний світ. Це досягається за допомогою різних технологій, зокрема трекінгу руху, 3D-моделювання, та використання спеціальних дисплеїв, таких як смартфони або AR-окуляри. Трекінг дозволяє системі AR розуміти фізичне положення та орієнтацію користувача, тоді як 3D-моделювання використовується для створення реалістичних віртуальних об'єктів, які інтегруються в реальне середовище.

У контексті культурної спадщини, AR надає можливості для створення більш глибоких та освітніх досвідів. Наприклад, в музеях AR може оживити експонати, надаючи відвідувачам можливість бачити реконструкцію історичних подій або занурюватися в історичні епохи за

допомогою віртуальних сценаріїв. Такі інтерактивні елементи не тільки підвищують інтерес до вивчення історії, але й роблять освітній процес більш захоплюючим.

В сфері реставрації та збереження культурної спадщини, інтелектуальне розпізнавання відіграє ключову роль. Завдяки технології комп'ютерного зору, можна аналізувати стан артефактів, виявляючи ступінь їх зношеності чи пошкодження. Це не тільки допомагає в реставрації, але й забезпечує можливість моніторингу стану об'єктів на постійній основі, виявляючи потенційні проблеми на ранніх стадіях.

Іншим захоплюючим застосуванням є створення інтерактивних музейних експозицій за допомогою AR та VR. Ці технології дозволяють відвідувачам музеїв зануритися у віртуальне середовище, де вони можуть взаємодіяти з цифровими репліками експонатів. Такий підхід не тільки збільшує залученість та інтерес до культурної спадщини, але й відкриває нові можливості для освіти та дослідження.

Освітні програми також отримують вигоду від інтеграції інтелектуального розпізнавання. Штучний інтелект може бути використаний для розробки індивідуалізованих навчальних планів, які адаптуються до потреб і інтересів кожного учня. Використання AI в освітніх програмах, пов'язаних з культурною спадщиною, може забезпечити більш глибоке розуміння історії та культури.

Крім того, інтелектуальне розпізнавання може бути використане для створення цифрових архівів культурної спадщини, забезпечуючи доступність цих цінностей для ширшої аудиторії по всьому світу. Це не тільки допомагає у збереженні історичних даних, але й забезпечує їх доступність для майбутніх поколінь.

У сукупності, інтелектуальне розпізнавання у сфері культурної спадщини відкриває нові горизонти для збереження, дослідження та освіти. Використання цих передових технологій може повністю

перетворити спосіб, яким ми сприймаємо та взаємодіємо з нашою історією та культурою.

Отже, штучний інтелект, машинне навчання, комп'ютерний зір та обробка природної мови відіграють ключову роль у розвитку інтелектуального розпізнавання. Ці технології не лише полегшують збереження та реставрацію культурних цінностей, але й збагачують освітній процес та дослідження історії. Доповнена реальність зокрема відкриває нові можливості для інтерактивного досвіду, дозволяючи відвідувачам музеїв взаємодіяти з історичними артефактами в унікальний та залучаючий спосіб. Це розширює горизонти використання культурної спадщини, роблячи її доступною та цікавою для ширшої аудиторії. У сукупності, інтелектуальне розпізнавання відіграє вирішальну роль у збереженні та вивченні культурної спадщини, відкриваючи нові шляхи для взаємодії з історією та культурою у сучасному цифровому світі.

1.2 Огляд існуючих наукових досліджень

У сучасному світі AR та інтелектуальні підходи перетинаються, відкриваючи безмежні можливості для поліпшення досвіду користувачів та розширення сприйняття культурної спадщини. Дослідження, проведені в області AR та deep learning, не лише надають можливості для інноваційних застосувань цих технологій, але й створюють основу для розробки інтелектуальних рішень, що революціонізують наш підхід до вивчення та взаємодії з культурною спадщиною.

В роботі [1] автори досліджують можливості використання доповненої реальності (AR) з використанням глибокого навчання, семантичного Всесвіту та графів знань. Робота акцентує увагу на покращенні функцій та можливостей AR шляхом інтеграції цих технологій.

Дослідження вказує на потенціал для розробки інтелектуальних програм AR, спрямованих на полегшення життя користувачів.

У роботі [2] автори пропонують прототип системи доповненої реальності для культурних об'єктів, який спрямований на підтримку культурного туризму та поліпшення досвіду відвідувачів. Автори вказують на важливість використання сучасних технологій для збільшення привабливості та доступності культурної спадщини.

У розділі [3] досліджується, як процеси AR та досвід користувача можуть бути покращені за допомогою технік машинного навчання. Автори пропонують інтелектуальний мобільний додаток для AR, який використовує навчену модель машинного навчання для розпізнавання стилю меблів та додавання до них історичних даних. Робота спрямована на підтримку студентів та професіоналів у галузі мистецтва та дизайну.

У статті [4] представлена система для мобільної доповненої реальності, яка розділяє завдання розпізнавання об'єктів та відстеження їх на екрані користувача на серверний та клієнтський боки, відповідно. Цей гібридний підхід дозволяє розширити можливості AR на мобільних пристроях, зокрема для стаціонарних та рухомих об'єктів. Робота використовує методи глибокого навчання для швидкого розпізнавання об'єктів.

В статті [5] проводиться огляд існуючих MAR (Mobile Augmented Reality) систем та фреймворків. Автори висвітлюють різні аспекти MAR, включаючи інтерфейси користувача, техніки візуалізації, оцінку фреймворків та підтримку машинного навчання. Робота аналізує сучасний стан MAR і вказує на важливі напрямки досліджень та виклики.

В статті [6] обговорюється поєднання доповненої реальності та штучного інтелекту в промисловості. Автори наголошують на важливості використання цих технологій для підвищення продуктивності та навчання робочої сили в промисловому виробництві.

У статті [7] описується додаток для музею, який використовує доповнену реальність та глибоке навчання для розпізнавання артефактів і надання відвідувачам інформації. Автори досліджують користувацький досвід та оцінюють важливість свого додатка через опитування користувачів.

У роботі [8] автори досліджують можливості використання розпізнавання об'єктів на основі зображень та аналізу для покращення представлення культурної спадщини. Робота описує використання технологій розпізнавання об'єктів для забезпечення інформаційної послуги та взаємодії користувачів з культурними об'єктами.

Дослідження [9] обговорює використання доповненої реальності для культурної спадщини і його потенціал для розширення сприйняття історичних об'єктів, порівняння різних гіпотез і покращення комунікації з геритажними об'єктами. Також зазначається перспективний потенціал AR для туризму, освіти та розваг, а також можливість збирання реальних діагностичних даних за допомогою IoT.

Дослідження [10] присвячено розробці мультимодального фреймворка для інтелектуальних віртуальних агентів у витонченому змішаному середовищі дійсності. Робота описує використання різних технологій, включаючи просторове відображення, розпізнавання мови, взаємодію поглядом, чат-ботів і розпізнавання об'єктів. Фреймворк показує можливість покращення віртуального досвіду і комунікації між користувачами і віртуальними агентами.

Дослідження [11] презентує архітектуру програмного забезпечення для мобільного туристичного гіда для об'єктів культурної спадщини в старому місті Ханії, Крит, Греція. Досліджено технічно складні функції доповненої реальності, зокрема накладення 3D-моделей історичних будівель на реальний світ. Працюється над вирішенням технічних викликів, таких як реєстрація і відстеження в умовах сонячної погоди.

Дослідження показує, як можна поєднати технології AR з геолокацією і гейміфікацією для просування культурної спадщини і показу її цінності.

Дослідження [12] також використовує доповнену реальність (AR) для покращення туристичного досвіду, але в основному націлене на туристичний сегмент індустрії та навчання в контексті культурної спадщини. Воно розглядає вплив мобільного додатка на розуміння та знання щодо культури. Це дослідження може бути корисним для вас, якщо ви також досліджуєте вплив AR на розуміння культурної спадщини та навчання.

Дослідження [13] вивчає прийняття технології доповненої реальності серед відвідувачів Персеполісу. Воно також може бути корисним для вас, якщо ви досліджуєте прийняття технології AR в туристичній галузі, але воно більше орієнтоване на дослідження впливу технології на користувачів.

Дослідження [14] розглядає розпізнавання об'єктів для додатків доповненої реальності і використовує deep learning інструменти для вдосконалення розпізнавання об'єктів у додатках AR. Це може бути корисним дослідженням для вас, якщо ви цікавитесь розробкою інтелектуального методу розпізнавання об'єктів AR.

Дослідження [15] також використовує deep learning для оптимізації додатків доповненої реальності та звертає увагу на параметри продуктивності та оптимізацію.

Кожне проаналізоване дослідження спрямоване на вдосконалення сприйняття та вивчення культурної спадщини, а також використовує різні методи та технології, такі як глибоке навчання, машинне навчання, та AR. Порівняльний аналіз (табл.1) досліджень, які використовують інтелектуальні методи, допоможе краще розуміти та оцінювати їх внесок у розвиток цієї важливої галузі технологій та визначити прототип для цього дослідження.

ТАБЛИЦЯ 2.1 - Порівняльна таблиця досліджень, які використовують інтелектуальні методи

Дослідження	Основний внесок	Методи та технології
[3]	Покращення AR та досвіду користувача	Machine Learning, AR
[8]	Покращення представлення культурної спадщини	Image Recognition
[14]	Розпізнавання об'єктів в додатках доповненої реальності	Deep Learning, AR
[15]	Оптимізація додатків доповненої реальності	Deep Learning, Mobile AR

Дослідження [8] та [14] спрямовані на розпізнавання об'єктів у додатках доповненої реальності і використовують deep learning. Однак, наше дослідження, відзначається кількома перевагами порівняно з цими дослідженнями:

Реальний час та інтелектуальний підхід: Наш метод розпізнавання об'єктів культурної спадщини в реальному часі не лише надає інформацію про об'єкти, але й використовує інтелектуальний підхід. За допомогою чат-бота, користувачам надається детальний опис об'єкта та його історії, що дозволяє подорожуючим насолоджуватися культурною спадщиною з розумінням.

Інтерактивність: Наша система пропонує інтерактивний спосіб взаємодії з культурними об'єктами, завдяки чому користувачі можуть вивчати історію та деталі культурної спадщини більш активно і цікаво.

Адаптованість до мобільних пристроїв: Наш метод спеціально адаптований для смартфонів, що робить його більш доступним і практичним для використання під час подорожей.

Універсальність: Використання deep learning дозволяє нам створювати більш точні та універсальні моделі розпізнавання об'єктів, що покращує якість інтерпретації культурної спадщини.

Отже, наше дослідження надає більше можливостей для занурення в історію та культурну спадщину за допомогою доповненої реальності та deep learning, роблячи цей процес більш доступним та захоплюючим для користувачів.

Огляд існуючих наукових досліджень у сфері доповненої реальності (AR) та глибокого навчання виявив значний потенціал цих технологій у вивченні та інтерактивному досвіді з культурною спадщиною. Дослідження, які були проаналізовані, розглядають широкий спектр застосувань AR та deep learning від розробки інтелектуальних програм AR для полегшення життя користувачів до створення прототипів систем доповненої реальності для підтримки культурного туризму. Значна увага приділяється також покращенню досвіду користувачів та інтерактивності за допомогою технік машинного навчання. Особливо цінним є використання глибокого навчання для швидкого розпізнавання об'єктів та ефективної взаємодії з мобільними пристроями. Ці дослідження свідчать про те, що інтелектуальні методи розпізнавання, зокрема у поєднанні з AR, можуть істотно розширити способи, якими ми досліджуємо та взаємодіємо з культурною спадщиною, збагачуючи цей процес новими глибинами розуміння та інтерактивності.

1.3 Огляд існуючих технологічних рішень

У світі, де цифрові технології невпинно розвиваються, мобільні додатки як Google Lens, Monument Tracker, Blippar, Wikitude, ARLOOPA, ViewRanger, Field Trip, Clio та Smartify відкривають безмежні можливості для дослідження та взаємодії з культурною спадщиною. Ці інструменти використовують переваги штучного інтелекту, комп'ютерного зору, GPS-навігації та доповненої реальності, щоб забезпечити користувачам унікальні і інформативні досвіди. Від розпізнавання історичних пам'яток до інтерактивних турів по музеях, ці додатки розширюють

наші горизонти, дозволяючи взаємодіяти з минулим у сучасному цифровому світі.

Google Lens (рис.1.2) - це мобільний додаток, що використовує штучний інтелект та комп'ютерний зір для розпізнавання об'єктів на фотографіях. Він надає користувачам можливість розпізнавати пам'ятники, будівлі, розпізнавати текст на зображеннях та багато іншого. Google Lens здатний надати корисну інформацію про пам'ятники, але його можливості обмежені до окремого мобільного додатку.



Рисунок 1.2 – Логотип Google Lens

Monument Tracker (рис.1.3) - це мобільний додаток, який надає користувачам інформацію про пам'ятники та історичні місця в різних містах. Додаток використовує GPS для визначення місцезнаходження користувача і надає детальну інформацію про пам'ятки у навколишній області. Втім, він не пропонує можливості розпізнавання пам'ятників за фотографіями.



Рисунок 1.3 – Додаток Monument Tracker

Vlirpar (рис.1.4) - це платформа розпізнавання об'єктів, яка надає рішення для розпізнавання пам'ятників, будівель та інших об'єктів за допомогою фотографій або відео. Вона поєднує комп'ютерний зір та штучний інтелект, щоб надавати інформацію про розпізнані об'єкти. Проте, Vlirpar є комерційним продуктом з обмеженим доступом.



Рисунок 1.4 – Додаток Vlirpar

Wikitude (рис.1.5) - цей додаток спеціалізується на AR-технологіях і надає користувачам можливість взаємодіяти з навколишнім світом за допомогою розширеної реальності. Wikitude використовує GPS і комп'ютерний зір для надання інформації про різні об'єкти та місця.



Рисунок 1.5 – Додаток Wikitude

ARLOOPA (рис.1.6) - Це платформа доповненої реальності, що дозволяє користувачам взаємодіяти з 3D-моделями та анімаціями в реальному часі. ARLOOPA може бути використаний для вивчення історичних пам'яток і місць культурної спадщини.



Рисунок 1.6 – Додаток ARLOOPA

ViewRanger (рис.1.7) - цей додаток зосереджений на відкритті природних і історичних місць за допомогою GPS-навігації. Він надає детальні маршрути і інформацію про різні туристичні атракції.



Рисунок 1.7 – Додаток ViewRanger

Field Trip (рис.1.8) - розроблений Google, цей додаток автоматично надає користувачам інформацію про місця навколо них. Він може визначати історичні будівлі, монументи, музеї та інші цікаві місця.

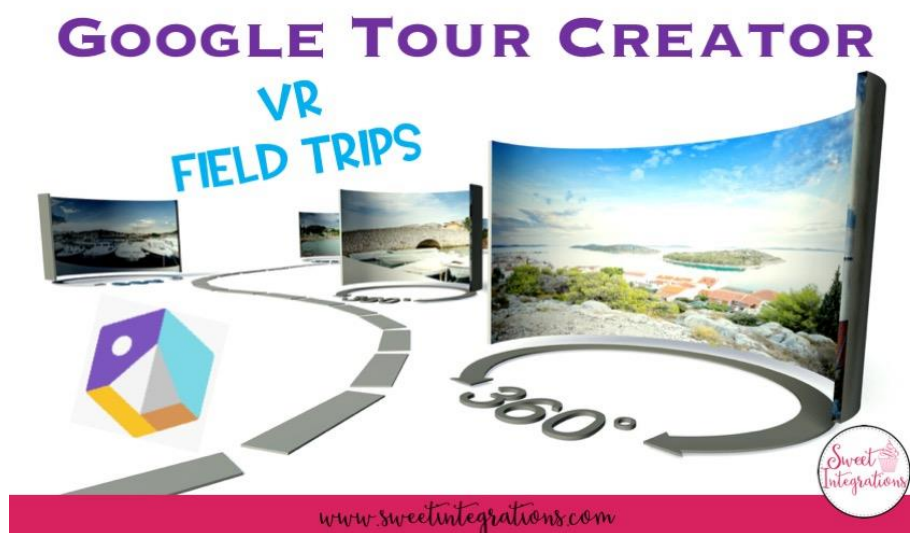


Рисунок 1.8 – Додаток Field Trip

Сію (рис.1.9) - це освітній додаток, який показує історичні місця і події поблизу користувача. Він поєднує історичні дані з інтерактивною мапою, дозволяючи користувачам дізнаватися про історію місцевості.

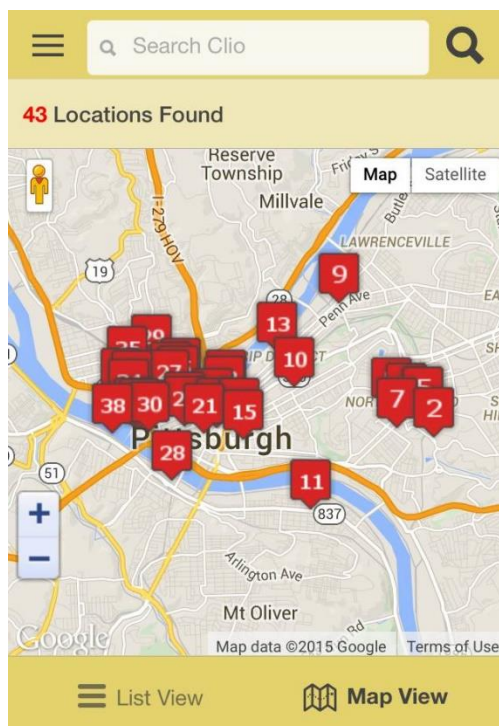


Рисунок 1.9 – Додаток Clіo

Smartify (рис.1.9) - додаток, який використовує розпізнавання зображень для ідентифікації мистецьких творів в музеях і надання інформації про них. Smartify служить цифровим гідом у світі мистецтва.



Рисунок 1.9 – Додаток Smartify

Кожен з цих інструментів надає унікальний спосіб взаємодії з культурною спадщиною, від віртуальних турів по музеях до відкриття історичних пам'яток на відкритому повітрі, що робить їх цінними ресурсами для вивчення культури та історії.

Враховуючи огляд подібних рішень, можна зробити висновок про потребу у створенні додатка, який комбінує можливості розпізнавання об'єктів та пошуку інформації про пам'ятники. Такий додаток буде надавати зручний і доступний спосіб отримання детальної інформації про пам'ятники та допомагатиме користувачам в їх подорожах та вивченні культурної спадщини.

Огляд існуючих технологічних рішень, таких як Google Lens, Monument Tracker, Blippar, Wikitude, ARLOOPA, ViewRanger, Field Trip, Clio та Smartify, відкриває нові перспективи для взаємодії з культурною спадщиною за допомогою цифрових технологій. Ці додатки, використовуючи можливості штучного інтелекту, комп'ютерного зору, GPS-навігації та доповненої реальності, забезпечують унікальні та інформативні досвіди для користувачів, від розпізнавання історичних пам'яток до інтерактивних музейних турів. Однак, огляд також вказує на необхідність розробки більш інтегрованого додатку, який поєднував би функціонал розпізнавання об'єктів з наданням інформації про пам'ятки, тим самим покращуючи досвід користувачів під час їх подорожей і дослідження культурної спадщини. Це відкрило б нові можливості для глибшого взаємодії з історичними та культурними об'єктами, роблячи процес вивчення більш захоплюючим та доступним.

1.4 Постановка задачі

Актуальність теми інтелектуального розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності важко переоцінити в сучасному світі,

де інформаційні технології і AR-системи набувають все більшого значення. Перш за все, ця тема відкриває нові можливості для збереження та відтворення культурної спадщини. Завдяки інтелектуальному розпізнаванню об'єктів, ми можемо створити цифрові копії унікальних історичних об'єктів, які піддаються руйнуванню або зникненню через природні чинники або людську діяльність. Це надає можливість зберегти спадок минулих поколінь для майбутніх, зберігаючи історичну пам'ять та культурну цінність.

Другою важливою аспектом теми полягає в покращенні освіти та культурного туризму. Інтелектуальні системи для AR можуть надавати інтерактивні та освітні інформаційні ресурси, які допомагають користувачам глибше розуміти історію та культуру пам'яток. Це особливо корисно для школярів, студентів, а також туристів, які мають можливість поглиблено вивчати об'єкти культурної спадщини та отримувати цікаву інформацію.

Третім аспектом є покращення туристичного досвіду. AR-технології можуть створювати унікальні та захоплюючі подорожі для туристів, дозволяючи їм дізнаватися більше про історію і культуру нових місць. Це стимулює розвиток туризму та сприяє залученню більшої кількості туристів до історичних об'єктів.

Четвертим аспектом є підвищення інтересу до вивчення історії та культури серед молодого покоління. Інтерактивні AR-системи відкривають новий спосіб навчання та дослідження, який приваблює молодь до вивчення культурних цінностей.

П'ятим аспектом є можливість створення інноваційних додатків та рішень для культурного сектору. Інтелектуальні системи для AR можуть створювати нові ринки та послуги, що сприяють розвитку сучасної культури.

Шостим аспектом є потенціал для співпраці між різними секторами, такими як ІТ, туризм, освіта та культура, що сприяє створенню інтегрованих та комплексних підходів до збереження та використання культурної спадщини.

Отже, метою цієї магістерської роботи є розробка та впровадження інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини для AR з використанням передових технологій розпізнавання об'єктів та інтеграції з AR-платформами. Цей підхід спрямований на створення інноваційного інструменту, який дозволить користувачам отримувати інформацію про культурні пам'ятки в режимі реального часу під час їх візиту, підвищуючи освітню цінність та інтерактивність вивчення культурної спадщини.

Досягнення цієї мети зумовило потребу теоретичних розробок, визначення та послідовного вирішення таких завдань:

1. Визначення ключових термінів у сфері інтелектуального розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності.
2. Огляд попередніх наукових досліджень у цій області.
3. Аналіз існуючих технологічних рішень для розпізнавання культурної спадщини в AR-системах.
4. Розробка архітектури інтелектуальної системи для розпізнавання об'єктів культурної спадщини в AR.
5. Використання згорткових нейронних мереж для точного розпізнавання об'єктів на зображеннях.
6. Розробка інтелектуального методу для розпізнавання та інтеракції з культурною спадщиною в AR-системах.
7. Підготовка до реалізації проєкту, включаючи вибір технологічних ресурсів та налаштування сервісів.
8. Реалізація запропонованого методу та розробка функціональності системи.

9. Проведення тестування інтелектуальної системи для перевірки її працездатності та ефективності.

Завдання 1-3 розглянуто в параграфах 1.1, 1.2 та 1.3 відповідно, а виконання завдань 4-9 представлені у параграфах 2.1-3.3.

Висновки до розділу 1

Розглянуто ключові поняття інтелектуального розпізнавання, що включає використання комп'ютерних алгоритмів для ідентифікації об'єктів, образів, тексту та мови. Важливість штучного інтелекту (AI), машинного навчання (ML), комп'ютерного зору та обробки природної мови (NLP) у цьому контексті не можна недооцінити, оскільки вони дозволяють машинам імітувати сприйняття та розуміння людським мозком. Використання цих технологій, особливо в сфері культурної спадщини та доповненої реальності (AR), відкриває нові можливості для збереження, представлення та освіти. Ми розглянули, як AR може оживити музейні експонати та історичні події, а також як інтелектуальне розпізнавання може використовуватися для створення цифрових архівів культурної спадщини. Ці технології не тільки поліпшують доступ до історичних даних, але й сприяють збереженню цінностей для майбутніх поколінь, тим самим відіграючи важливу роль у збереженні та передачі культурного різноманіття.

У розділі 1.2 підкреслює значення сучасних досліджень у сфері доповненої реальності (AR) та інтелектуальних технологій. Огляд показав, що інтеграція AR з технологіями глибокого навчання, семантичними Всесвітами та графами знань відкриває нові можливості для інновацій та покращення функцій AR. Прототип системи AR для культурних об'єктів, наприклад, демонструє потенціал цих технологій у підтримці культурного туризму та збагаченні досвіду відвідувачів. Інтелектуальні мобільні додатки AR, що використовують моделі машинного навчання для розпізнавання стилів меблів або надання історичних даних, розкривають потенціал AR у освіті та професійному навчанні. Гібридні підходи, які розділяють завдання розпізнавання та відстеження об'єктів між сервером та клієнтом, демонструють, як AR може бути оптимізована для мобільних

пристроїв. Огляд також підкреслює важливість адаптації та оптимізації MAR (Mobile Augmented Reality) систем для різних застосувань, від культурної спадщини до промисловості. Ці дослідження наголошують на важливості AR та інтелектуальних технологій у сучасному світі, відкриваючи нові горизонти для взаємодії з культурною спадщиною і підвищення рівня освіти та розваг.

Огляд існуючих технологічних рішень, таких як Google Lens, Monument Tracker, Blippar, Wikitude, ARLOOPA, ViewRanger, Field Trip, Clio та Smartify, підкреслює величезний потенціал мобільних додатків у дослідженні та взаємодії з культурною спадщиною. Використання передових технологій, таких як штучний інтелект, комп'ютерний зір, GPS-навігація та доповнена реальність, відкриває нові горизонти для вивчення та інтерпретації історичних пам'яток і культурних об'єктів. Ці інструменти забезпечують унікальні, інформативні та інтерактивні досвіди, розширюючи способи, якими ми можемо зануритися в минуле та взаємодіяти з ним. Висновок з цього огляду полягає в тому, що існує значний потенціал для створення нових додатків, які б поєднували в собі можливості розпізнавання об'єктів та надання детальної інформації про культурні пам'ятники, що стане великим вкладом у галузь культурної спадщини і значно покращить досвід користувачів.

2 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ ДЛЯ AR

2.1 Архітектура інтелектуальної системи розпізнавання культурної спадщини для AR

Архітектура системи розпізнавання культурної спадщини для AR доволі важливий аспект у створенні розпізнавання об'єктів у реальному часі. Цей аспект тісно пов'язаний з хмарними технологіями, а також розвитком нейронних мереж що дозволяє розробляти додатки які не будуть залежати від заліза пристрою. Завдяки цьому мандрівники зможуть розширити свої знання про культурну спадщину країни.

Отже, архітектуру системи розпізнавання культурної спадщини для AR, можна представити наступною структурою (Рис. 2.1.):

- 1) Користувач – Це особа яка взаємодіє із системою.
- 2) Telegram-Bot – це ретранслятор команд від і до користувача.
- 3) Program – Це програма розпізнавання пам'ятників.
- 4) Cloud Vision API – хмарний сервіс який надає послуги розпізнавання.
- 5) Server – це модель надання послуг інформаційних технологій, при якій ресурси обчислювання надаються через інтернет.
- 6) Neural network – це система, яка вивчає та розуміє образи на основі великої кількості даних.
- 7) Database - це організована структура, призначена для зберігання, зміни й обробки взаємопов'язаної інформації.
- 8) Algoritms – Це алгоритм який збирає інформацію про об'єкт.
- 9) Internet – Середовище інформації.

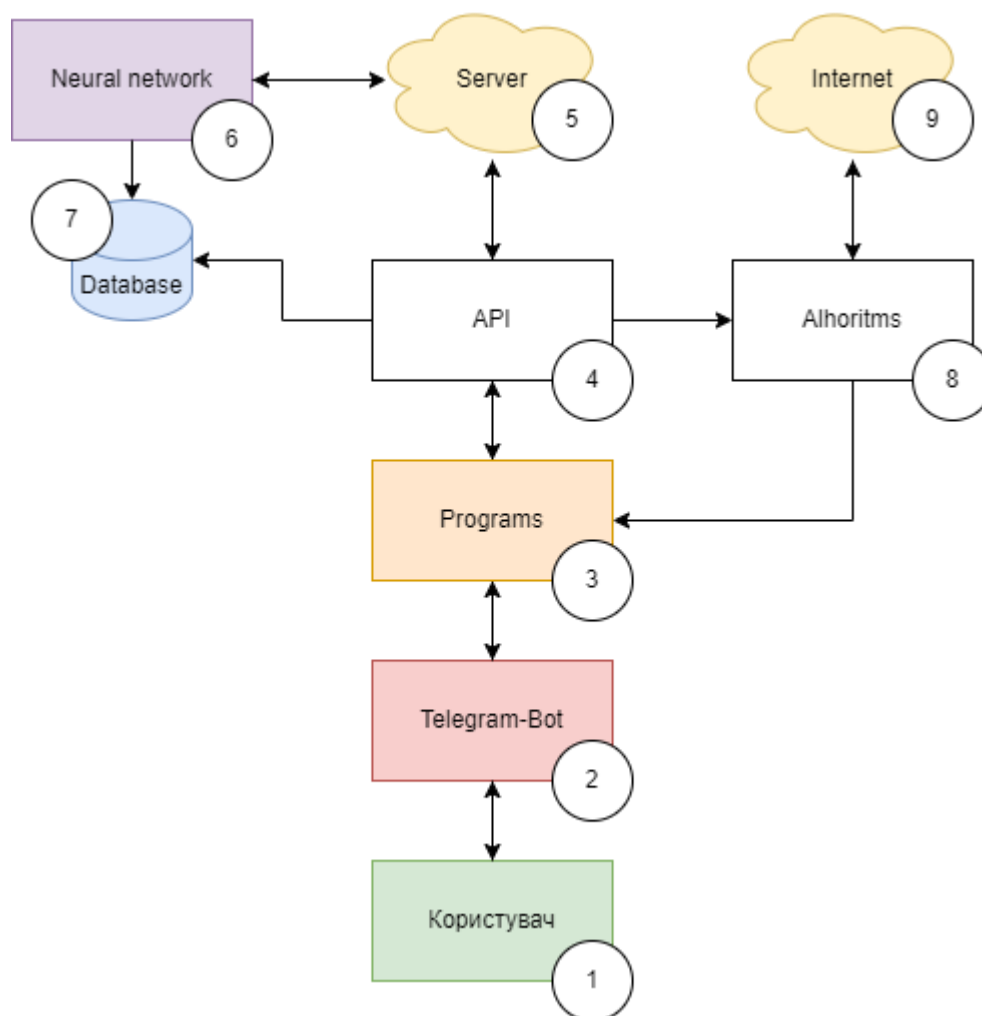


Рисунок 2.1 – Структура архітектури інтелектуальної системи

У підсумку, архітектура системи розпізнавання культурної спадщини для AR доволі простий але ефективний метод розпізнавання об'єктів культурної спадщини. Інтеграція хмарних технологій обчислювання дозволяє з легкість створювати програми які не будуть залежати від обчислювальних потужностей користувачів. Це в свою чергу сподобається користувачам які активно подорожують і показує що за хмарними технологіями майбутнє.

Отже, архітектура системи розпізнавання культурної спадщини для доповненої реальності (AR) виявляється ключовим елементом у вивченні і взаємодії з історичними об'єктами. Використання хмарних технологій та розвиток нейронних мереж є фундаментальними у створенні таких систем.

Ці технології дозволяють розробляти додатки, які не залежать від обмежень апаратного забезпечення пристроїв користувачів. В результаті, мандрівники мають змогу значно розширити свої знання про культурну спадщину відвідуваних країн. Структура такої архітектури включає взаємодію між користувачами, чат-ботами, програмами розпізнавання, хмарними сервісами, серверами, нейронними мережами, базами даних, алгоритмами та інтернетом, забезпечуючи ефективний та легкий у використанні механізм виявлення культурних об'єктів. Цей підхід підкреслює, що майбутнє за технологіями хмарних обчислень, які відкривають нові перспективи для розвитку інтелектуальних систем розпізнавання в області культурної спадщини.

2.2 Використання згорткових нейронних мереж для розпізнавання об'єктів

Кожен згортковий шар містить декілька нейронних карт. Кожен нейрон є селективним до візуальної ознаки, визначеної його вхідними синаптичними вагами. Нейрони в конкретній карті виявляють одну й ту саму візуальну ознаку, але в різних місцях. Для цього синаптичні ваги нейронів, які належать до однієї карти, завжди мають бути однаковими (тобто, спільне використання ваг). У межах карти нейрони розташовані ретинотопічно. Кожен нейрон отримує вхідні спайки від нейронів, розташованих у визначеному вікні у всіх нейронних картах попереднього шару. Отже, візуальна ознака в згортковому шарі є комбінацією декількох простіших ознак, витягнутих у попередньому шарі. Зазначте, що вхідні вікна двох сусідніх нейронів мають високий ступінь перекриття. Отже, мережа може виявляти появу візуальних ознак у будь-якому місці.

У всіх згорткових шарах нейрони є непротікаючими інтегративно-вибуховими нейронами, які збирають вхідні спайки від пресинаптичних нейронів та випускають спайк, коли їх внутрішній потенціал досягає заздалегідь визначеного порога. Кожен пресинаптичний спайк збільшує потенціал нейрона на вагу синапсу. На кожному кроці часу внутрішній потенціал i -го нейрона оновлюється наступним чином:

$$V_i(t) = V_i(t - 1) + \sum_j W_{j,i} S_j(t - 1),$$

де $V_i(t)$ - внутрішній потенціал i -го згорткового нейрона на кроці часу t ,

$W_{j,i}$ - синаптична вага між j -им пресинаптичним нейроном та i -им згортковим нейроном,

S_j - ланцюжок спайків j -го пресинаптичного $S_j(t-1)=1$, якщо нейрон випустив спайк у час $t-1$, і $S_j(t-1)=0$ в іншому випадку). Якщо V_i перевищує його поріг, V_{thr} , то нейрон випускає спайк, і V_i скидається:

$$V_i(t) = 0 \text{ і } S_i(t) = 1, \text{ якщо } V_i(t) \geq V_{thr}$$

Також у всіх згорткових шарах існує механізм бокового інгібування. Коли нейрон випускає спайк у певному місці, він інгібує інші нейрони в цьому місці, що належать до інших нейронних карт (тобто скидає їх потенціали до нуля) і не дозволяє їм випустити спайк, поки не буде показане наступне зображення. Крім того, нейронам не дозволяється випустити більше одного спайка. Все це разом забезпечує рідкісне, але високоінформативне кодування, оскільки в кожному місці може бути

максимум один спайк, який вказує на наявність певної візуальної особливості в цьому місці.

Як зазначено вище, навчання відбувається лише у згорткових шарах, які повинні навчитися виявляти візуальні особливості, комбінуючи простіші особливості, отримані на попередньому шарі. Навчання здійснюється шар за шаром, тобто навчання у згортковому шарі починається після завершення навчання у попередньому згортковому шарі. Коли подається нове зображення, нейрони згорткового шару змагаються між собою, і ті, які випускають спайк раніше, запускають STDP і навчаються вхідному патерну.

Використовується спрощена версія STDP

$$\Delta w_{ij} = \begin{cases} a^+ w_{ij} (1 - w_{ij}), & \text{if } t_j - t_i \leq 0, \\ a^- w_{ij} (1 - w_{ij}), & \text{if } t_j - t_i > 0, \end{cases}$$

де i та j відповідно відносяться до індексу постсинаптичних і пресинаптичних нейронів, t_i та t_j - відповідні часи спайків, Δw_{ij} - зміна синаптичної ваги, а a^+ та a^- - два параметри, що визначають швидкість навчання. Зверніть увагу, що точна різниця в часі між двома спайками не впливає на зміну ваги, але враховується лише її знак. Також припускається, що якщо пресинаптичний нейрон не випускає спайка перед постсинаптичним, то він випустить його пізніше. Ці спрощення еквівалентні припущенню, що конверсія інтенсивності-латентності клітин DoG стискає весь спайковий хвилеподібний рух у відносно короткому часовому інтервалі (скажімо, 20-30 мс), так що всі пресинаптичні спайки обов'язково потрапляють близько до часу постсинаптичного спайка, і часові затримки незначні. Множник $w_{ij}(1-w_{ij})$ забезпечує збереження ваг в межах $[0,1]$ і таким чином підтримує всі синапси в збудливому режимі, додаючи ефект м'якого обмеження.

Вибір великих значень для параметрів навчання (тобто a^+ та a^-) зменшить навчальну пам'ять, тому нейрони будуть вчити останні представлені зображення та забувати раніше бачені зображення. Також вибір дуже маленьких значень уповільнить процес навчання. На початку навчання, коли синаптичні ваги випадкові, нейрони ще не є вибірковими до будь-якого конкретного візерунка і реагують на багато різних візерунків, тому ймовірність того, що синапс буде пригнічений, вища, ніж ймовірність його потенціювання. Таким чином, встановлення a^- більшим, ніж a^+ , поступово знижує синаптичні ваги до того, як нейрони не можуть досягти свого порогу для випускання спайка. Тому a^+ краще встановити більшим, ніж a^- , однак, встановивши a^+ значно більшим, ніж a^- , нейрони будуть схильні вчити більше ніж один візерунок і реагувати на всі з них. Взагалі, краще вибирати a^+ та a^- не занадто великими і не занадто малими, і краще встановити a^+ трохи більшим, ніж a^- .

Під час навчання згорткового шару нейрони в одній карті, які виявляють одну й ту ж особливість у різних місцях, інтегрують вхідні спайки і конкурують між собою за проведення STDP (спайково-часового залежного пластичності). Перший нейрон, який досягає порога і випускає спайк, якщо такий є, стає переможцем (глобальна внутрішньокарткова конкуренція). Переможець запускає STDP і оновлює свої синаптичні ваги. Як згадувалося раніше, нейрони в різних місцях однієї карти мають однакові вхідні синаптичні ваги (тобто спільне використання ваги) для виявлення однієї й тієї ж особливості. Отже, переможний нейрон заважає іншим нейронам у своїй карті проводити STDP і дублює свої оновлені синаптичні ваги в них. Також існує локальна міжкарткова конкуренція за STDP. Коли нейрону дозволяється проводити STDP, він заважає нейронам у інших картах у невеликому околі навколо свого місцезнаходження робити STDP. Ця конкуренція має важливе значення для заохочення нейронів різних карт вчитися різним особливостям.

Через дискретизацію часової змінної у запропонованій моделі, існує ймовірність, що деякі конкуруючі нейрони випускають спайки одночасно в одному часовому кроці. Один з можливих сценаріїв - випадково вибрати одного з них і дозволити йому провести STDP. Але кращою альтернативою є вибір того, який має найвищий потенціал, що вказує на більш високу схожість між його вивченою особливістю та вхідним шаблоном.

Синаптичні ваги згорткових нейронів ініціюються з випадковими значеннями, взятими з нормального розподілу з середнім значенням $\mu=0.8$ і стандартним відхиленням $\sigma=0.05$. Важливо відзначити, що вибір малого μ призведе до того, що нейрони не досягнуть свого порогу для випускання спайків і не навчаться. Також, вибір великого σ означає, що деякі початкові синаптичні ваги будуть меншими (більшими) за інші та матимуть менший (більший) вплив на активність нейрона, і згідно з правилом STDP, вони матимуть більшу тенденцію до збігання до нуля (одиниці). Іншими словами, залежність від початкових ваг буде більшою при великому σ .

По мірі навчання конкретного шару його нейрони поступово збігаються до різних візуальних особливостей, які часто зустрічаються на вхідних зображеннях. Як зазначалося раніше, навчання у наступному згортковому шарі починається, коли навчання у поточному згортковому шарі завершується. Тут ми оцінюємо збіжність навчання 1-го згорткового шару як:

$$C_l = \sum_f \sum_i w_{f,i} (1 - w_{f,i}) / n_w$$

де $w_{f,i}$ - це i -та синаптична вага f -тої особливості, а n_w - загальна кількість синаптичних ваг (незалежно від особливостей) у цьому шарі. C_l

прагне до нуля, якщо кожна з синаптичних ваг збігається до нуля або одиниці. Тому ми зупиняємо навчання 1-го згорткового шару, коли Cl була достатньо близькою до нуля (тобто $Cl < 0.01$).

Шар глобального об'єднання використовується лише на етапі класифікації. Нейрони останнього шару виконують глобальне максимальне об'єднання над відповідними картами нейронів в останньому згортковому шарі. Така операція об'єднання забезпечує глобальну інваріантність перекладу для прототипових ознак, витягнутих в останньому згортковому шарі. Таким чином, для кожної ознаки існує лише одне вихідне значення, яке вказує на наявність цієї ознаки на вхідному зображенні. Вихідні дані шару глобального об'єднання над навчальними зображеннями використовуються для навчання лінійного класифікатора SVM. На етапі тестування зображення тестового об'єкта обробляється мережею, а вихід шару глобального об'єднання подається на класифікатор для визначення його категорії.

Для обчислення виходу шару глобального об'єднання спочатку поріг нейронів в останньому згортковому шарі було встановлено на нескінченність, а потім виміряно їхні кінцеві потенціали (після розповсюдження всієї послідовності спайків, згенерованої вхідним зображенням). Ці кінцеві потенціали можна розглядати як кількість ранніх спайків, спільних між поточним вхідним сигналом і збереженими прототипами в останньому згортковому шарі. Нарешті, нейрони глобального об'єднання обчислюють максимальний потенціал на відповідних картах нейронів як своє вихідне значення.

Використання згорткових нейронних мереж для розпізнавання об'єктів демонструє високу ефективність і точність у контексті доповненої реальності. Згорткові шари, що складаються з нейронних карт, дозволяють нейронам бути селективними до певних візуальних ознак, причому кожна

карта виявляє однакову ознаку, але в різних локаціях. Ця ретинотопічна організація, поєднана з механізмом бокового інгібування та використанням спрощеної версії STDP для навчання, створює систему, що здатна точно виявляти і класифікувати візуальні образи. Така архітектура не лише забезпечує ефективність у розпізнаванні об'єктів, але й дозволяє системі бути адаптивною та гнучкою, здатною швидко реагувати на нові візуальні стимули. Все це робить згорткові нейронні мережі ідеальною основою для розробки інтелектуальних систем розпізнавання в контексті AR, відкриваючи нові горизонти для взаємодії користувачів з культурною спадщиною.

2.3 Інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR

Інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR, спрямований на розкриття культурної спадщини країни для усіх охочих мандрівників. На рисунку 2.1 зображено сам метод.

Крок 1. Збір даних.

Перший етап розробки AR Intelligent Real-time для розпізнавання об'єктів культурної спадщини передбачає систематичний та комплексний збір різноманітних даних про об'єкти культурної спадщини. Це включає в себе:

- Фотографії: Здійснюється збір великого обсягу високоякісних фотографій об'єктів культурної спадщини, представлених у вигляді набору зображень $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$, де n - кількість зібраних фотографій.

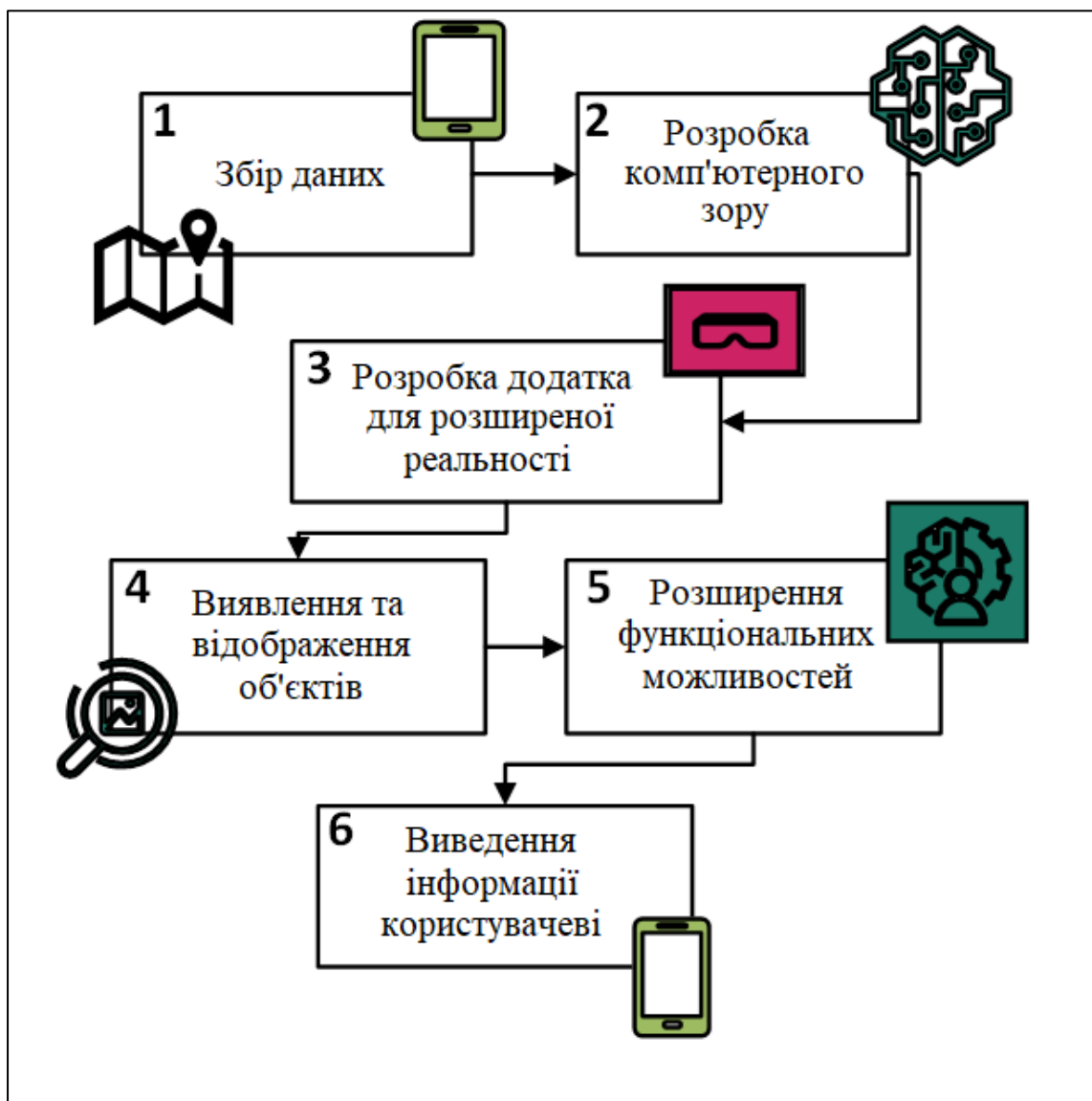


Рисунок 2.1 – Відображення методу

- Відеоматеріали: Збір відеозаписів, що можуть містити динамічні елементи об'єктів. Позначимо відео як V , де $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$, де m - кількість зібраних відеофайлів.
- 3D-моделі: Здійснюється створення тривимірних моделей об'єктів культурної спадщини. Кожна 3D-модель позначається M_i , де i - індекс моделі.
- Текстові описи: Збір текстових описів об'єктів $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$, де n - кількість зібраних описів.

- Географічні дані: Збір інформації про точне розташування об'єктів на карті. Кожен об'єкт має географічні координати, представлені як $G_i = (latitude_i, longitude_i)$, де i - індекс об'єкта.

Цей етап формує фундаментальну базу даних, яка буде використовуватися для навчання алгоритмів розпізнавання об'єктів та подальшої інтеграції інформації у створюваному AR-додатку. Такий комплексний підхід до збору даних дозволяє створювати багатоаспектну та інтерактивну інформаційну платформу для користувачів.

Крок 2. Розробка комп'ютерного зору:

У цьому етапі проводиться розробка алгоритмів комп'ютерного зору, які дозволять системі реалізувати виявлення та розпізнавання об'єктів культурної спадщини на зображеннях та відео. Розглянемо детально кожен під крок цього етапу:

Під крок 2.1. Розробка алгоритмів виявлення об'єктів:

На першому етапі, розробляються алгоритми, які визначають місцезнаходження об'єктів на зображеннях чи відео. Однією з основних методик є використання методів фільтрації та обробки зображень, таких як фільтри Гаусса для зменшення шуму, або алгоритми виявлення країв, наприклад, за допомогою оператора Собеля. Математично це можна виразити наступним чином:

$$I_{smooth}(x, y) = G * I(x, y),$$

де $I_{smooth}(x, y)$ – зображення після застосування фільтру

Гаусса, G – ядро фільтру, а $I(x, y)$ – оригінальне зображення.

Під крок 2.2. Вибір архітектури нейронної мережі чи моделі машинного навчання:

На цьому етапі визначається структура нейронної мережі чи моделі машинного навчання, яка буде використовуватися для виявлення об'єктів. Це може включати в себе використання сверточних нейронних мереж (CNN), які ефективно впораються із завданнями виявлення об'єктів на

зображеннях. Архітектурні рішення мають враховувати специфіку культурної спадщини та особливості вихідних даних.

Під крок 2.3. Тренування моделей машинного навчання:

Після вибору архітектури, проводиться процес тренування моделей машинного навчання на зібраних раніше даних. Для цього використовуються алгоритми навчання з учителем, де модель навчається розпізнавати об'єкти на зображеннях за наявними прикладами.

Мінімізація функції втрат: $J(0) =$

$$\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \text{Loss}(h_0(x^{(i)}), y^{(i)}),$$

де $J(0)$ – функція втрат, m – кількість прикладів у тренувальному наборі, $h_0(x^{(i)})$ – передбачення моделі для i -го зображення, $y^{(i)}$ – фактична мітка класу для i -го зображення.

Отже, на цьому етапі виконується підготовка системи для визначення об'єктів культурної спадщини на основі зібраних даних та використання розроблених алгоритмів комп'ютерного зору.

Крок 3. Розробка додатка для розширеної реальності:

Розробка додатка для розширеної реальності (AR) є ключовим етапом у створенні AR Intelligent Real-time Method для розпізнавання об'єктів культурної спадщини. Цей етап включає наступні дії:

1. Створення додатка для смартфона чи пристрою з підтримкою AR:
 - Обрання платформи для розробки додатка (наприклад, iOS, Android).
 - Вибір інструментарію для розробки AR, такого як ARKit для iOS чи ARCore для Android.
 - Інтеграція середовища розробки, визначення користувацького інтерфейсу та розміщення основної функціональності додатка.
2. Інтеграція алгоритмів комп'ютерного зору в додаток для розпізнавання об'єктів:

- Вибір оптимальних алгоритмів для виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях чи відео.
- Визначення методів взаємодії з алгоритмами комп'ютерного зору для отримання результатів розпізнавання.

У математичному контексті, інтеграція алгоритмів комп'ютерного зору може бути виражена наступним чином:

- Нехай I представляє зображення, а D є результатом розпізнавання об'єкта на цьому зображенні. Тоді функція розпізнавання може бути визначена як $D = F(I)$, де F - це функція комп'ютерного зору.

3. Інтеграція інтерактивних елементів:

- Розробка механізму взаємодії користувача з розпізнаними об'єктами через екран смартфона.
- Впровадження можливостей відображення додаткової інформації та функцій для користувача.

Математично це може бути виражено як система функцій взаємодії:

Нехай U представляє простір взаємодії користувача, а O - простір об'єктів. Тоді функція взаємодії може бути визначена як $U = G(O)$, де G - це функція взаємодії.

Такий підхід дозволяє математично описати взаємодію користувача з об'єктами, розпізнаними в розробленому додатку AR.

На завершення цього етапу, додаток повинен бути готовим для реалізації AR Intelligent Real-time Method для розпізнавання об'єктів культурної спадщини через сучасні AR-технології.

Крок 4. Виявлення та відображення об'єктів:

На цьому етапі використовується камера смартфона для реального виявлення об'єктів культурної спадщини, що забезпечується розробленими алгоритмами комп'ютерного зору. Ми можемо розглядати цей процес як використання технік обробки зображень для визначення та локації об'єктів

у відеопотоці з камери смартфона. Для ефективного розпізнавання об'єктів та їх точної локації можна використовувати техніки роботи з великим обсягом даних, такі як нейронні мережі.

Математично цей процес може бути описаний наступним чином:

1. Виявлення об'єктів на зображенні:

- Нехай I представляє вхідне зображення з камери смартфона.
- Ми можемо використовувати алгоритми розпізнавання об'єктів, такі як Single Shot MultiBox Detector (SSD) чи You Only Look Once (YOLO), щоб виявити та обведені прямокутником об'єкти на зображенні. Ці алгоритми пов'язані зі своїми власними функціями виявлення об'єктів.

2. Локація об'єктів:

- Для визначення точної локації виявлених об'єктів можна використовувати координати їхніх вершин на зображенні.
- Нехай $P(x, y)$ буде точкою, яка визначає положення вершини прямокутника, тоді можна використовувати геометричні розрахунки для визначення координат центра об'єкта та його розмірів.

3. Накладання інтерактивної інформації:

- Коли об'єкти виявлені та їхня локація визначена, інтерактивна інформація може бути накладена на зображення.
- Нехай I буде зображенням з додатковою інформацією, такою як текстові описи, аудіофайли чи 3D-моделі, які накладаються на відповідні місця виявлених об'єктів.

Математично цей процес може бути представлений рівняннями:

$$I' = \text{OverlayInformation}(I, \text{ObjectInfo})$$

де *OverlayInformation* - функція, яка додає інформацію об'єктів до вихідного зображення.

Цей етап завершується відображенням результатів на екрані смартфона, де користувач може бачити об'єкти культурної спадщини та супровідну інформацію в режимі реального часу.

Кроку 5. Розширені функціональні можливості:

Крок 5 має на меті розширити можливості взаємодії користувача з розпізнаними об'єктами культурної спадщини та надати додаткову інформацію для покращення користувацького досвіду.

1. Додавання функцій для взаємодії користувача:

- Розширення інформаційного змісту: Реалізація функції, яка дозволяє користувачам отримувати додаткову інформацію про об'єкт культурної спадщини. Наприклад, $I_{info}(u, o)$ може повертати текстовий опис історії та контексту конкретного об'єкта для поліпшення освітлення користувача.
- Перегляд фотографій: Додавання функції $I_{info}(u, o)$, яка представляє зображення об'єкта, щоб користувачі могли візуально досліджувати його архітектуру та деталі.

2. Розробка функцій для обміну інформацією:

- Соціальний обмін: Функція $S(u, \text{інформація})$ дозволяє користувачам ділитися своїми враженнями та отриманою інформацією про об'єкти культурної спадщини в соціальних мережах.
- Збереження обраної інформації: Функція $R(u, \text{інформація})$ дає можливість зберігати обрану користувачем інформацію для подальшого використання або навіть публікації.

Ці функціональності можна математично виразити наступним чином:

1. Взаємодія користувача з об'єктами:

$I_{info}(u, o) \rightarrow$ Результат обміну

$I_{photo}(u, o) \rightarrow$ Множина фотографій

2. Обмін інформацією:

$S(u, \text{інформація}) \rightarrow \text{Результат обміну}$

$R(u, \text{інформація}) \rightarrow \text{Результат збереження}$

Ці функції інтегруються в AR додаток для покращення взаємодії користувача з культурною спадщиною та забезпечення зручності в обміні та зберіганні інформації.

Крок 6. Виведення інформації користувачеві:

Крок 6. Виведення інформації користувачеві є завершальним етапом AR Intelligent Real-time Method для розпізнавання об'єктів культурної спадщини. На цьому етапі надається користувачеві збагачена та інтерактивна інформація про розпізнані об'єкти, забезпечуючи захоплюючий та освітній досвід віртуальної взаємодії з культурною спадщиною.

Для реалізації цього етапу використовуються наступні під кроки:

Під крок 6.1. Створення інформаційних шарів:

На цьому етапі формується інформаційний контент, який буде виводитися користувачеві при взаємодії з розпізнаними об'єктами. Цей контент може включати текстові описи, графічні елементи, аудіогіди, 3D-моделі та інші віртуальні об'єкти. Наприклад, для пам'ятника архітектури може бути створений текстовий опис його історії та архітектурних особливостей.

Математично це можна виразити, використовуючи формули, такі як:

$$I_{info} = F_{text} + F_{images} + F_{audio} + F_{3D}$$

де I_{info} - інформаційний контент, F_{text} - текстовий опис, F_{images} - графічні елементи, F_{audio} - аудіогіди, F_{3D} - 3D-моделі.

Під крок 6.2. Розробка алгоритмів виведення:

Створюються алгоритми виведення інформації користувачеві з урахуванням особливостей AR-середовища. Це включає визначення оптимального способу відображення інформації на екрані смартфона чи

AR-пристрою, адаптацію до реальної обстановки та можливість взаємодії користувача з віртуальним контентом.

Математично це можна представити у вигляді функцій:

$$\begin{aligned} & DisplayFunction_{optimal} \\ & = \arg \max_{all\ possible\ display\ functions} (Score_{visibility} \\ & + Score_{interaction}) \end{aligned}$$

Де $DisplayFunction_{optimal}$ – оптимальна функція виведення, $Score_{visibility}$ – бал видимості інформації, $Score_{interaction}$ – бал можливої взаємодії користувача.

Під крок 6.3. Виведення інформації:

На останньому під кроці здійснюється виведення підготовленого інформаційного контенту на екран AR-пристрою. Це може включати в себе використання текстових блоків, анімації, звукових ефектів та інших елементів для створення цікавого та інтерактивного досвіду.

Математично це може бути представлено як функція виведення:

$$Output_{AR} = DisplayFunction_{optimal}(I_{info})$$

де $Output_{AR}$ - виведення на AR-пристрої, $DisplayFunction_{optimal}$ - оптимальна функція виведення, I_{info} - інформаційний контент.

Отже, інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR представляє собою комплексний підхід до виявлення та відображення історичних об'єктів, використовуючи передові технології. Він включає ретельний збір даних, розробку алгоритмів комп'ютерного зору, інтеграцію нейронних мереж, створення додатків для AR та розробку функцій взаємодії користувача. Завдяки глибокому аналізу зібраних фотографій, відео, 3D-моделей, текстових описів та географічних даних, метод забезпечує точне виявлення та інтерактивне представлення історичних об'єктів. Розробка додатків AR та інтеграція алгоритмів комп'ютерного зору дозволяє користувачам взаємодіяти з об'єктами в

реальному часі, підвищуючи їхній досвід та знання про культурну спадщину. Таким чином, цей метод стає містком між історичним минулим та сучасними цифровими технологіями, забезпечуючи нові можливості для освіти та культурного обміну.

Висновки до розділу 2

Архітектура інтелектуальної системи розпізнавання культурної спадщини для AR, представлена у даному розділі, є втіленням сучасних підходів до розпізнавання об'єктів у реальному часі. Вона ефективно інтегрує хмарні технології та розвиток нейронних мереж, що дозволяє створювати додатки, незалежні від апаратних ресурсів пристроїв користувачів. Це забезпечує мандрівникам зручність у використанні та доступ до глибоких знань про культурну спадщину. Структура архітектури, що включає в себе компоненти, такі як Telegram-Bot, Cloud Vision API, сервер, нейронну мережу, базу даних і алгоритми, формує гнучку та інноваційну платформу. Використання хмарних обчислень надає переваги у швидкості та масштабованості, тоді як інтеграція з різними сервісами забезпечує високу точність розпізнавання та інтерактивність. Таким чином, розроблена архітектура не лише відповідає сучасним технологічним тенденціям, але й відкриває нові перспективи для вдосконалення взаємодії з культурною спадщиною, збагачуючи досвід користувачів та сприяючи більш глибокому зануренню в історію та культуру.

Використання згорткових нейронних мереж (CNN) для розпізнавання об'єктів в архітектурі інтелектуальних систем, особливо в контексті AR для культурної спадщини, відкриває нові можливості у взаємодії з історичними та культурними об'єктами. Згорткові шари CNN, з їх специфічною організацією нейронів та спільним використанням ваг, ефективно виявляють різні візуальні ознаки на різних місцях вхідного зображення. Це дозволяє системі точно розпізнавати об'єкти незалежно від їх розташування чи орієнтації. Механізми навчання, такі як спайково-часова залежна пластичність (STDP) і глобальне об'єднання, подальше покращують здатність системи до розпізнавання складних візерунків і

особливостей. Такий підхід в архітектурі інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини не тільки сприяє розвитку ефективних інструментів для AR, але й відкриває широкі перспективи для інновацій у цій галузі, підвищуючи якість взаємодії з історичними та культурними об'єктами.

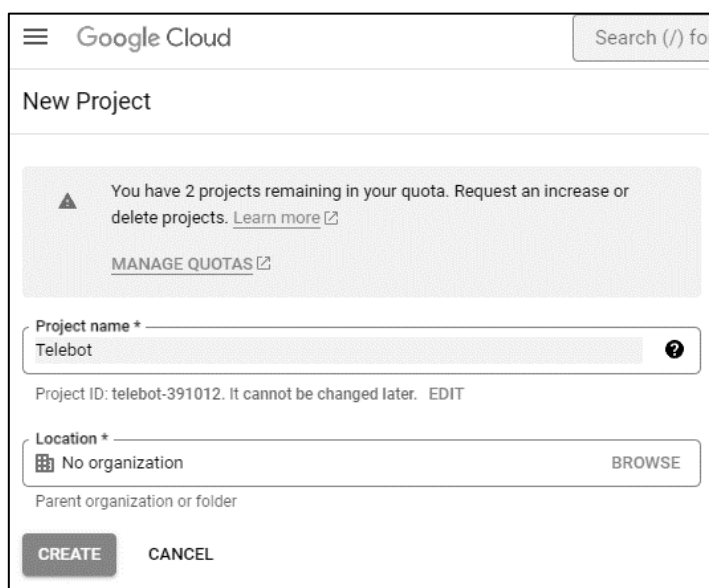
Інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR є інноваційним підходом до взаємодії з історичними та культурними об'єктами. Він дозволяє користувачам досліджувати та взаємодіяти з культурними пам'ятками у більш залученому та інформативному форматі. Завдяки ретельному збору даних, розробці алгоритмів комп'ютерного зору та інтеграції з AR-технологіями, система здатна точно розпізнавати та відображати об'єкти культурної спадщини. Цей метод включає в себе не лише візуалізацію об'єктів, але й надає багат шарову інформацію про кожний об'єкт, включаючи історію, архітектуру та культурне значення. В результаті, користувачі отримують збагачений досвід вивчення та взаємодії з культурною спадщиною, що перевищує традиційні методи освіти та туризму. Такий інтегрований підхід відкриває нові горизонти в освіті та культурному туризмі, роблячи історію більш доступною та зрозумілою для широкої аудиторії.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МЕТОДУ

3.1 Підготовка до реалізації проєкту

Visual Studio Code (VS Code) від Microsoft використовується як інтегроване середовище розробки (IDE) у запропонованому методі завдяки його легкості використання, розширюваності та підтримці мов програмування, таких як JavaScript, TypeScript, Python, Java. Особливості, такі як вбудована підтримка Git, інтелектуальне доповнення коду, інтеграція з Docker, розширені можливості пошуку та заміни, роблять його ідеальним для розробки різноманітних проєктів. Розробники можуть легко встановлювати розширення для підтримки специфічних технологій чи фреймворків. Також VS Code підтримує спільну роботу та масштабування проєктів, що робить його цінним інструментом в арсеналі сучасних розробників.

Для початку потрібно отримати API-ключі Google Cloud Vision та Telegram Bot. Для Google Cloud Vision реєструємося у Google Cloud, після створення або логіну облікового запису потрібно обрати опцію “New Project”, у полі назви вводимо Telebot що зображено на рисунку 3.3.



The screenshot shows the Google Cloud 'New Project' interface. At the top, there is a search bar and the text 'Google Cloud'. Below that, the title 'New Project' is displayed. A warning message states: 'You have 2 projects remaining in your quota. Request an increase or delete projects. [Learn more](#)'. Below the warning is a 'MANAGE QUOTAS' link. The 'Project name' field contains 'Telebot' and has a help icon. Below it, the 'Project ID' is 'telebot-391012. It cannot be changed later. [EDIT](#)'. The 'Location' field is set to 'No organization' with a 'BROWSE' button. At the bottom, there are 'CREATE' and 'CANCEL' buttons.

Рисунок 3.3 – Створення проєкту

Після створення проекту потрібно у меню навігації зайти в APIs & Services і далі знайти Cloud Vision API та увімкнути щ зображено на рисунку 3.4

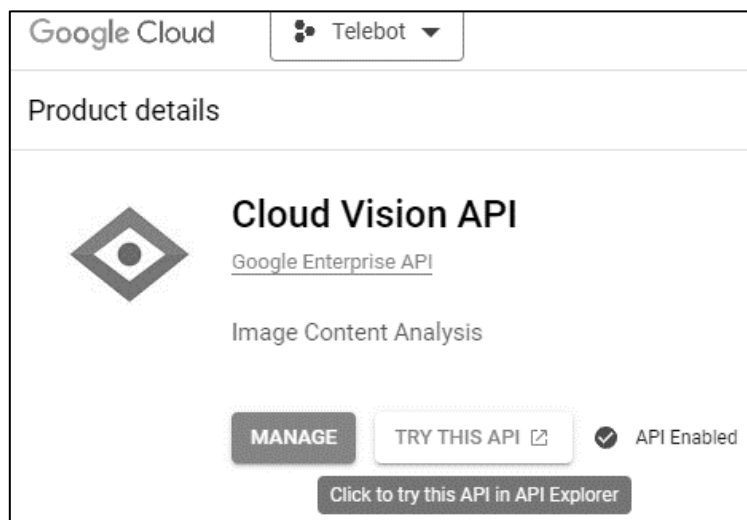


Рисунок 3.4 – Vision API Enabled

Коли API було увімкнено, потрібно згенерувати ключ, до якого будуть надсилатися запити. Отже, на сторінці "Створення ключа службового облікового запису" обираємо створений проект Telebot та створюємо ключ у форматі JSON. Також, він буде доступний у вигляді паролю в даному сервісі, що зображено на рисунку 3.5.

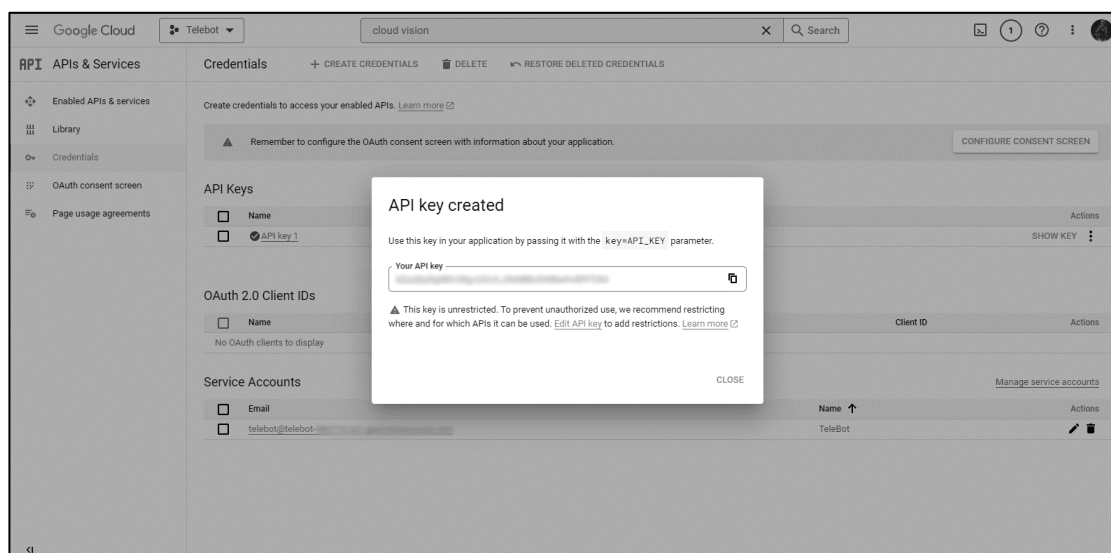


Рисунок 3.5 – Генерація API ключа

Залишилося отримати токен Telegram для взаємодії з чат-ботом. Для цього потрібно написати @BotFather і ввести команду "Start". Потім створити нового

бота, вказавши його ім'я та ідентифікатор. Якщо все було зроблено правильно, бот надішле приватне повідомлення з API-токеном. Фото бота та посилання на нього зображено на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Коротка інформація про бота

Обов'язково потрібно додати залежності, які будуть використовуватись у коді, а саме API-ключі та бібліотеки.

Далі було встановлення необхідних бібліотек для взаємодії з Telegram та використання Google Cloud Vision API.

```
pip install python-telegram-bot
```

```
pip install beautifulsoup4
```

```
pip install google-cloud-vision
```

Імпорт зображено на рисунку 3.7-3.8.

```
Terminal Local x + v
(venv) PS C:\Users\DoBoLinc\PycharmProjects\pythonProject> pip install pyTelegramBotAPI
Requirement already satisfied: pyTelegramBotAPI in c:\users\dodolinc\pycharmprojects\pythonproject\venv\lib\site-packages (4.11.0)
Requirement already satisfied: requests in c:\users\dodolinc\pycharmprojects\pythonproject\venv\lib\site-packages (from pyTelegramBotAPI) (2.30.0)
Requirement already satisfied: charset-normalizer<4,>=2 in c:\users\dodolinc\pycharmprojects\pythonproject\venv\lib\site-packages (from requests->pyTelegramBotAPI) (3.1.0)
Requirement already satisfied: idna<4,>=2.5 in c:\users\dodolinc\pycharmprojects\pythonproject\venv\lib\site-packages (from requests->pyTelegramBotAPI) (3.4)
Requirement already satisfied: urllib3<3,>=1.21.1 in c:\users\dodolinc\pycharmprojects\pythonproject\venv\lib\site-packages (from requests->pyTelegramBotAPI) (1.26.15)
Requirement already satisfied: certifi==2017.4.17 in c:\users\dodolinc\pycharmprojects\pythonproject\venv\lib\site-packages (from requests->pyTelegramBotAPI) (2023.5.7)
(venv) PS C:\Users\DoBoLinc\PycharmProjects\pythonProject> pip install google-cloud-vision
Requirement already satisfied: google-cloud-vision in c:\users\dodolinc\pycharmprojects\pythonproject\venv\lib\site-packages (3.4.1)
pythonProject > Bot.py 5:1 CRLF UTF-8 4 spaces Python 3.11 (pythonProject)
```

Рисунок 3.7 – Імпорт бібліотек

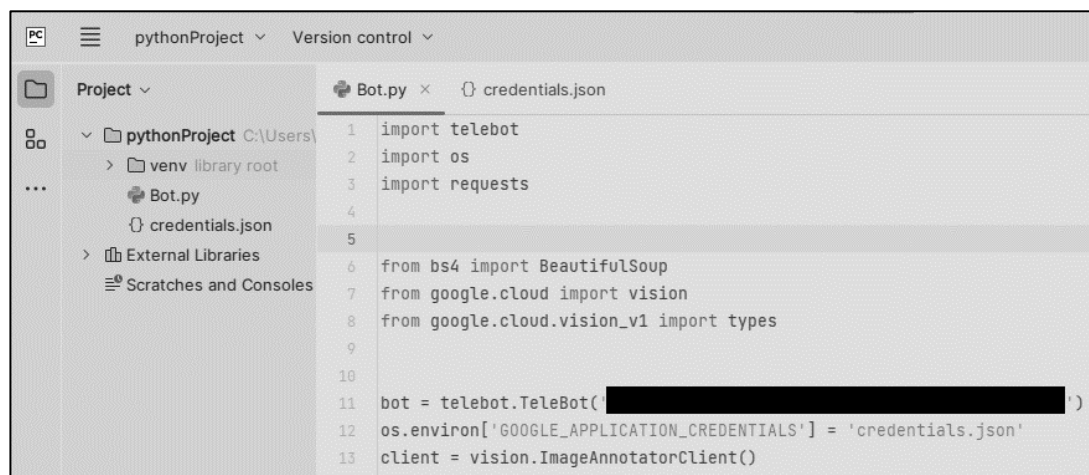


Рисунок 3.8 – Підключення усіх залежностей

`python-telegram-bot`: Ця бібліотека використовується для взаємодії з Telegram API та обробки повідомлень.

`beautifulsoup4`: Використовується для парсингу HTML-коду в контексті отримання додаткової інформації про об'єкти з Інтернету.

`google-cloud-vision`: Ця бібліотека надає зручний інтерфейс для взаємодії з Google Cloud Vision API, що використовується для розпізнавання об'єктів на фото.

Для використання Google Cloud Vision API, було створено проект в консолі Google Cloud та отримано ключ доступу (`credentials.json`). Цей ключ використовується для аутентифікації при запитах до API.

```
os.environ['GOOGLE_APPLICATION_CREDENTIALS'] = 'credentials.json'
```

Додатково, в коді використовуються інші бібліотеки, такі як `requests`, `random`, `io`, `urllib.parse`. Вони використовуються для взаємодії з URL, обробки фотографій, та генерації випадкових фраз.

Код розділений на різні функції, кожна з яких відповідає за певний функціонал:

- Взаємодія з користувачем (приймання команд `/start`, `/help`, `/region`).

- Обробка фотографій та виклик Google Cloud Vision API (функція `photo_handler`).
- Генерація фраз для випадкових відповідей (масив `funny_phrases`).
- Налаштування клавіатури для вибору області (`create_region_selection_markup`).

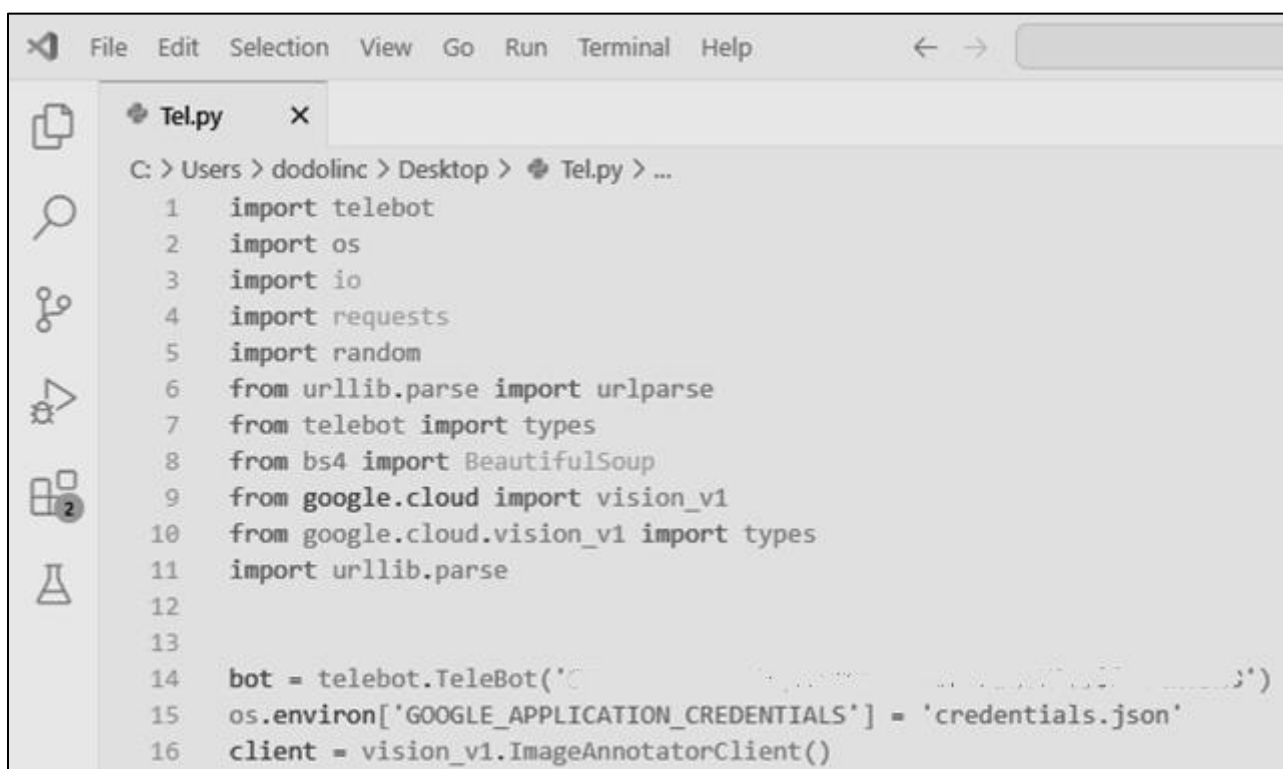
Така структура спрощує розвиток та підтримку коду, роблячи його зрозумілим та модульним.

Підготовка бібліотек та сервісів є важливим етапом у розробці Інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини для AR. Всі необхідні інструменти та ресурси були налаштовані для подальшої імплементації та взаємодії з Telegram та Google Cloud.

Підготовка до реалізації проєкту з інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини для AR включає в себе вибір та налаштування відповідних інструментів та сервісів. Visual Studio Code від Microsoft вибрано як основне інтегроване середовище розробки завдяки його гнучкості, підтримці широкого спектру мов програмування та інтеграції з різними інструментами. Значна увага приділяється отриманню ключів доступу до Google Cloud Vision та Telegram Bot, які є невід'ємною частиною системи. Це включає реєстрацію в Google Cloud, активацію Cloud Vision API, створення ключа та отримання токена Telegram Bot. Встановлення та конфігурація необхідних бібліотек, таких як **python-telegram-bot**, **beautifulsoup4**, **google-cloud-vision**, є критично важливими для забезпечення функціональності розроблюваної системи. Задіяння цих бібліотек дозволяє здійснювати взаємодію з Telegram API, ефективно обробляти HTML-код та використовувати функціонал Google Cloud Vision API для розпізнавання об'єктів на фотографіях. Завдяки цій ретельній підготовці, основа для розробки інтелектуального методу розпізнавання культурної спадщини забезпечує стабільний та ефективний процес взаємодії з користувачами та обробки даних.

3.2 Реалізація запропонованого методу

В середовищі Python було створено базовий код завдяки якому Telegram та Google Cloud API можна використовувати. На рисунку 3.9 зображено частинку коду налаштованого проєкту.



```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
Tel.py x
C:\Users\dodolinc\Desktop> Tel.py > ...
1 import telebot
2 import os
3 import io
4 import requests
5 import random
6 from urllib.parse import urlparse
7 from telebot import types
8 from bs4 import BeautifulSoup
9 from google.cloud import vision_v1
10 from google.cloud.vision_v1 import types
11 import urllib.parse
12
13
14 bot = telebot.TeleBot('C:\Users\dodolinc\Desktop\Tel.py\...')
15 os.environ['GOOGLE_APPLICATION_CREDENTIALS'] = 'credentials.json'
16 client = vision_v1.ImageAnnotatorClient()
```

Рисунок – 3.9 – Налаштування проєкту

Оскільки фактично взаємодія відбувається з Телеграм ботом функції будуть доволі простими. Перша функція це команда /Start присутня у всіх ботів, щоб бот розумів коли йому починати працювати, ця особливість дозволяє не перевантажувати трафік і не спамити користувачам повідомленнями.

При введенні або натисненні на команду /start бот привітається та запропонує вибрати регіон в якому ви знаходитесь аби покращити результати розпізнавання, дозволені області зберігаються у масиві regions. Код для команди зображено на рисунку 3.10.

```
@bot.message_handler(commands=['start'])
def start_handler(message):
    name = message.chat.first_name
    last_name = message.chat.last_name or ''
    bot.send_message(message.chat.id,
                     f"Вітаю вас {name} {last_name}! Оберіть область, в якій ви знаходитесь:",
                     reply_markup=create_region_selection_markup())
```

Рисунок 3.10 – Код команди /start

Також розроблена інформаційна функція, коли користувач вводить текст «що» або будь який інший виводиться коротка інформація про роботу бота. Код функції зображено на рисунку 3.11.

```
@bot.message_handler(func=lambda message: True)
def help_handler(message):
    if message.text.lower() == "що":
        commands = [
            "/start - Почати використання бота",
            "/help - Показати список команд та інструкції",
        ]
        commands_text = "\n".join(commands)
        response = f"Список доступних команд:\n\n{commands_text}"
        bot.send_message(message.chat.id, response)
    else:
        instructions = """
Вітаю! Я бот, який допоможе вам знайти інформацію про пам'ятники та об'єкти на фото.

Щоб скористатися моїми послугами введіть команду /start та оберіть регіон

Далі просто надішліть мені фото з об'єктом або пам'ятником, і я спробую розпізнати його.

Якщо розпізнання вдається, я надаю вам інформацію про пам'ятник та посилання на додаткові деталі.

Якщо розпізнання не вдається, я спробую знайти інформацію про об'єкт на фото в Інтернеті.

Дякую, що скористалися моїми послугами! Я готовий допомогти вам знайти цікаві об'єкти та дізнатися більше про них.

PS: Я - скромний бот з низьким бюджетом, тому не очікуйте на грандіозні результати. Але я з радістю спробую знайти

"""
        bot.send_message(message.chat.id, instructions)
```

Рисунок 3.11 – Інформаційна функція.

Створення кнопок щоб користувач міг натискати на готові варіанти а не писати вручну області, кнопки будуть викликатися після команди /start. Код зображено на рисунку 3.12.

```
def create_region_selection_markup():
    markup = telebot.types.ReplyKeyboardMarkup(row_width=3, resize_keyboard=True)
    markup.add('Україна', 'Тернопільська область', 'Волинська область')
    markup.add('Дніпропетровська область', 'Донецька область', 'Житомирська область')
    markup.add('Закарпатська область', 'Запорізька область', 'Івано-Франківська область')
    markup.add('Київська область', 'Кіровоградська область', 'Луганська область')
    markup.add('Львівська область', 'Миколаївська область', 'Одеська область')
    markup.add('Полтавська область', 'Рівненська область', 'Сумська область')
    markup.add('Вінницька область', 'Харківська область', 'Херсонська область')
    markup.add('Хмельницька область', 'Черкаська область', 'Чернівецька область')
    markup.add('Чернігівська область', 'Крим')
    return markup
```

Рисунок 3.12 – Кнопки областей

Основна функція програми це розпізнавання об'єктів а саме історичні пам'ятки, після того як користувач вибрав область і завантажив фото історичної пам'ятки програма аналізує об'єм фото якщо фото буде завелике бот покаже повідомлення про це і буде очікувати на «хороше» фото. Фільтр фотографій зображено на рисунку 3.13.

```
# Download the photo from Telegram
file_info = bot.get_file(message.photo[-1].file_id)
file_size = file_info.file_size
# Check if the photo size is within the limit of the Vision API
if file_size > 10485760:
    bot.send_message(message.chat.id, 'Sorry, this photo is too large to process.')
    return
```

Рисунок 3.13 – Фільтр фото

Після фільтрації, фото надсилається Cloud Vision API де воно аналізується та повертає певний набір інформації яка використовується для визначення що це за історичний об'єкт та формування посилань на інформацію про нього і побудову маршруту. Код зображено на рисунку 3.14.

```

response = client.web_detection(image=image)
web_entities = response.web_detection.web_entities
if web_entities:
    filtered_entities = [entity for entity in web_entities if len(entity.description.split()) > 1]
    if filtered_entities:
        if len(filtered_entities) <= 1:
            bot.send_message(message.chat.id, text="Я знайшов якусь дурницю тому не покажу її")
            return

        entity = filtered_entities[0]
        search_query = entity.description
        # Set the "hl" parameter to "uk" for Ukrainian language
        encoded_query = urllib.parse.quote(search_query + f" {region} в Google", safe='')
        search_url = f'https://www.google.com/search?q={encoded_query}&hl=uk'
        # Set the "hl" parameter to "uk" for Ukrainian language
        encoded_query_maps = urllib.parse.quote(search_query + f" {region} в Google Maps", safe='')
        maps_search_url = f'https://www.google.com/maps?q={encoded_query_maps}&hl=uk'

        sources_markup = telebot.types.InlineKeyboardMarkup()
        button_text = "Докладніше"
        button = telebot.types.InlineKeyboardButton(text=button_text, url=search_url)
        sources_markup.add(button)

        # Add a button for "Пошук у Google Maps"
        maps_button_text = "Пошук  Google Maps"
        maps_button = telebot.types.InlineKeyboardButton(text=maps_button_text, url=maps_search_url)
        sources_markup.add(maps_button)

        bot.send_message(message.chat.id,
            search_query+f" | Ось що є про цей об'єкт в інтернеті:",
            reply_markup=sources_markup)
    else:
        random_phrase = random.choice(funny_phrases)
        bot.send_message(message.chat.id, random_phrase)
else:
    bot.send_message(message.chat.id, text="Прикро це визнати але я нічого не знайшов.")

```

Рисунок 3.14 – Код аналізу і відображення інформації

Додано також жартівливі дописи якщо програма не змогла розпізнати пам'ятники. Усі дописи зображено на рисунку 3.15.

```

funny_phrases = [
    "Щось не так, змініть ракурс фото. Можливо, пам'ятник заховався від камери.",
    "Це не його кращий ракурс. Можливо, ви зможете знайти кращий кут для фотографування.",
    "Вибачте, але цей ракурс не дуже підходить для пам'ятника. Можливо, спробуйте з іншого ракурсу.",
    "Ой-ой, з цього ракурсу пам'ятник здається схованим. Можливо, він боїться фотографій.",
    "Здається, пам'ятник вирішив змінити ракурс. Спробуйте знайти його нове краще положення.",
    "Вибачте, але цей ракурс не розкриває справжню красу пам'ятника. Спробуйте фотографувати з іншого боку.",
    "Можливо, цей ракурс не є найкращим вибором. Пам'ятник чекає на свою кращу сторону.",
    "Це фото не демонструє всю грандіозність пам'ятника. Можливо, варто спробувати з іншого ракурсу.",
    "Ой-ой, цей ракурс не розкриває всю історію пам'ятника. Спробуйте знайти кращий ракурс для його розкриття.",
    "Пам'ятник вимагає кращого ракурсу для фото. Можливо, ви знайдете його справжнє обличчя з іншого ракурсу."
]

```

Рисунок 3.15 – Жартівливі дописи

Отже, реалізація запропонованого методу інтелектуального розпізнавання культурної спадщини для AR включає кілька ключових етапів, здійснених у Python середовищі. Процес інтеграції Telegram та Google Cloud API демонструється на різних етапах розробки. Важливим моментом є створення інтерактивної взаємодії з користувачем через бота в Telegram, що починається з команди /start і включає вибір регіону для оптимізації результатів розпізнавання. Інформаційні функції і кнопки вибору регіону спрощують використання системи. Основною частиною процесу є аналіз зображень, отриманих від користувачів, за допомогою Google Cloud Vision API, що включає фільтрацію фото, ідентифікацію історичних об'єктів та подальше надання інформації про них, у тому числі формування маршрутів та посилань. Також реалізовано жартівливі повідомлення, які використовуються у випадку неможливості розпізнавання пам'яток. Ці етапи разом формують ефективний та інтерактивний інструмент, який підвищує доступність та освітню цінність культурної спадщини через зручний цифровий інтерфейс.

3.3 Тестування інтелектуальної системи

Під час тестування увесь функціонал працював так як і очікувалося, команда старт запустила бота який в свою чергу привітався та запропонував вибрати область. Результат виконання команди зображено на рисунку 3.16.

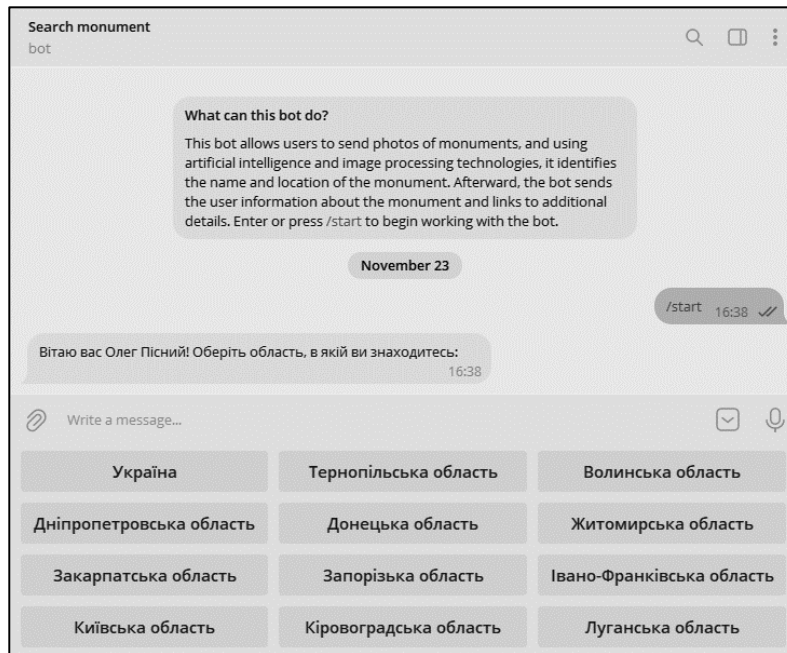


Рисунок 3.16 – Виконання команди /start

Після вибору області було виведено текстове підтвердження яку саме область користувач обрав та запропоновано надіслати фото. Зображення виконання подано на рисунку 3.17

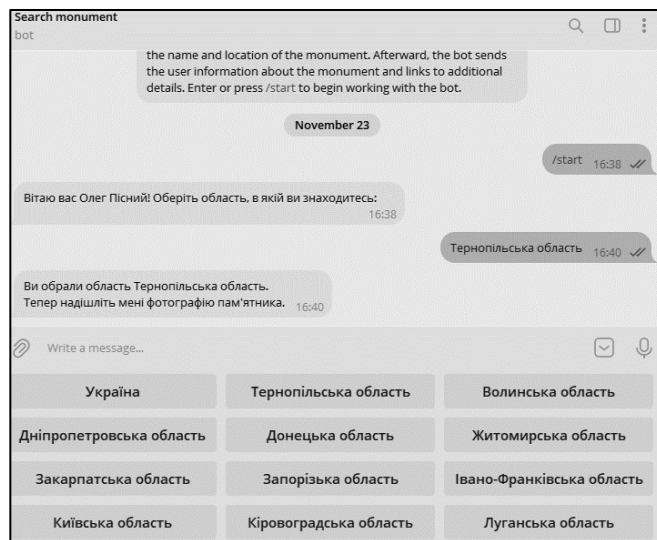


Рисунок 3.17 – Вибір області

Коли вивелося повідомлення про «надішліть мені фотографію» робимо фото з камери або надсилаємо готову, у даному випадку було використано фото

драм театру ім.Т.Г.Шевченка, через декілька секунд бот відправив результат написавши що це за об'єкт та надав вибір, докладніше та пошук у гугл картах. Зображено на рисунку 1.18.

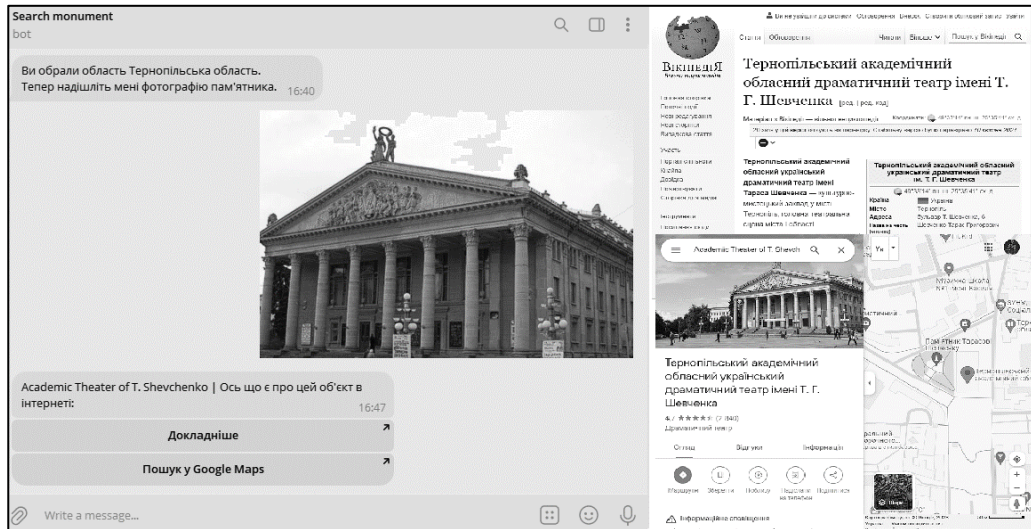


Рисунок 3.18 – Результат розпізнавання

Було надіслано ще декілька фото аби виключити випадковість, отже обрали відому пам'ятку Тернополя «Випадкова зустріч» та фактично невідомий пам'ятник «Сантехнік».

Оскільки пам'ятник «Випадкова зустріч» відомий, інформації по ньому вдосталь, прокладання маршруту теж успішне, що зображено на рисунку 3.19.

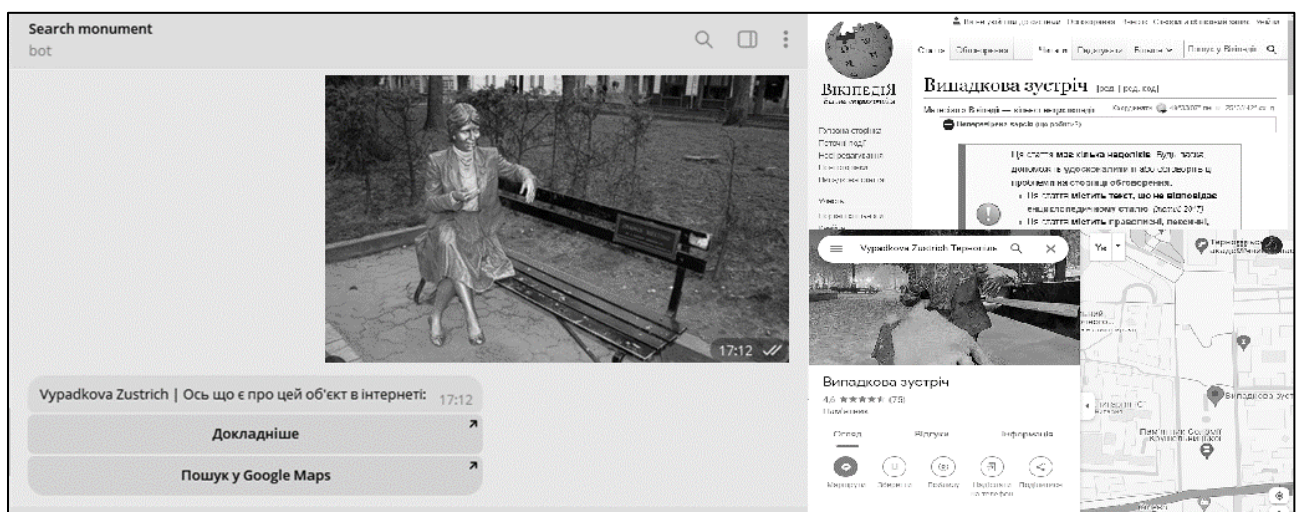


Рисунок 3.19 – Пам'ятник «Випадкова зустріч»

Пам'ятник «Сантехніку» не настільки відомий як «Випадкова зустріч» тому його не змогло розпізнати та вивести інформацію про нього, замість цього бот надіслав жартівливу відповідь «Я знайшов якусь дурницю тому не покажу її». Результати розпізнавання зображено на рисунку 3.20.

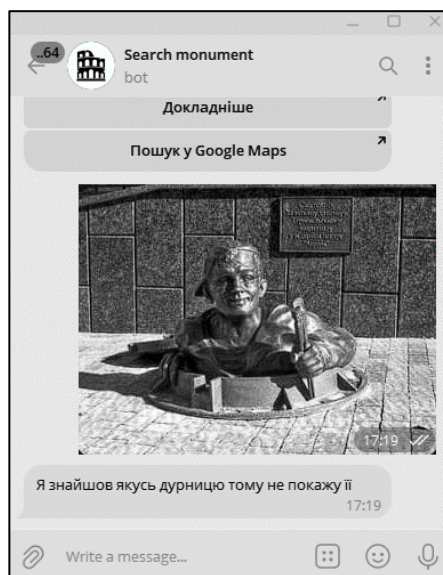


Рисунок 3.20 – Невдале розпізнавання

По тестуванню можна припустити що основний функціонал працює належним чином, є певні недоліки в розпізнаванні маловідомих пам'яток. Вибір областей покращує точність а жартівливі дописи покращують настрій користувачам. Загальний час відповіді програми 2.04 секунди а при збільшенні кількості одних й тих самих пам'ятників з різного ракурсу точність розпізнавання 89.35%. Підсумовуючи усі результати загальна точність розпізнавання бота 76.14%.

Отже, реалізація системи з інтелектуального розпізнавання культурної спадщини у доповненій реальності передбачала створення ефективного коду в Python, що інтегрує Telegram та Google Cloud API. Важливими елементами системи стали базові функції взаємодії з Telegram ботом, включаючи команду /start для ініціації роботи бота та вибору регіону, що оптимізує процес розпізнавання об'єктів. Створення інформаційної функції забезпечує користувачам зрозуміле пояснення

принципів роботи бота. Додавання інтерактивних кнопок для вибору регіону після команди /start підвищує зручність використання. Основна функція системи полягає у розпізнаванні історичних пам'яток за фотографіями, з використанням Cloud Vision API для аналізу зображень та подальшого формування інформаційних посилань та маршрутів. Врахування обмежень за розміром фото і додавання гумористичних елементів у випадку нерозпізнавання об'єктів робить досвід взаємодії з ботом більш приємним та невимушеним.

Отже, під час тестування інтелектуальної системи, всі основні функції взаємодії з ботом виявилися ефективними та логічно впорядкованими. Користувачі могли легко взаємодіяти з ботом, вибираючи область та надсилаючи фото пам'яток. Результати розпізнавання об'єктів були точними, інформативними та корисними для користувачів. Жартівливі дописи, додані для випадків нерозпізнавання об'єктів, зберігали позитивний настрій користувачів. Загальний час відповіді програми був незначним, а точність розпізнавання пам'яток досягла задовільного рівня. Враховуючи результати тестування, інтелектуальна система виявилася ефективною та готовою до подальшого використання з мінімальними недоліками у розпізнаванні менш відомих об'єктів.

Висновки до розділу 3

Ініціювання проекту з інтелектуального розпізнавання культурних об'єктів для доповненої реальності передбачає ретельний вибір та налаштування відповідних технологічних ресурсів. Основним інструментом для розробки став Visual Studio Code від Microsoft, обраний за його універсальність, підтримку множини мов програмування та можливість інтеграції з різноманітними інструментами. Отримання доступу до ключових сервісів, зокрема Google Cloud Vision та Telegram Bot, є фундаментальним кроком, включаючи процеси реєстрації, активації API та генерації ключів. Встановлення необхідних бібліотек, таких як python-telegram-bot, beautifulsoup4, google-cloud-vision, відіграє критичну роль у забезпеченні функціональності системи, дозволяючи взаємодіяти з Telegram API, обробляти HTML-код та використовувати можливості Google Cloud Vision для аналізу зображень. Така всебічна підготовка створює міцну базу для реалізації методу, що забезпечує надійність та ефективність взаємодії з користувачами та обробки даних.

В рамках реалізації системи з розпізнавання культурної спадщини в доповненій реальності було розроблено ефективний Python-код, який інтегрує функціональність Telegram та Google Cloud API. Важливими компонентами системи стали основні функції взаємодії з Telegram ботом, зокрема команда /start для ініціалізації бота та вибору регіону, що оптимізує процес розпізнавання об'єктів. Створення інформаційної функції надає користувачам зрозумілі пояснення щодо принципів роботи бота. Використання інтерактивних кнопок для вибору регіону після команди /start підвищує зручність користування. Основна функція системи полягає в розпізнаванні історичних пам'яток на фотографіях з використанням Cloud Vision API для аналізу зображень та подальшої генерації інформаційних посилань та маршрутів. Врахування обмежень за розміром фотографій та

додавання гумористичних елементів у випадку невдалого розпізнавання об'єктів робить користування ботом більш приємним та невимушеним.

Під час тестування інтелектуальної системи було підтверджено, що весь функціонал працює передбачувано та ефективно. Користувачам була надана зручна можливість вибору регіону та надсилання фотографій історичних пам'яток. Система успішно аналізувала та розпізнавала фотографії, а після розпізнавання надавала корисну інформацію про об'єкти та навіть прокладала маршрути до них. У випадку нерозпізнавання пам'яток, бот надавав жартівливі відповіді, що робило взаємодію більш приємною. Незважаючи на невдалий розпізнавання маловідомих пам'яток, враховуючи вибір областей та жартівливі дописи, система показала задовільну точність розпізнавання об'єктів та загальний час відповіді бота був прийнятним. Висновуючи, система проявила себе як функціональний та цікавий інструмент для взаємодії з історичною спадщиною.

Архітектура інтелектуальної системи для розпізнавання культурної спадщини в контексті доповненої реальності (AR), яку ми представили у цьому розділі, є втіленням передових підходів до розпізнавання об'єктів у реальному часі. Вона ефективно поєднує в собі хмарні технології та розвиток нейронних мереж, що дозволяє створювати додатки, які не вимагають великих апаратних ресурсів від користувачів. Це робить використання AR для дослідження культурної спадщини зручним і надає доступ до глибоких знань про неї. Архітектура включає компоненти, такі як Telegram-Bot, Cloud Vision API, сервер, нейронну мережу, базу даних і алгоритми, створюючи гнучку і інноваційну платформу. Використання хмарних обчислень забезпечує швидкість і масштабованість, а інтеграція з різними сервісами підвищує точність розпізнавання та інтерактивність. Отже, розроблена архітектура не лише відповідає сучасним технологічним стандартам, але також відкриває нові можливості для покращення

взаємодії з культурною спадщиною, збагачуючи досвід користувачів і допомагаючи краще розуміти історію та культуру.

Використання згорткових нейронних мереж (CNN) для розпізнавання об'єктів у контексті AR для культурної спадщини відкриває нові можливості для взаємодії з історичними та культурними об'єктами. Згорткові шари CNN з їхньою специфічною організацією нейронів та взаємодією ваг, ефективно виявляють різні візуальні ознаки навіть у різних частинах вхідного зображення. Це дозволяє системі точно розпізнавати об'єкти незалежно від їх розташування чи орієнтації. Додаткові механізми навчання, такі як спайково-часова залежність (STDP) і глобальне об'єднання, покращують здатність системи до розпізнавання складних візерунків і особливостей. Такий підхід в архітектурі інтелектуального розпізнавання культурної спадщини не лише сприяє розвитку ефективних інструментів для AR, але і відкриває широкі можливості для інновацій у цій галузі, підвищуючи якість взаємодії з історичними та культурними об'єктами.

Інтелектуальний метод розпізнавання культурної спадщини для AR є інноваційним підходом до взаємодії з історичними та культурними об'єктами. Він дозволяє користувачам вивчати та взаємодіяти з культурними пам'ятками у більш інформативному та залученому форматі. Завдяки ретельному збору даних, розробці алгоритмів комп'ютерного зору та інтеграції з AR-технологіями, система може точно розпізнавати та відображати об'єкти культурної спадщини. Цей метод не лише візуалізує об'єкти, але і надає докладну інформацію про кожний об'єкт, включаючи його історію, архітектуру та культурне значення. Як результат, користувачі отримують багатосаровий досвід вивчення та взаємодії з культурною спадщиною, що виходить за межі традиційних методів освіти та туризму. Цей інтегрований підхід відкриває нові можливості в галузі

освіти та культурного туризму, роблячи історію більш доступною та зрозумілою для широкої аудиторії.

Запуск проекту з інтелектуального розпізнавання культурних об'єктів для доповненої реальності включав у собі докладний відбір та налаштування потрібних технологічних ресурсів. Основним інструментом для розробки було обрано Visual Studio Code від Microsoft через його універсальність, можливість використання багатьох мов програмування та легку інтеграцію з різними інструментами. По-перше, було необхідно отримати доступ до ключових сервісів, таких як Google Cloud Vision та Telegram Bot, через процедури реєстрації, активації API та генерації ключів. Наступним важливим кроком було встановлення необхідних бібліотек, таких як `python-telegram-bot`, `beautifulsoup4` і `google-cloud-vision`. Це було критично важливим для забезпечення функціональності системи, що дозволило взаємодіяти з Telegram API, обробляти HTML-код та використовувати можливості Google Cloud Vision для аналізу зображень. Ця ретельна підготовка створила міцну основу для реалізації методу, що забезпечив надійність та ефективність взаємодії з користувачами та обробки даних.

Під час реалізації системи для розпізнавання культурної спадщини в доповненій реальності був розроблений ефективний Python-код, який інтегрував функціональність Telegram та Google Cloud API. Ключовими елементами системи стали функції взаємодії з Telegram ботом, зокрема команда `/start` для ініціалізації бота та вибору регіону, що оптимізує процес розпізнавання об'єктів. Також була створена інформаційна функція для надання користувачам роз'яснень щодо принципів роботи бота. Використання інтерактивних кнопок для вибору регіону після команди `/start` підвищило зручність користування. Головною функцією системи стало розпізнавання історичних пам'яток на фотографіях з використанням Cloud Vision API для аналізу зображень та подальшої генерації

інформаційних посилань та маршрутів. Враховуючи обмеження за розміром фотографій та додавання гумористичних елементів у випадку невдалого розпізнавання об'єктів, система зробила користування ботом більш приємним та невимушеним.

Під час тестування інтелектуальної системи було підтверджено, що весь функціонал працює передбачувано та ефективно. Користувачам була надана зручна можливість вибору регіону та надсилання фотографій історичних пам'яток. Система успішно аналізувала та розпізнавала фотографії, а після розпізнавання надавала корисну інформацію про об'єкти та навіть прокладала маршрути до них. У випадку нерозпізнавання пам'яток, бот надавав жартівливі відповіді, що робило взаємодію більш приємною. Незважаючи на невдалий розпізнавання маловідомих пам'яток, враховуючи вибір областей та жартівливі дописи, система продемонструвала задовільну точність розпізнавання об'єктів та прийнятний час реакції бота. В цілому, система виявилася функціональним та цікавим інструментом для взаємодії з історичною спадщиною.

ВИСНОВКИ

Розглядаючи ключові аспекти інтелектуального розпізнавання, включаючи ідентифікацію об'єктів, тексту та мови за допомогою комп'ютерних алгоритмів, важно визнати вагу таких технологій як штучний інтелект (AI), машинне навчання (ML), обробка природної мови (NLP) та комп'ютерний зір в цьому контексті. Вони надають машинам можливість імітувати сприйняття та розуміння людським мозком. Використання цих технологій, особливо в сфері культурної спадщини та доповненої реальності (AR), відкриває нові перспективи для збереження, представлення та освіти. Ми дослідили, як AR може оживляти музейні експонати та історичні події, а також як інтелектуальне розпізнавання може використовуватися для створення цифрових архівів культурної спадщини. Ці технології не лише поліпшують доступ до історичних даних, але й сприяють збереженню цінностей для майбутніх поколінь, відіграючи важливу роль у збереженні та передачі культурного різноманіття.

У розділі 1.2 особливо важливо відзначити значення сучасних досліджень у сфері доповненої реальності (AR) та інтелектуальних технологій. Наш огляд підкреслив, що поєднання AR з глибоким навчанням, семантичними Всесвітами та графами знань відкриває нові можливості для інновацій та покращення функціональності AR. Наш прототип AR-системи для культурних об'єктів, який наводиться як приклад, демонструє потенціал цих технологій у підтримці культурного туризму та збагаченні досвіду відвідувачів. Інтелектуальні мобільні додатки AR, що використовують моделі машинного навчання для розпізнавання стилів меблів або надання історичних даних, розкривають потенціал AR у сфері освіти та професійного навчання. Гібридні підходи, які розділяють завдання розпізнавання та відстеження об'єктів між сервером та клієнтом, показують, як AR може бути оптимізована для

мобільних пристроїв. На огляді також було підкреслено важливість адаптації та оптимізації систем доповненої реальності для різних застосувань, від культурної спадщини до промисловості. Ці дослідження наголошують на важливості AR та інтелектуальних технологій у сучасному світі, відкриваючи нові можливості для взаємодії з культурною спадщиною та підвищення рівня освіти та розваг. Огляд існуючих технологічних рішень підкреслює величезний потенціал мобільних додатків у дослідженні та взаємодії з культурною спадщиною, використання передових технологій, таких як штучний інтелект, комп'ютерний зір, GPS-навігація та доповнена реальність, відкриває нові можливості для вивчення та інтерпретації історичних пам'яток і культурних об'єктів, що сприяє унікальним, інформативним і інтерактивним досвідам, розширюючи способи взаємодії з минулим. Загалом, висновок з цього огляду полягає в тому, що існує великий потенціал для створення нових додатків, які комбінуватимуть можливості розпізнавання об'єктів та надання докладної інформації про культурні пам'ятники, що відіграє важливу роль у галузі культурної спадщини і покращує користувацький досвід.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., & Diamantaras, K. (2020). Enhancing the functionality of augmented reality using deep learning, semantic web and knowledge graphs: A review. *Visual Informatics*, 4(1), 32-42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2020.01.001>
2. Ramtohul, A., & Khedo, K.K. (2019). A Prototype Mobile Augmented Reality Systems for Cultural Heritage Sites. In: Satapathy, S., Bhateja, V., Somanah, R., Yang, X.S., Senkerik, R. (eds) *Information Systems Design and Intelligent Applications*. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 863. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-3338-5_17
3. Ștefan, L., Gheorghiu, D., Hodea, M., & Moțăianu, M. (2023). The History of Furniture Objects: An Intelligent Augmented Reality Application. In: Geroimenko, V. (eds) *Augmented Reality and Artificial Intelligence*. Springer Series on Cultural Computing. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-27166-3_10
4. Gammeter, S., Gassmann, A., Bossard, L., Quack, T., & Van Gool, L. (2010). Server-side object recognition and client-side object tracking for mobile augmented reality. In *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - Workshops* (pp. 1-8). San Francisco, CA, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2010.5543248>
5. Cao, J., Lam, K.-Y., Lee, L.-H., Liu, X., Hui, P., & Su, X. (2023). Mobile Augmented Reality: User Interfaces, Frameworks, and Intelligence. *ACM Computing Surveys*, 55(9), Article 189. DOI: <https://doi.org/10.1145/3557999>
6. Devagiri, J.S., et al. (2022). Augmented Reality and Artificial Intelligence in industry: Trends, tools, and future challenges. *Expert Systems with*

- Applications*, 207, 118002. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118002>
7. Khan, M.A., Israr, S., Almogren, S., et al. (2021). Using augmented reality and deep learning to enhance Taxila Museum experience. *Journal of Real-Time Image Processing*, 18, 321–332. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11554-020-01038-y>
 8. Amato, A., Venticinque, S., & Di Martino, B. (2013). Image Recognition and Augmented Reality in Cultural Heritage Using OpenCV. In *Proceedings of International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia (MoMM '13)* (pp. 53–62). ACM. DOI: <https://doi.org/10.1145/2536853.2536878>
 9. Fanini, B., et al. (2023). Augmented Reality for Cultural Heritage. In: Nee, A.Y.C., Ong, S.K. (eds) *Springer Handbook of Augmented Reality*. Springer Handbooks. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-67822-7_16
 10. Ali, G., et al. (2019). Design of Seamless Multi-modal Interaction Framework for Intelligent Virtual Agents in Wearable Mixed Reality Environment. In *Proceedings of the 32nd International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA '19)* (pp. 47–52). ACM. DOI: <https://doi.org/10.1145/3328756.3328758>
 11. Panou, C., et al. (2018). An Architecture for Mobile Outdoors Augmented Reality for Cultural Heritage. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(12), 463. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi7120463>
 12. Chiu, C.-C., et al. (2021). Augmented reality system for tourism using image-based recognition. *Microsystem Technologies*, 27, 1811–1826. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00542-019-04600-2>
 13. Ronaghi, M.H. (2022). A contextualized study of the usage of the augmented reality technology in the tourism industry. *Decision Analytics Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100136>

14. Li, V., et al. (2021). Object Recognition for Augmented Reality Applications. *Azerbaijan Journal of High Performance Computing*, 4(1), 15–28. DOI: <https://doi.org/10.32010/26166127.2021.4.1.15.28>
15. Gupta, Y.P., Mukul, & Gupta, N. (2023). Deep learning model based multimedia retrieval and its optimization in augmented reality applications. *Multimedia Tools and Applications*, 82, 8447–8466. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13555-y>
16. Inkarbekov, M., Monahan, R., & Pearlmutter, B.A. (2023). Visualization of AI Systems in Virtual Reality: A Comprehensive Review. *arXiv preprint arXiv:2306.15545*.
17. Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. У 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). IEEE. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.308>
18. Загальні рекомендації з підготовки, оформлення, захисту та оцінювання випускних кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти першого «бакалаврського» і другого «магістерського» рівнів / За ред. доц. М.І. Шинкарика. Тернопіль: ТНЕУ, 2018. 67 с.
19. Комар М.П., Саченко А.О., Васильків Н.М. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. Тернопіль: ЗУНУ, 2021. 32 с.

ДОДАТОК А
АПРОБАЦІЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ



IEEE Lviv Polytechnic Week

**5th IEEE International Conference
on
Advanced Information and
Communication
Technologies (AICT) - 2023**



Conference Program

**Lviv, Ukraine
November 21-25, 2023**

IEEE AICT-2023**ORGANIZERS**

- IEEE Ukraine Section
- IEEE Ukraine Section COM Society Chapter
- Lviv Polytechnic National University, Ukraine

PARTNERS

- Ministry of Education and Science of Ukraine
- Cisco Networking Academy
- UkrTelecom

ORGANIZING COMMITTEE**HONORARY CHAIR**

Prof. Yuriy Bobalo, Lviv Polytechnic National University

EXECUTIVE CO-CHAIRS

Prof. Mykhailo Klymash, IEEE Ukraine Section COM Society Chapter

Prof. Minho Jo, Korea University

ADVISORY CO-CHAIRS

Prof. Ivan Prudyus, Lviv Polytechnic National University

Dr. Mykhailo Andriychuk, IEEE Ukraine Section

Dr. Roman Korzh, Lviv Polytechnic National University,

Ievgen Pichkalov, IEEE Ukraine Section

PUBLICATION CHAIR

Dr. Taras Maksymyuk, IEEE Ukraine Section COM Society Chapter

INDUSTRY COOPERATION CO-CHAIRS

Dr. Oleksandr Karpin, Infineon Technologies

Dr. Marian Kyryk, LLC "Inform-consult"

Dr. Bohdan Koval, Lohika

Dr. Orest Lavriv, Softserve

Orest Kostiv, Cisco Networking Academy

CONFERENCE TREASURER

Dr. Mykola Beshley, IEEE Ukraine Section COM Society Chapter

LOCAL ORGANISING COMMITTEE

Dr. Mikhaylo Andriychuk, NASU

Dr. Yulia Pyrih, Lviv Polytechnic National University

Dr. Olena Krasko, Lviv Polytechnic National University

Dr. Olha Shpur, Lviv Polytechnic National University

Olena Hordiyshuk-Bublivska, Lviv Polytechnic National University

TECHNICAL PROGRAM COMMITTEE

CO-CHAIRS

Prof. Andriy Luntovskyy, University of Cooperative Education, Dresden, Germany

Prof. Juraj Gazda, Technical University of Kosice, Kosice, Slovakia

TPC MEMBERS

Nazariy Andrushchak	Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
Ivan Katerynychuk	Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine
Bohdan Rusyn	Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine
Ivan Tsmots	Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
Victoria Vysotska	Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
Pinar Kirci	Bursa Uludag University, Turkey
Sergiy Fabirovskyy	Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
Levent Gokrem	Gaziosmanpasa University, Turkey
Dmytro Ageyev	Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
Serhiy Subbotin	Zaporizhzhia National Technical University, Ukraine
Tarcisio Maciel	Federal University of Ceará, Brazil
Orest Kochan	Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
Ivan Demydov	Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
Peter Drotar	Technical University of Kosice, Kosice, Slovakia
Longzhe Han	Nanchang University of Technology, Nanchang, China
Anatoliy Sachenko	West Ukrainian National University
Axel Sikora	HS Offenburg
Ivan Opirskyy	Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
Sergiy Gnatyuk	National Aviation University, Kyiv, Ukraine
Oleksandra Yeremenko	Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
Oleksandr Lemeshko	Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine
Roman Odarchenko	National Aviation University Kyiv, Ukraine

S2.1: Internet of Things

Assembly Hall, Main building

Wednesday, November 22

14:30 – 16:45

[Link for online participation](#)

Chair:

Dr. Taras Maksymyuk

1.	<i>Dmytro Fedasyuk, Vitalii Vorobiov</i> Virtual Reality Training Simulator for Weapons Shooting
2.	<i>Oleh Pisnyi, Khrystyna Lipianina-Honcharenko, Jürgen Sieck, Anatoliy Sachenko, Maciej Dobrowolski, Grygoriy Sapozhnyk</i> AR Intelligent Real-time Method for Cultural Heritage Object Recognition
3.	<i>Vladislav Pariy, Khrystyna Lipianina-Honcharenko, Ruslan Brukhanskyi, Anatoliy Sachenko, Fedir Tkachyk, Taras Lendiuk</i> Intelligent Verbal Interaction Methods with Non-Player Characters in Metaverse Applications
4.	<i>Mykhailo Klymash, Olena Hordiichuk-Bublivska, Marian Kyryk, Liudviih Fabri</i> Research on the Automated Decision-Making Effectiveness in Industrial Automation System
5.	<i>Marian Kyryk, Vasyl Pohranychnyi, Andrii Tarasenko, Serhii Zablotskyi</i> Disaster Recovery Solution for On-Premises Infrastructure Using Proxmox Backup Server
6.	<i>Serhiy Otrokh, Liubov Berkman, Mariia Makarenko, Oleksandr Chumak</i> Optimizing Security for Logging into Corporate Infrastructure for Additional Two-Factor Authentication via QR Code
7.	<i>Taras Fedynyshyn, Olha Mykhaylova, Ivan Opirskyy</i> A Method to Detect Suspicious Individuals through Mobile Device Data
8.	<i>Pastukh Volodymyr, Mykola Beshley, Michal Gregus, jr., Halyna Beshley, Pavlo Chopyk, Iryna Ivanochko</i> Smartphone Visual Assistance System with AI-based Depth Estimation and Embedded/Cloud Voice Controls
9.	<i>Mykola Beshley, Yuriy Shkoropad, Halyna Beshley, Jürgen Smettan, Serhii Mokhun, Olha Fedchyshyn</i> AI Based IoT System for Temperature Forecasting
10.	<i>Pavlo Beshley, Mykola Kaidan, Bohdan Strykhaliuk</i> IoT Empowered SmartESS Systems for Real-time Monitoring and Control in Smart Grid ()

МАТЕРІАЛИ

IV ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКОВОЇ

КОНФЕРЕНЦІЇ

20 ЖОВТНЯ 2023 РІК • М. КИЇВ, УКРАЇНА

ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОЇ
НАУКИ: МЕТОДИКА ТА
ПРАКТИКА

ISBN 978-617-8126-71-1
DOI 10.36074/liga-ukr-20.10.2023



УДК 082:001
Е 79

Голова оргкомітету: Коренюк І.О.

Верстка: Зрада С.І.

Дизайн: Бондаренко І.В.



Конференцію зареєстровано Державною науковою установою «УкрІНТЕІ» в базі даних науково-технічних заходів України та інформаційному бюлетені «План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні» (Посвідчення №323 від 16.06.2023).

Матеріали конференції знаходяться у відкритому доступі на умовах ліцензії CC BY-SA 4.0 International.



Ф 79 **Формування сучасної науки: методика та практика:** матеріали IV Всеукраїнської студентської наукової конференції, м. Київ, 20 жовтня, 2023 рік / ГО «Молодіжна наукова ліга». — Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2023. — 242 с.

ISBN 978-617-8126-71-1

DOI 10.36074/liga-ukr-20.10.2023

Викладено матеріали учасників IV Всеукраїнської мультидисциплінарної студентської наукової конференції «Формування сучасної науки: методика та практика», яка відбулася 20 жовтня 2023 року у місті Київ, Україна.

УДК 082:001

© Колектив учасників конференції, 2023

© ГО «Молодіжна наукова ліга», 2023

© ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2023

ISBN 978-617-8126-63-6

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ВІЙНИ НА СТАН НАСЕЛЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ Пилип А.Р., Науковий керівник: Ріпак Н.С.	120
--	-----

СЕКЦІЯ 14. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

АНАЛІЗ НАПРЯМІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ Новак К.М., Науковий керівник: Устенко С.В.	122
АНАЛІЗ ТА РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ІНВЕСТУВАННЯ Датко А.П., Науковий керівник: Устенко С.В.	125
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНФІДЕНЦІЙНОСТІ ДАНИХ ПРИ ВИКОРИСТАННІ AR-ТЕХНОЛОГІЙ Бондарчук Я.В., Науковий керівник: Казимира І.Я.	128
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО РОЗШИРЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ: ПЕРЕВАГИ ПОРІВНЯНО З АНАЛОГАМИ Пісний О.В., Науковий керівник: Ліпяніна-Гончаренко Х.	130
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ Бондаренко М.Д., Науковий керівник: Устенко С.В.	132
МЕСЕНДЖЕР З ПІДТРИМКОЮ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ: ІНТЕРФЕЙСИ ТА МОЖЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ Василькевич М.В., Науковий керівник: Ріпак Н.С.	135
ОПТИМІЗАЦІЯ ВЕБ-ДОДАТКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ PWA Бондар Ю.С., Науковий керівник: Устенко С.В.	137
ОПТИМІЗАЦІЯ ОБРОБКИ ЗОВНІШНІХ НЕ СТРУКТУРОВАНІХ ПАПЕРОВИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ФІНАНСОВИХ ДОКУМЕНТІВ Урдин А.Г., Науковий Керівник: Устенко С.В.	140
РОЗРОБКА ВЕБ-ДОДАТКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АРХІТЕКТУРНОГО СТИЛЮ RESTFUL API Безпалько В.М., Науковий керівник: Устенко С.В.	145

СЕКЦІЯ 15. ФІЛОЛОГІЯ ТА ЖУРНАЛІСТИКА

EMOTIONAL CONTENT OF CHILDREN'S LITERATURE AND THE CHALLENGE OF ITS REPRODUCTION: UNPACKING ROALD DAHL'S ENGLISH WORKS AND MOROZOV'S UKRAINIAN TRANSLATIONS Пінчук К.Ю.	149
---	-----

Пісний Олег Володимирович, студент 2 курсу магістратури,
факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна

Науковий керівник: Христина Ліпяніна-Гончаренко, доцент
кафедри інформаційно-обчислювальних систем і управління
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО РОЗШИРЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ: ПЕРЕВАГИ ПОРІВНЯНО З АНАЛОГАМИ

Розширена реальність (AR) стала ключовим інструментом для вивчення та взаємодії з культурною спадщиною. В останні роки AR став популярним інструментом для покращення сприйняття та вивчення культурної спадщини, а також для створення інтерактивних історичних досліджень [1].

Аналоги існуючих AR рішень для культурної спадщини мають свої обмеження у точності та функціональності. Вони часто використовують спрощені методи для розпізнавання та взаємодії з об'єктами. Наприклад, деякі з них використовують GPS для надання інформації про історичні об'єкти, а інші використовують маркери для визначення місця розташування об'єкта [3].

Інтелектуальний підхід до AR використовує нейронні мережі та глибоке навчання для покращення точності та функціональності AR застосувань для культурної спадщини. Використовуючи AR з інтелектуальним підходом, користувачі можуть здійснювати реальний час розпізнавання об'єктів культурної спадщини та отримувати докладні описи та історії цих об'єктів [2].

Дослідження показали, що інтелектуальний підхід до AR значно покращує якість інтеграції з культурною спадщиною. Точність розпізнавання об'єктів становить 76.14%, а середній час реакції - 2.04 секунди. Однак існують області, які потрібно дорацьовувати, такі як розпізнавання бюстів та менш відомих об'єктів. Для подальшого вдосконалення системи потрібно розширювати обсяг даних для навчання та розвивати стратегії покращення розпізнавання менш відомих об'єктів [4].

Інтелектуальний підхід до AR використовує нейронні мережі та глибоке навчання для покращення точності та функціональності AR застосувань для культурної спадщини. Використовуючи AR з інтелектуальним підходом, користувачі можуть здійснювати реальний час розпізнавання об'єктів культурної спадщини та отримувати докладні описи та історії цих об'єктів [2].

Отже, дослідження підтверджує важливість інтелектуального підходу до розширеної реальності (AR) в контексті культурної спадщини. Використання глибокого навчання та нейронних мереж в AR застосунках дозволяє значно покращити точність розпізнавання об'єктів культурної спадщини та надає користувачам інтерактивні можливості для дослідження цих об'єктів.

Однак дослідження розкриває, що існують області, які потребують додаткового вдосконалення, зокрема в розпізнаванні бюстів та менш відомих об'єктів. Завдяки інтелектуальному підходу, AR в культурній спадщині стає більш точним і

інтерактивним інструментом для вивчення та взаємодії з історичними об'єктами, і це надає додаткові можливості для подальших досліджень та поліпшень.

Список використаних джерел:

1. Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., & Diamantaras, K. (2020). Enhancing the functionality of augmented reality using deep learning, semantic web and knowledge graphs: A review. *Visual Informatics*, 4(1), 32-42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2020.01.001>.
2. Khan, M.A., Israr, S., Almogren, S., et al. (2021). Using augmented reality and deep learning to enhance Taxila Museum experience. *Journal of Real-Time Image Processing*, 18, 321–332. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11554-020-01038-y>.
3. Amato, A., Venticinque, S., & Di Martino, B. (2013). Image Recognition and Augmented Reality in Cultural Heritage Using OpenCV. In *Proceedings of International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia (MoMM '13)* (pp. 53–62). ACM. DOI: <https://doi.org/10.1145/2536853.2536878>.
4. Fanini, B., et al. (2023). Augmented Reality for Cultural Heritage. In: Nee, A.Y.C., Ong, S.K. (eds) *Springer Handbook of Augmented Reality*. Springer Handbooks. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-67822-7_16.