


## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

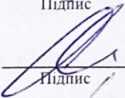
на тему Метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту

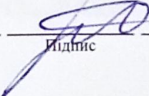
Галузь знань 12 – Інформаційні технології  
Шифр і назва галузі знань

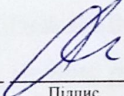
Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки  
Шифр і назва спеціальності

Освітня програма Комп'ютерні науки  
Назва освітньої програми

Виконала: студент групи КН-21-1  Богдан ТКАЧУК  
Група виконавця Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: д.т.н., зав. каф. КН  Олександр БАРМАК  
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтроль: к.т.н., доц. каф. КН  Руслан БАГРІЙ  
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
зав. кафедри КН, д.т.н., професор  Олександр БАРМАК  
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

09 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерних наук  
Освітній ступінь бакалавр  
Галузь знань 12 – Інформаційні технології  
Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних наук

  
(підпис)

д.т.н., професор Олександр БАРМАК

« 10 » 02 2025 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод створення інтерактивного музейного екскурсивода засобами генеративного штучного інтелекту»

2. Завдання видано студентці Богдан ТКАЧУК  
(Ім'я, прізвище)

3. Керівник роботи зав. кафедри КН, д.т.н, проф. Олександр БАРМАК  
(посада, ім'я, прізвище)

4. Затверджено наказом університету від « 07 » 02 2025 р. № 23

5. Дата видачі завдання студенту: « 10 » 02 2025 р.

6. Зміст пояснювальної записки (перелік задач) та вихідні дані:

Мета роботи – індивідуалізація процесу представлення музею шляхом розробки інтерактивного музейного екскурсивода засобами генеративного штучного інтелекту.

Завдання роботи – розробити метод створення інтерактивного музейного екскурсивода засобами генеративного штучного інтелекту, адаптований до специфіки музейної галузі, який передбачає побудову системи запитів (prompt-інженерію) для великої мовної моделі з метою обмеження предметної області, підвищення точності та персоналізації відповідей, а також інтегрувати цей метод в інформаційну систему, що забезпечуватиме зручне адміністрування даних про музейні колекції та реалізацію інтерфейсу для інтерактивної взаємодії користувача з віртуальним екскурсиводом.

7. Календарний план виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

№	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи бакалавра з керівником, складання календарного графіка виконання	січень 2025	
2	Ознайомлення з предметною областю, формулювання мети і задач дослідження, визначення об'єкта та предмета дослідження	лютий 2025	
3	Проектування та розроблення методу вирішення завдання, загальної архітектури програмного забезпечення, інтерфейсу користувача, вибір засобів реалізації програмного забезпечення	березень 2025	
4	Створення та тестування програмного забезпечення, дослідження ефективності, висновки з виконаної роботи	квітень 2025	
5	Написання пояснювальної записки, урахування зауважень керівника, оформлення згідно з вимогами	травень 2025	
6	Розробка презентаційних матеріалів та попередній захист кваліфікаційної роботи	травень 2025	
7	Отримання відгуку керівника, рецензії, перевірка на плагіат, нормоконтроль	червень 2025	
8	Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	червень 2025	

Виконавець: студент групи КН-21-1

Група виконавця

  
Підпис

Богдан ТКАЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: зав. каф. КН, д.т.н., проф

Науковий ступінь, посада

  
Підпис

Олександр БАРМАК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

## Анотація

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту»

Виконавець кваліфікаційної роботи бакалавра: студент групи КН-21-1 Богдан ТКАЧУК

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра: зав. кафедри КН, д.т.н., професор Олександр БАРМАК


Кваліфікаційна робота бакалавра містить:

Пояснювальна записка				Кількість додатків
Сторінок	Рисунків	Таблиць	Джерел інформації	
58	19	2	45	2

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є індивідуалізація процесу представлення музею шляхом розробки інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту. При розробці методу створення інтерактивного музейного екскурсовода враховано параметри як відвідувачів, так і експонатів музею. Розроблена ІС у якій враховано виконання функцій внесення, редагування та перегляду всіх необхідних для роботи методу даних, а також одержання наступних результатів: інтеграцію запропонованого методу, що дозволяє вести діалог із системою для отримання додаткової інформації та персоналізованих рекомендацій, а також інтерактивного 3D-огляду музею.

Напрямами практичного використання розробленого методу створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту є застосування його у ІС, що дозволяє вести діалог із системою для отримання додаткової інформації та персоналізованих рекомендацій.

Ключові слова: інтерактивний музей, генеративний штучний інтелект, AI-гід, 3D-огляд, персоналізована екскурсія.

Виконавець: студент групи КН-21-1  Богдан ТКАЧУК  
Група виконавця Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

## Зміст

Перелік скорочень .....	3
Вступ.....	4
Розділ 1 Характеристика предметної області: аналіз моделей, методів та реалізацій.....	6
1.1 Аналіз інформаційних моделей.....	6
1.2 Огляд підходів до розв’язку подібних задач.....	7
1.3 Аналіз існуючих програмних засобів та наукових рішень.....	9
1.4 Мета, задачі та вимоги до розробки методу та реалізації інформаційної системи.....	12
1.5 Висновки до розділу 1 .....	14
Розділ 2 Метод та інформаційна система інтерактивного музейного екскурсивного засобами генеративного штучного інтелекту .....	15
2.1 Метод інтерактивного музейного екскурсивного засобами генеративного штучного інтелекту.....	15
2.2. Особливості інтеграції інтелектуального інтерактивного музейного екскурсивного у інформаційну систему.....	23
2.3. Проектування інформаційної системи.....	27
2.4 Висновки до розділу 2 .....	30
Розділ 3 Експериментальне дослідження запропонованого методу та інформаційної системи .....	31
3.1 Опис реалізації інформаційної системи.....	31
3.1.1. Опис інтерфейсу користувача.....	37
3.1.2. Діаграма класів.....	40
3.2. Експериментальні дослідження.....	45
3.3 Висновки до розділу 3 .....	52
Загальні висновки.....	53
Перелік посилань.....	55
Додатки	

**Перелік скорочень**

<b>Скорочення, термін, позначення</b>	<b>Пояснення</b>
ШІ	Штучний інтелект
ІС	Інформаційна система
КРБ	Кваліфікаційна робота бакалавра
КН	Комп'ютерні науки
AI	Artificial intelligence
3D	Тривимірний простір
GPT	Generative pre-trained transformer
BMM	Великі мовні моделі
VR	Virtual reality
TTS	Text to speech
STT	Speech to text
DI	Dependency injection

## Вступ

**Актуальність.** У сучасному цифровому світі стрімкий розвиток та активне впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) суттєво впливають на трансформацію традиційних галузей, серед яких особливе місце займає музейна справа [1]. Інформаційні технології дедалі глибше інтегруються в культурну сферу, змінюючи способи подання знань, взаємодії з аудиторією та формування нових форматів освітнього й розважального контенту. Застарілі моделі екскурсій, що базуються на заздалегідь записаній або стандартизованій інформації, поступово втрачають актуальність на фоні зростаючих очікувань сучасного користувача, який прагне гнучкості, персоналізації, емоційного залучення та можливості взаємодії в реальному часі.

Поява генеративного штучного інтелекту (ГШІ), особливо в контексті великих мовних моделей (Large Language Models, LLM), відкриває нові горизонти у створенні нових інтелектуальних систем [2, 3]. Ці моделі здатні не лише генерувати текст, а й підтримувати складну логіку діалогу, враховувати контекст, адаптуватися до стиля спілкування користувача та генерувати нову, релевантну інформацію у відповідь на запити.

Одним із напрямів використання генеративного ШІ є розробка методу створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту. Йдеться про формування цілісного підходу, що дозволить створювати системи для індивідуалізованої взаємодії з музейним контентом. Метод має охоплювати побудову алгоритмів діалогової взаємодії, фільтрації й підбору інформації з урахуванням особистих уподобань користувача та збереження тематичної цілісності. Це забезпечує перехід від лінійного представлення даних до динамічного й інтерактивного досвіду.

Особливої актуальності ця трансформація набуває в умовах впровадження віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальностей у музейні простори [4][5]. Сучасний користувач може не лише переглядати експонати в цифровому вигляді, а й занурюватися в інтерактивні середовища, взаємодіючи з

ними за допомогою мовного інтерфейсу. У цьому контексті генеративний ШІ виконує розширені функції – він стає не просто екскурсоводом, а багатофункціональним посередником між користувачем та культурною інформацією: оповідачем, консультантом, експертом, а іноді й співрозмовником. Важливо, що вся ця взаємодія відбувається в режимі реального часу та з дотриманням музейного контексту й наукової достовірності.

Запропонований метод відкриє перспективи створення універсальних систем, здатних не лише інформувати, а й навчати, розважати та гнучко адаптуватися до віку, культурного фону, мовних уподобань і інтересів кожного конкретного користувача. Такий підхід суттєво підвищить рівень залучення відвідувачів, покращує якість користувацького досвіду та забезпечить ширше охоплення аудиторії. Водночас це сприятиме популяризації культурної спадщини, залученню молоді до музейної справи та створенню нових форм міждисциплінарної взаємодії між технологіями та гуманітарними науками.

**Об’єкт дослідження** – процес адаптації великої лінгвістичної генеративної моделі ШІ для предметної області музейної справи.

**Предмет дослідження** – методи генеративного ШІ, генеративні великі мовні моделі для створення інтерактивного музейного екскурсовода.

**Мета кваліфікаційної роботи бакалавра** – індивідуалізація процесу представлення музею шляхом розробки інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту.

**Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра** – розробити метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту, адаптований до специфіки музейної галузі, який передбачає побудову системи запитів (prompt-інженерію) для великої мовної моделі з метою обмеження предметної області, підвищення точності та персоналізації відповідей, а також інтегрувати цей метод в інформаційну систему, що забезпечуватиме зручне адміністрування даних про музейні колекції та реалізацію інтерфейсу для інтерактивної взаємодії користувача з віртуальним екскурсоводом [6].

## Розділ 1 Характеристика предметної області: аналіз моделей, методів та реалізацій

### 1.1 Аналіз інформаційних моделей

Автоматизація процесів проведення музейних екскурсій є ключовим елементом сучасних інтерактивних систем, що базуються на генеративному штучному інтелекті. Вона дозволяє ефективно організовувати, зберігати та обробляти інформацію, забезпечуючи створення персоналізованих маршрутів, адаптованих до індивідуальних потреб відвідувачів музею.

Інформаційні моделі відіграють ключову роль, забезпечуючи організацію, зберігання та обробку даних. Такі моделі інтегрують дані про музейні експонати, їх історичний контекст, розташування в 3D-просторі та інформацію про профілі відвідувачів, що дозволяє створити систему, здатну адаптувати контент відповідно до індивідуальних інтересів користувача [7].

Основні компоненти інформаційної моделі включають:

– *структуровані дані експозиції* – реляційні бази даних або NoSQL-сховища використовуються для зберігання метаданих про експонати (назви, описи, історичні факти, мультимедійні матеріали) та географічну інформацію про розташування залів музею [8];

– *моделювання віртуального простору за допомогою 3D-моделювання* – створюється цифрова копія музею, що дозволяє відвідувачам віртуально переміщатися між залами та взаємодіяти з експонатами в реальному час [9];

– *інтеграція генеративного ШІ* – великі мовні моделі (наприклад, GPT-4) використовуються для генерації адаптивних описів експонатів, відповідей на запитання користувачів та персоналізованих рекомендацій екскурсій [10]; така інтеграція дозволяє системі не лише відтворювати заздалегідь заданий контент, а й генерувати новий текстовий матеріал відповідно до контексту та інтересів відвідувача [11];

– *обробка голосових запитів* – для забезпечення голосової взаємодії інформаційні моделі включають модулі обробки природної мови, які аналізують голосові команди та перетворюють їх у структуровані запити до баз даних, що дозволяє ШІ-гідові оперативно надавати релевантну інформацію [12];

Ці компоненти працюють разом, формуючи єдину інтегровану систему. Дані, отримані з цифрових колекцій музеїв та онлайн-архівів, синхронізуються з моделлю віртуального простору, а потім використовуються генеративним ШІ для створення персоналізованих екскурсій. Такий підхід сприяє підвищенню якості представлення музейного контенту, зменшенню затримок у відповіді системи та покращенню загального користувацького досвіду [11].

Отже, аналіз існуючих інформаційних моделей показує, що їх ефективна інтеграція з генеративними методами ШІ та технологіями 3D-моделювання дозволяє створити інноваційний інтерактивний музейний екскурсовод, здатний адаптуватися до потреб сучасного відвідувача.

## **1.2 Огляд підходів до розв'язку подібних задач**

У сучасній музейній практиці інтеграція генеративного штучного інтелекту відкриває нові горизонти для покращення взаємодії з відвідувачами та глибшої індивідуалізації їхнього досвіду [13]. Основою таких інноваційних змін виступають великі мовні моделі (ВММ), які здатні не лише генерувати осмислений текст, а й розуміти контекст запитів, реагувати на них природною мовою та забезпечувати динамічну, адаптивну комунікацію з користувачами [14]. Це робить їх надзвичайно перспективними інструментами для музейної справи, де зростає попит на персоналізовані та інтерактивні формати подання інформації.

Застосування генеративного ШІ в музеях активно впроваджується з метою створення інтелектуальних гідів нового покоління, які здатні надавати відвідувачам персоналізовану інформацію про експонати, виставки, історичні контексти та культурні зв'язки [11]. Наприклад, Національна галерея Сінгапуру

у співпраці з компанією NCS реалізувала проєкт створення AI-гіда, що дозволяє не лише глибше занурюватися у мистецтво, а й формувати індивідуальні траєкторії пізнання, роблячи візит до музею більш інтерактивним, доступним і змістовним [15].

Інтерактивні віртуальні тури, що використовують можливості ВММ, значно покращують якість взаємодії користувачів з музейними просторами. Так, проєкт VirtuWander демонструє, як великі мовні моделі можуть інтерпретувати запити користувачів, трансформуючи їх відповідно до різних екскурсійних сценаріїв. Це забезпечує мультимодальну взаємодію, підвищену гнучкість у поданні контенту та персоналізацію, що враховує інтереси, вік, рівень знань і уподобання відвідувача [16].

Ключові переваги використання генеративного ШІ в музеях:

– *персоналізація досвіду* – забезпечення індивідуального підходу до кожного відвідувача з урахуванням його уподобань, мови, віку, темпу сприйняття інформації та пізнавальних інтересів;

– *доступність* – можливість взаємодії з музейним контентом у будь-який зручний час і з будь-якого місця завдяки онлайн-сервісам і віртуальним турам;

– *інтерактивність* – підтримка двостороннього діалогу між користувачем і системою, що моделює поведінку живого екскурсовода, відповідає на уточнювальні запитання, коментує контекст та пропонує нові теми для пізнання.

Однак, попри значні переваги, існують і певні виклики:

– *точність інформації* – потреба у ретельній верифікації даних, які надаються користувачеві, щоб уникнути поширення помилкової або застарілої інформації;

– *етичні аспекти* – дотримання авторських прав, уникнення викривлень або упередженості, притаманних мовним моделям, що формуються на основі великих корпусів даних [17];

– *технічні обмеження* – висока потреба в обчислювальних ресурсах для ефективного функціонування ВММ, а також необхідність у безперервному доступі до інтернету й підтримці відповідної інфраструктури.

Таким чином, інтеграція генеративного штучного інтелекту та великих мовних моделей у музейну сферу відкриває принципово нові можливості для взаємодії з відвідувачами, сприяючи підвищенню їхньої залученості та задоволення від візиту. Водночас вона потребує комплексного підходу до подолання технічних, етичних і методологічних викликів, що супроводжують цифрову трансформацію культурного простору.

### 1.3 Аналіз існуючих програмних засобів та наукових рішень

Одним із яскравих прикладів сучасних технологій у сфері музейної справи є проєкт Museum Interactive 3D Virtual Tour [18]. Цей продукт демонструє інтерактивну та занурюючу 3D-віртуальну екскурсію, створену спеціально для культурної спадщини музеїв. Система використовує інтеграцію різних технологій, що дозволяє відвідувачам отримати досвід, схожий на реальне переміщення по музею [9].

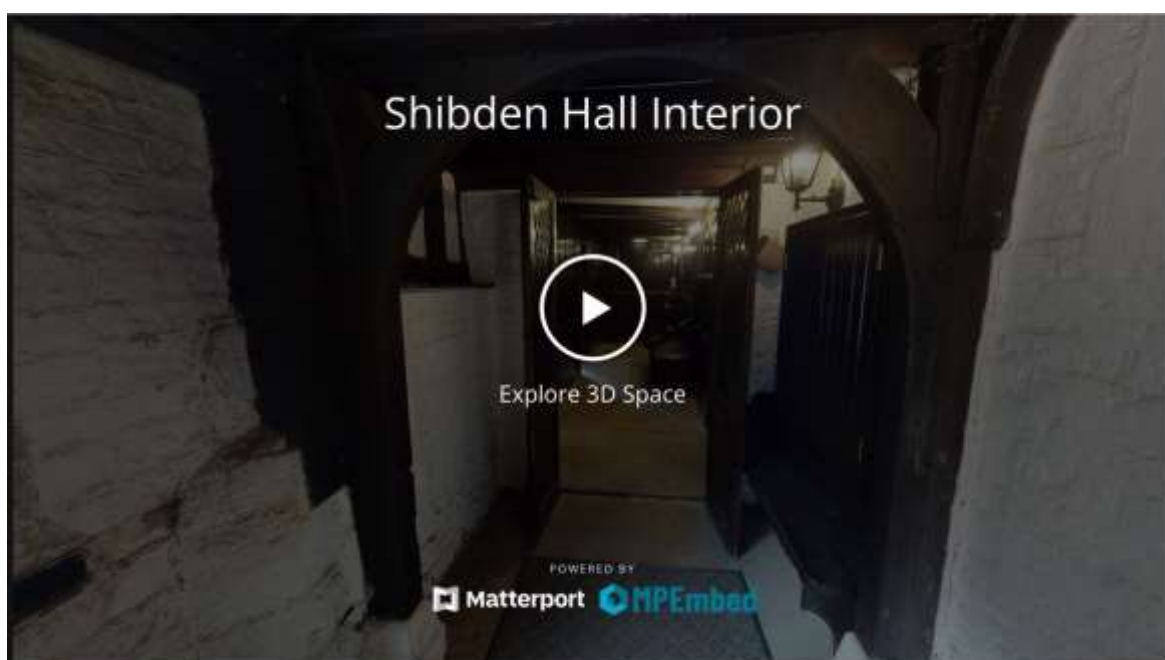


Рисунок 1.1– Головна сторінка Museum Interactive 3D Virtual Tour [18]

На рисунку 1.2 користувача зустрічає цифрова копія двоповерхового музею, створена за допомогою технологій 3D-моделювання. Вона включає в себе віртуальне відтворення архітектурної структури будівлі, окремих залів, переходів між ними, а також експонатів, розміщених у відповідних залах.

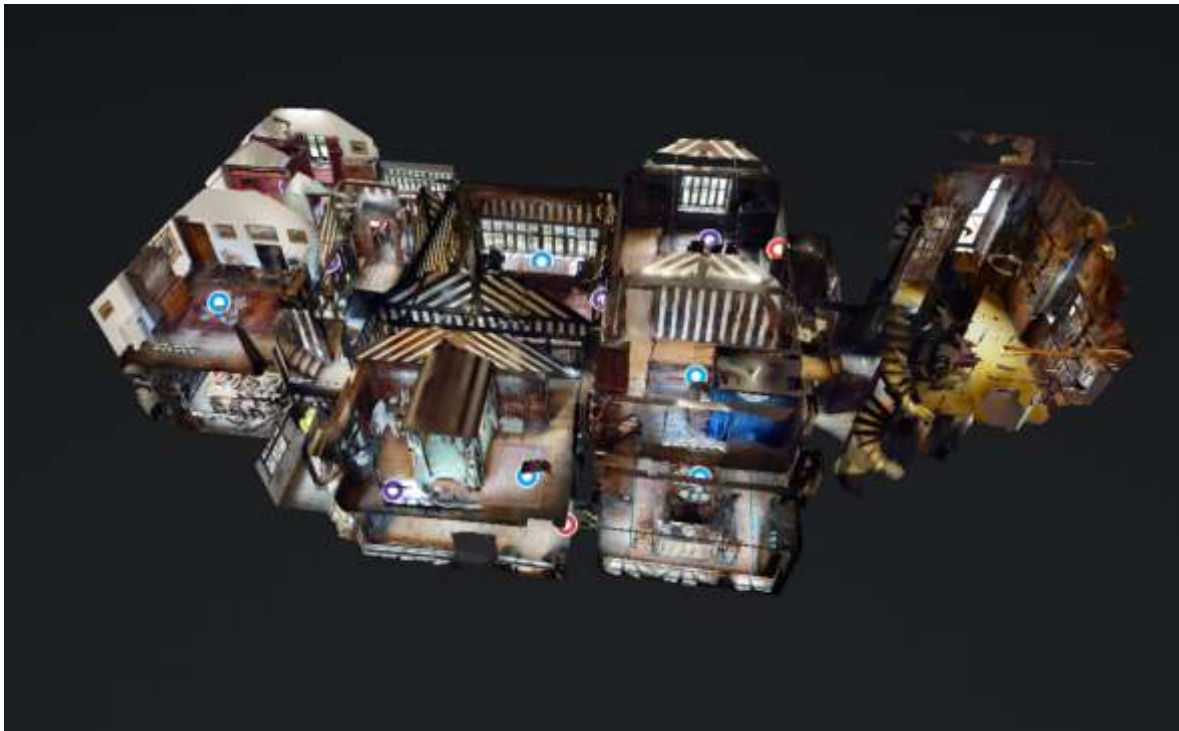


Рисунок 1.2 – Цифрова копія двоповерхового музею [18]

Для переміщення користувач може використовувати клацання по інтерактивних елементах, які позначають переходи між об'єктами або кімнатами (приклад наведено на рисунку 1.3). Крім того, навігація може здійснюватися за допомогою стрілок на клавіатурі або стандартних клавіш керування (WASD), що є звичними для більшості користувачів, особливо в середовищі геймерської аудиторії [19]. Також підтримується сенсорне керування –свайпи на екрані мобільного пристрою або планшета, які дозволяють переходити між різними залами чи просторами. Це забезпечує доступність інтерфейсу на різних платформах. Окрім цього, передбачено функцію масштабування –можливість збільшення або зменшення масштабу зображення, яка реалізується через колесо

прокрутки миші, що дозволяє детальніше розглядати окремі елементи експозиції або краще орієнтуватися в просторі [20].



Рисунок 1.3 – Інтерактивні елементам [13]

Особливістю даної системи є інтеграція інформаційних "гарячих точок" біля експонатів, при клацанні на таких точках відкривається вікно з назвою вибраного об'єкта та відеоплеєром, де демонструється відео з гідом, що розповідає про експонат, що зображено на рисунку [21].

Користувач має можливість переміщуватись по музею, створюючи свій індивідуальний маршрут, або ж скористатися заздалегідь запрограмованими маршрутами з плавними переходами між кімнатами та експонатами.

Серед переваг даного рішення слід відзначити:

- можливість використання VR-технологій, що дозволяє занурити користувача у віртуальну реальність музею [22];
- високу інтерактивність – користувач має змогу вільно пересуватись, взаємодіяти з експонатами та отримувати мультимедійний контент [23];

– інтеграцію мультимедійних засобів – поєднання 3D-моделювання з відео та аудіо супроводом, що значно покращує загальний користувацький досвід [24];

Проте існують і деякі недоліки:

– відсутність локалізації, зокрема підтримки української мови, що обмежує доступність для певних груп користувачів [25];

– відсутність AI-гіда, який дозволив би задавати питання чи уточнювати інформацію про експонати у режимі реального часу [26];

– обмежена адаптивність – система може мати високі апаратні вимоги, що ускладнює її використання на менш потужних пристроях.

Таким чином, аналіз існуючих рішень свідчить про значний потенціал інтеграції сучасних технологій у сфері музейних екскурсій, проте для подальшого розвитку системи необхідно вирішити проблему інтеграції інтелектуальних компонентів. Отримані результати можуть стати основою для впровадження генеративного штучного інтелекту з метою створення інноваційного підходу до організації інтерактивних музейних екскурсій.

#### **1.4 Мета, задачі та вимоги до розробки методу та реалізації інформаційної системи**

В результаті наведеного огляду та аналізу сформульовано наступну мету кваліфікаційної роботи бакалавра: індивідуалізація процесу представлення музею шляхом розробки інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту. Для досягнення поставленої мети пропонується розробити метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту та реалізувати відповідну інформаційну систему у яку інтегрувати цей метод. Отже, сформулюємо наступні завдання:

- 1) проаналізувати стан розробок та наукових статей за предметною областю використання засобів штучного інтелекту для реалізації інтерактивного музейного екскурсовода;
- 2) розробити метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту (розробити систему запитів (prompt-інженерія), для великої мовної моделі для обмеження предметної області та персоналізації відповідей;
- 3) інтегрувати розроблений метод у інформаційну систему яка забезпечуватиме зручне внесення, редагування та перегляд даних про музейні колекції та взаємодію користувачів із системою;
- 4) провести тестування розробленої ІС.

Вимоги до реалізації інформаційної системи:

- сумісність – система має працювати на різних пристроях (комп'ютерах, планшетах, смартфонах) [27];
- інтерактивність – користувач повинен мати легкий доступ до навігації та можливість взаємодії з моделлю музею та AI-гідом [28];
- продуктивність – швидке завантаження контенту та безперебійна робота системи [29];
- локалізація – інтерфейс має бути доступним українською мовою [25];
- безпека – захист даних користувачів та забезпечення стабільної роботи системи [30].

У підсумку, вищезгадані функції забезпечать достатній базовий функціонал для реалізації запропонованого методу. Визначені вимоги слугуватимуть фундаментом для подальшого проектування та розробки інформаційної системи, що відповідатиме потребам користувачів та забезпечить ефективну взаємодію з музейним контентом.

## 1.5 Висновки до розділу 1

Аналіз сучасних інформаційних моделей засвідчує, що їх ефективна інтеграція з генеративними методами штучного інтелекту, а також із технологіями тривимірного моделювання, створює підґрунтя для формування інноваційного інструменту – інтерактивного музейного екскурсовода нового покоління, здатного не лише передавати інформацію, але й адаптуватися до індивідуальних запитів та поведінкових патернів сучасного відвідувача.

Огляд існуючих підходів до вирішення подібних завдань демонструє, що застосування генеративного ШІ разом із великими мовними моделями у контексті музейної справи відкриває нові горизонти для персоналізованої взаємодії з аудиторією. Однак така інтеграція вимагає продуманого врахування низки викликів – від етичних і технологічних аспектів до забезпечення локалізації та кросплатформенності.

Проведений аналіз програмного забезпечення й наукових рішень свідчить про наявність значного потенціалу цифрових технологій у галузі музейних екскурсій. Водночас подальший розвиток таких систем передбачає обов'язкове вирішення питань, пов'язаних із впровадженням інтелектуальних компонентів, що дозволить реалізувати адаптивну, контекстно-чутливу взаємодію з користувачем. Такі результати мають сприяти розробці ефективного методу генеративного штучного інтелекту, орієнтованого на створення дійсно інтерактивного музейного екскурсовода.

Постановка мети, формулювання задач і визначення вимог до інформаційної системи слугують основою для проектування її базової архітектури. У сукупності ці елементи визначають функціонал майбутнього рішення, забезпечуючи його відповідність очікуванням користувачів, ефективність обробки музейного контенту та широкі можливості для подальшого масштабування.

## Розділ 2 Метод та інформаційна система інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту

### 2.1 Метод інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту

Ідея методу та інформаційної системи інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту полягає у взаємодії трьох ключових компонентів, що зображено на рисунку рис. 2.1:

- 1) *віртуального 3D-простору* – віртуальної моделі музею і його експонатів;
- 2) *інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача*, який дозволяє зручно керувати пересуванням у віртуальному просторі, взаємодіяти з інтерактивними елементами та отримувати відповіді;
- 3) *методу генеративного ШІ*, який реалізує логіку інтелектуального екскурсовода – аналізує запити користувача, формує релевантні, емоційно насичені та структуровані розповіді, враховує контекст експозиції й індивідуальні особливості відвідувача.



Рисунок 2.1 – Спрощена схема взаємодії ключових компонентів

Далі розглянемо детально кожну із складових.

Віртуальний 3D простір – це цифрова модель музею, виконана у вигляді інтерактивного середовища. Користувач може вільно переміщуватись по залам, розглядати експонати з різних ракурсів, а також активувати додаткову інформацію за допомогою кліків або голосових команд. Такий простір може бути створений на базі ігрових рушія Unity, з високим рівнем деталізації та реалістичним відтворенням архітектури, освітлення та текстур.

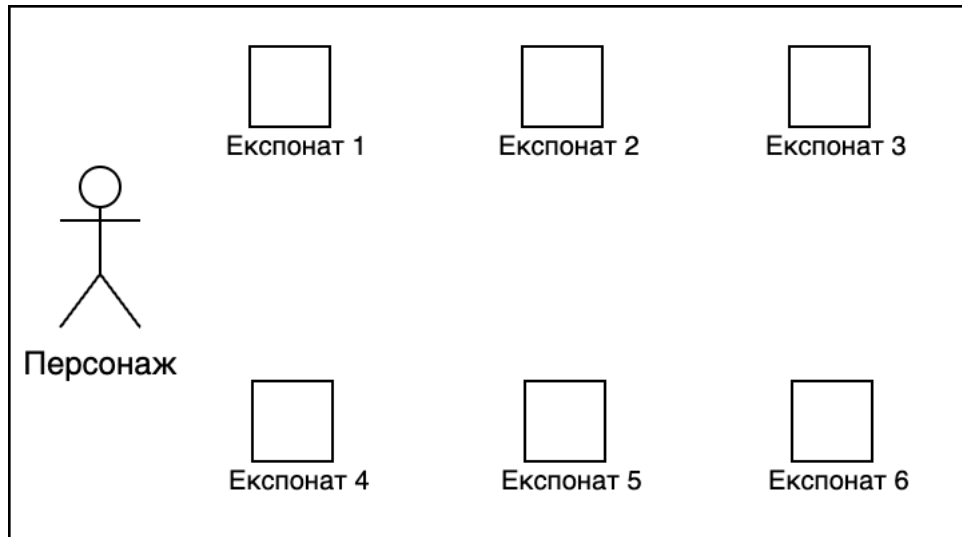


Рисунок 2.2 – 3D простір

Персонаж – це віртуальний аватар, яким користувач керує у 3D-просторі музею. Він виконує функцію основного суб'єкта взаємодії з середовищем, дозволяючи оглядати експонати, переміщатися між залами та активувати діалоги з віртуальним гідом. Управління здійснюється за мишки та клавіатури, схему зображено на рисунку 2.3.

Персонаж керується за допомогою клавіш WASD, що подає двовимірний напрямок руху у вигляді вектора  $(x, y)$ , де:  $x$  – визначає горизонтальний напрям: ліво  $(-)$  або право  $(+)$ ,  $y$  – вертикальний: назад  $(-)$  або вперед  $(+)$ .

Ці значення трансформуються у простір гри як тривимірний напрямок руху, де:  $x$  – переходить у вісь  $X$  (вліво/вправо),  $y$  – у вісь  $Z$  (вперед/назад), вісь  $Y$  лишається сталою (звичайно,  $0$ ), оскільки рух відбувається по горизонтальній площині. Отже, напрямок руху персонажа у просторі описується як вектор напрямку:  $(x, 0, y)$ .

Щоб забезпечити плавний та реалістичний рух, використовується нормалізація вектора напрямку, а також множення на швидкість персонажа та на час одного кадру (для врахування частоти оновлення екрана). Таким чином отримується кінцева швидкість руху (velocity). Загальна фізична формула: швидкість = нормалізований напрямок  $\times$  швидкість руху  $\times$  час кадру.

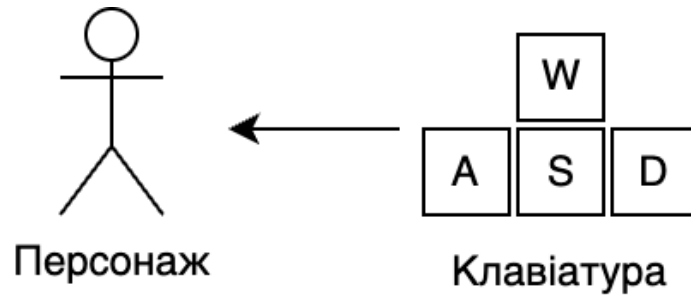


Рисунок 2.3 – Схема управління персонажем у віртуальному просторі

Це дозволяє досягти незалежності руху від продуктивності пристрою – незалежно від FPS, персонаж рухається однаково.

Також передбачено зіткнення з об'єктами навколишнього середовища: фізичні стінки, підлога чи бар'єри обмежують рух, запобігаючи проходженню крізь об'єкти.

Камера слідує за персонажем і обертається залежно від руху мишки або стика геймпада. Кути повороту обчислюються з `mouseX` та `mouseY` із урахуванням чутливості, а орієнтація задається векторами Ейлера (`pitch, yaw, 0`).

Завдяки цьому камера обертається плавно, інтуїтивно реагуючи на рух користувача, дозволяючи розглядати експонати з різних кутів.

Усі експонати в музеї є об'єктами для огляду та взаємодії, кожен із яких має власні візуальні, смислові та інформаційні характеристики.

- *назва* – унікальний текстовий ідентифікатор, що відображається в UI при наведенні або взаємодії;

- *3D-модель* – спрощене візуальне відображення реального об'єкта.

- *розташування у просторі* – кожен експонат розміщується в конкретній позиції сцени за координатами ( $x, y, z$ );

- *зона колізії* – навколо кожного експоната розміщується невидима зона активації, яка реагує на наближення персонажа та дозволяє показати додаткову інформацію.

Інтерфейс призначений для забезпечення зручного та зрозумілого керування інтерактивним екскурсоводом, що зображено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Схема інтерфейса користувача

Він реалізується у вигляді базових графічних елементів, розташованих на екрані поверх 3D-візуалізації музею, і складається з таких основних компонентів:

1. Текстовий блок з прокруткою:

- відображає згенеровану відповідь екскурсовода;
- підтримує скролінг, що дозволяє переглядати довгі тексти;
- автоматично оновлюється при кожному новому запиті.

2. Поле введення запиту:

– призначене для введення текстового питання або голосового запиту користувачем;

- підтримує як короткі, так і довгі фрази;
- може мати підказку у стилі "Введіть запит...".

3. Кнопка «Відправити»:

- ініціює відправку введеного тексту до генеративного ШІ;
- після натискання;
- текст передається на обробку;

- очікується відповідь;
- результат відображається в текстовому блоці з прокруткою.

#### 4) Кнопка «Записати голос»:

- активує голосове введення через мікрофон;
- після активації: починається запис аудіо;
- голос користувача перетворюється на текст (розпізнавання мови);
- згенерований текст з'являється у полі введення;
- далі може бути надісланий як звичайний текстовий запит.

Отже, інтерфейс є ключовим елементом взаємодії користувача з віртуальним музеєм. Його простота, логічність і доступність забезпечують комфортну навігацію, залучаючи широку аудиторію та сприяючи ефективному сприйняттю інформації.

Запропонований метод реалізації діалогу інтерактивного екскурсовода – базується на генеративному штучному інтелекті, що у сучасних умовах цифровізації музейної справи дає змогу створювати адаптивні системи супроводу, здатні не лише відтворювати підготовлений контент, а й формувати індивідуальні відповіді в реальному часі завдяки генеративним мовним моделям.

Для ефективної реалізації підходу необхідне розуміння алгоритму взаємодії користувача з системою – від запиту до генерації відповіді. Логіку роботи схеми зображено на рисунку 2.5, яка відображає етапи обробки даних: від введення до створення змістовної відповіді за допомогою ШІ.

Процес починається з вхідного запиту користувача. Далі запит надходить до блока обробки, де активуються алгоритми генеративного штучного інтелекту. Ці алгоритми аналізують запит, зіставляють його з відповідними даними про експонати, просторову модель музею та профіль користувача.

На основі цього аналізу система формує вихідні дані – змістовну, контекстуально релевантну відповідь, яка подається користувачу у зручному для сприйняття форматі.

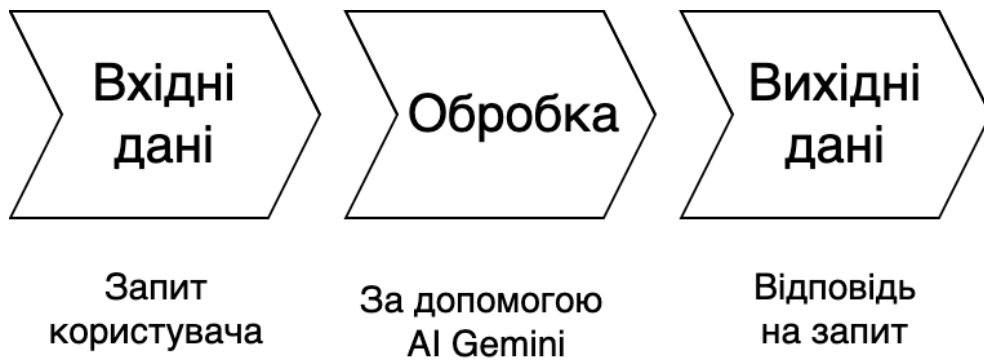


Рисунок 2.5 – Схема методу взаємодії

Для повного розуміння принципу роботи інтерактивного музейного екскурсовода на базі генеративного штучного інтелекту доцільно розглянути покрокову схему його функціонування .

Вхідним етапом виступає запит користувача, який задає напрямок подальшої обробки: це може бути питання про експонат, загальна інформація про музей, запит на індивідуальний маршрут або рекомендації щодо інших залів. Саме цей запит стає основою для створення відповіді інтелектуальною системою.

Обробка запиту за допомогою генеративного ШІ включає ключовий етап – *prompt engineering*, який забезпечує точну інтерпретацію наміру користувача та вибір релевантної інформації [32]. На цьому етапі великі мовні моделі виконують семантичний аналіз запиту, визначають контекст і предметну область, зіставляючи отримані дані з базою знань про музей. Завдяки персоналізації відповідь адаптується до індивідуального профілю відвідувача – його інтересів, історії взаємодій та поведінки.

Вихідні дані – це персоналізована відповідь системи, що враховує інтереси, рівень обізнаності та контекст запиту користувача [33]. Вони можуть включати текстові описи експонатів, аналітичні коментарі, культурні інтерпретації та зв'язки з іншими об'єктами.

*Prompt engineering* є визначальним елементом у забезпеченні якісної взаємодії з генеративним штучним інтелектом, оскільки дає змогу отримувати логічні, інформативні та персоналізовані відповіді, що враховують контекст експозиції та індивідуальні запити користувача.

Важливою перевагою запропонованого методу є здатність системи постійно адаптуватися до поведінки та потреб відвідувачів, що робить взаємодію інтуїтивною та комфортною.

Особливу роль у цьому відіграє грамотно сформульований промпт: його структура визначає якість, логічність і персоналізованість згенерованих відповідей, забезпечуючи чітку та ефективну взаємодію

Зокрема, структура промта містить такі елементи:

1) *роль* – задається особистість штучного гіда, яка включає визначені риси характеру, манеру спілкування, рівень професійної компетентності та стиль поведінки, відповідно до концепції музею;

2) *контекст* – визначає загальну інформаційну рамку, в межах якої штучний інтелект генерує відповіді; це може включати перелік експонатів, історичні епохи, ключові події, культурні особливості тощо;

3) *задача* – формулює мету конкретної взаємодії між користувачем і системою; її чітке формулювання задає очікуваний результат, наприклад: надати інформативну, емоційно захопливу розповідь або дати лаконічну відповідь на фактологічне питання;

4) *приклад* – наведення зразка бажаної відповіді, що орієнтує штучний інтелект на очікуваний формат, стиль, інтонацію та обсяг відповіді; це дозволяє досягти більшої точності й відповідності очікуванням користувача навіть при варіативності запитів;

5) *формат* – окреслює структуру текстової відповіді: типові звертання до користувача, рекомендований обсяг, форматування та стилістичні особливості (наприклад, використання коротких абзаців, емодзі, риторичних запитань тощо), що підвищує зручність сприйняття інформації;

6) *тон* – визначає емоційну атмосферу взаємодії: від теплої, дружньої до офіційної чи науково-популярної, завдяки цьому відповідь набуває

живого звучання і природного стилю, що наближає її до спілкування з реальною людиною.

Приклад промпта для генерації з використання засобів генеративного штучного інтелекту:

1) *роль* – ти досвідчений музейний гід з глибокими знаннями в мистецтві, історії та археології, здатний адаптувати складну інформацію для різних категорій відвідувачів, від дітей до дослідників;

2) *контекст* – створити доступну та захопливу розповідь про українські музейні експонати з історичною, культурною або художньою цінністю, що відповідають заявленому періоду та інтегруються в загальну експозицію;

3) *задача* – згенерувати захопливу розповідь про експонат, включаючи опис зовнішнього вигляду, історію, цікаві факти, легенди та його вплив на національну культуру і науку. Розповідь повинна викликати емоції захоплення або цікавості;

4) *приклад* – якщо експонат це картина, опиши техніку, кольорову палітру, задум художника, історію створення та як вона сприймалася в різні епохи. Якщо це артефакт, поясни його призначення, з чого його зроблено, як його використовували й що він символізує.

5) *формат* – відповідь повинна бути структурована в 2–3 абзацах, з чітким вступом, основною частиною та завершенням. Використовувати особисте звертання до користувача, яскраві метафори, живі образи;

6) *тон* – легкий, щирий і професійний, схожий на живу розмову з гідом, уникаючи академічної сухості та складної термінології.

Таким чином, запропонована система інтерактивного музейного екскурсовода на основі генеративного штучного інтелекту формує цілісне цифрове середовище, де поєднуються віртуальна присутність, зручне управління та інтелектуальна взаємодія. Завдяки 3D-моделі музею користувач має можливість вільно пересуватись та оглядати експозицію у візуально

реалістичному середовищі. Інтуїтивний інтерфейс забезпечує просту навігацію та зворотний зв'язок, а генеративний ШІ адаптується до потреб користувача, пропонуючи емоційно насичені, контекстно релевантні розповіді про експонати.

## **2.2. Особливості інтеграції інтелектуального інтерактивного музейного екскурсовода у інформаційну систему**

Інтеграція цифрового екскурсовода на основі штучного інтелекту у музейну інформаційну систему передбачає побудову гнучкої, масштабованої та модульної архітектури, яка забезпечує плавну взаємодію між користувачем і системою через голосові та текстові інтерфейси. Така система має відповідати функціональним та нефункціональним вимогам: бути адаптивною до різних сценаріїв використання, стабільною, розширюваною та зручною в обслуговуванні.

Основні принципи архітектури:

1. Клієнтська частина відповідає за:

- прийом голосових запитів користувача;
- візуалізацію інтерфейсу;
- озвучення відповідей;
- забезпечення користувацького досвіду в режимі реального часу.

2. Модульність. Кожен компонент реалізується як окремий модуль зі своєю відповідальністю.

- Whisper – перетворення голосу в текст;
- Gemini – генерація відповіді на основі запиту;
- UnityRustTts – перетворення тексту у мову.

Завдяки такій структурі будь-який модуль може бути оновлений, вдосконалений або замінений без потреби модифікації решти системи, що значно спрощує її підтримку та адаптацію до нових технологічних рішень. Такий підхід сприяє довгостроковій стабільності системи та її готовності до інтеграції з додатковими сервісами або новими функціональними блоками.

Для досягнення цієї мети система реалізується як набір взаємопов'язаних модулів, кожен з яких виконує окрему функцію: розпізнає мову, аналізує запит, генерує змістовну відповідь та озвучує її. Такий підхід дозволяє забезпечити масштабованість, адаптивність і незалежність кожного компонента, що є критично важливим для розширення функціоналу та подальшої інтеграції нових технологій.

На рисунку 2.2 представлено детальну схему роботи екскурсовода, а також пояснення до кожного етапу – від голосового звернення користувача до озвученої інтелектуальної відповіді.



Рисунок 2.2 – Схема інтелектуального музейного екскурсовода

Нижче подано детальний опис інтеграційної схеми інтелектуального музейного екскурсовода, що ілюструє, як саме обробляються запити користувачів – від моменту озвучення питання до отримання голосової відповіді:

#### 1. Голосовий запит користувача.

Користувач ініціює взаємодію з цифровим гідом за допомогою голосу, промовляючи запитання або команду. Це може бути як загальне звернення ("Розкажи про цей експонат"), так і деталізоване питання, що стосується конкретної теми або об'єкта ("Хто створив цю скульптуру?", "До якого періоду

належить ця картина?"). Голосовий запит може бути зроблений у будь-який момент під час огляду експозиції, завдяки чому забезпечується природна та безперервна взаємодія.

2. STT: Whisper – інтеграційна модель для перетворення мовлення у текст [36].

Whisper – це високоточна модель розпізнавання мовлення від OpenAI, яка застосовується для обробки аудіозапиту користувача та трансформації його у текстову форму. Вона вирізняється стійкістю до шумів, варіацій акцентів і швидкості мовлення [37].

Можливості та параметри:

- підтримка декількох мов для мультикультурного середовища;
- асинхронна обробка для забезпечення плавного досвіду;
- гнучкість у використанні – як локально (офлайн), так і через сервер (онлайн), залежно від потреб.

3. Текстовий запит.

Після конвертації аудіо в текст, система формує текстовий запит до мовної моделі. На цьому етапі можуть застосовуватись фільтрація шумів, семантична нормалізація, заміна змінних на контекстно-орієнтовані значення (наприклад, назви експонатів або залів), а також структуризація запиту для кращого розуміння системою.

4. AI-модуль: Gemini – генерація відповіді.

Gemini виступає як обгортка для Google Gemini – сучасної великої мовної моделі, яка відповідає на запити, ґрунтуючись на знаннях, контексті і мовних патернах [38]. Вона дозволяє інтерактивну роботу з цифровим гідом, забезпечуючи природне спілкування.

Можливості та параметри:

- підтримка передових LLM від Google з високим рівнем точності;
- взаємодія через REST API, що відкриває доступ до широкого спектру функцій;
- просте налаштування через API-ключ без складної конфігурації;

- асинхронна обробка запитів для підтримки швидкодії системи.

5. Згенерована відповідь. AI-модель повертає готову відповідь, яка може містити:

- конкретні фактологічні дані про експонат (автор, дата створення, техніка);
- історичні довідки або анекдоти;
- культурні контексти або цікаві факти, що поглиблюють розуміння об'єкта.

6. TTS: UnityRustTts – перетворення тексту на голос [39].

UnityRustTts – це потужний інструмент для синтезу мовлення в ігровому рушії Unity, який використовує backend на Rust для досягнення високої швидкості та якості озвучення. Він дозволяє створювати реалістичний, плавний голосовий супровід [40].

Можливості:

- використання локального Rust backend без зовнішніх підключень, що гарантує конфіденційність;
- миттєва генерація аудіо у форматі, готовому до програвання;
- можливість кастомізації голосу (стать, мова, емоційне забарвлення, тембр).

7. Вихід голосом – заключний етап, на якому відповідь відповідь озвучується у режимі реального часу через динаміки пристрою. Озвучений текст звучить природно, з паузами та інтонаціями, що покращує сприйняття інформації. Це дозволяє користувачу отримати якісний аудіосупровід, не відволікаючись від огляду експозиції, створюючи ефект живого діалогу з віртуальним гідом.

Інтеграція цифрового екскурсовода на базі штучного інтелекту в музейну інформаційну систему забезпечує гнучку, масштабовану та модульну архітектуру, що дозволяє ефективно обробляти голосові запити, генерувати відповіді та озвучувати їх у реальному часі. Завдяки використанню технологій, таких як Whisper для розпізнавання голосу, Gemini для генерації відповідей і

UnityRustTts для синтезу голосу, система забезпечує зручний і інтерактивний досвід для користувачів, дозволяючи безперешкодно масштабувати і оновлювати компоненти без порушення функціональності.

### 2.3. Проектування інформаційної системи

Інформаційна система є центральним елементом реалізації інтерактивного музейного екскурсовода, що забезпечує інтеграцію віртуального середовища, користувацького інтерфейсу та генеративного штучного інтелекту в єдину функціональну платформу. Вона відповідає за координацію дій усіх модулів, обробку запитів користувача, генерацію відповідей і взаємодію з об'єктами 3D-простору.

Для наочного представлення процесів розробки застосунку використовуються різноманітні діаграми.

На рисунку 2.3 зображено діаграму активності, де відбувається послідовність обробки запиту користувача, починаючи з моменту надходження запиту до отримання відповіді або повідомлення про її відсутність.

- 1) Початковий стан – запуск сценарію з моменту надходження запиту користувача.
- 2) Вхідні дані – система приймає текстовий запит, який слугує вхідною інформацією.
- 3) Обробка за допомогою AI Gemini – запит аналізується мовною моделлю, яка формує потенційну відповідь.
- 4) Перевірка відповідності контексту – здійснюється перевірка, чи належить запит до тематики музею. На цьому етапі система за допомогою AI Gemini виконує аналіз запиту користувача, щоб визначити, чи він належить до тематики музею. Це досягається завдяки правильно сформульованому структурованому промпту, який обмежує знання ШІ лише в межах музейного контенту.

– якщо ні – система переходить у стан «No Answer», інформуючи користувача про неможливість надати відповідь;

– якщо так – генерується відповідь та передається користувачеві.

5) Вихідні дані – завершальний стан, коли користувач отримує відповідь або повідомлення про її відсутність.

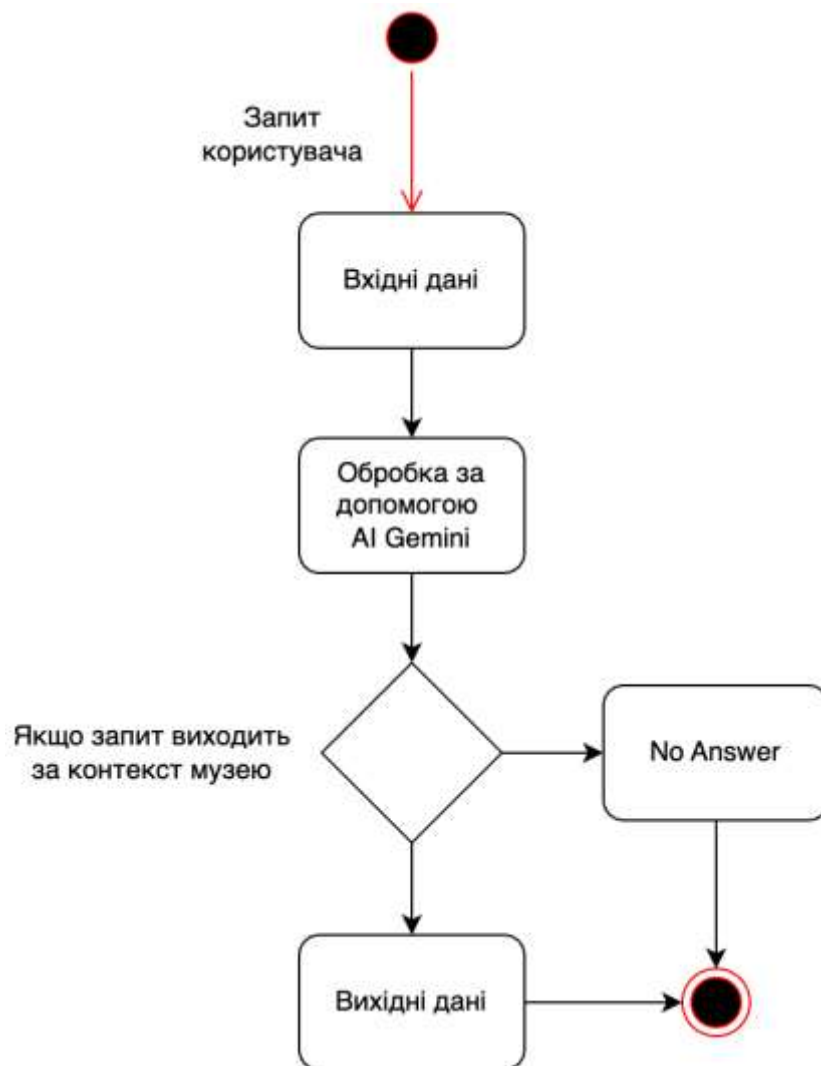


Рисунок 2.2 – Діаграма активності роботи методу

Діаграма станів використовується для моделювання поведінки об'єкта залежно від змін його внутрішнього стану або зовнішніх подій. У даному випадку діаграма ілюструє логіку перемикання між двома основними станами персонажа залежно від натискання клавіш WASD:

– *стан спокою* – Об'єкт перебуває у спокої, не здійснюється жодних дій щодо переміщення;

– *стан руху* – об'єкт рухається відповідно до натиснутих клавіші.

Якщо затиснуті клавіші WASD, то відбувається перехід до стану руху, в іншому випадку в стан спокою.

Діаграму станів персонажа зображено на рисунку 2.3.

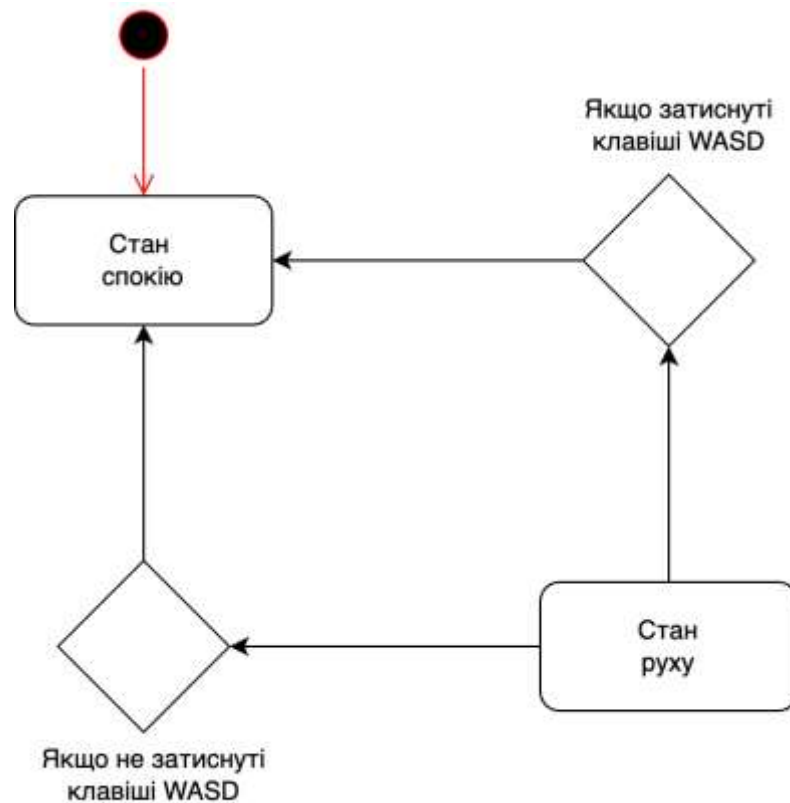


Рисунок 2.3 – Діаграма станів керування персонажа

Отже, інформаційна система виступає ключовим компонентом у реалізації інтерактивного музейного ексурсовода. Для наочного пояснення її функціонування були використані дві діаграми: діаграма активності – для опису покрокового алгоритму роботи методу в системі, та діаграма станів персонажа – для відображення змін стану залежно від взаємодії користувача з інтерфейсом керування.

## 2.4 Висновки до розділу 2

У результаті реалізації методу інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту було створено інноваційний підхід до віртуальної музейної комунікації, що поєднує технології 3D-моделювання, штучного інтелекту та зручного інтерфейсу управління. Така система не лише покращує доступність культурного контенту, а й забезпечує індивідуалізований досвід взаємодії з музеєм, підвищуючи залученість користувачів та ефективність передачі інформації.

Таким чином, інтеграція інтелектуального інтерактивного музейного екскурсовода в інформаційну систему показує, як використання передових технологій забезпечує ефективну, масштабовану та модульну архітектуру. Використання таких технологій, як Whisper для розпізнавання голосу, Gemini для генерації відповідей і UnityRustTts для синтезу голосу, дозволяє ефективно обробляти голосові запити, генерувати відповіді та озвучувати їх у реальному часі. Це створює зручний та інтерактивний досвід для користувачів, при цьому система залишається гнучкою, з можливістю масштабування та оновлення компонентів без порушення її функціональності.

Підсумовуючи, проектування інформаційної системи показує, що вона є ключовим елементом для реалізації інтерактивного музейного екскурсовода. Для наочного пояснення її роботи були використані дві важливі діаграми. Перша – діаграма активності, яка описує покроковий алгоритм виконання методу в системі, дозволяючи зрозуміти послідовність дій, що виконуються під час взаємодії з екскурсоводом. Друга – діаграма станів персонажа, що відображає зміни стану користувача в залежності від його взаємодії з інтерфейсом керування, що дає змогу візуалізувати різні сценарії та реакції системи на дії користувача. Ці діаграми допомагають чітко уявити, як система функціонує та як вона реагує на введення користувача.

## **Розділ 3 Експериментальне дослідження запропонованого методу та інформаційної системи**

### **3.1 Опис реалізації інформаційної системи**

Реалізація застосунку є ключовим етапом створення інтерактивної інформаційної системи, що супроводжує користувачів під час віртуального ознайомлення з експозицією. Вона формує основу персоналізованої, доступної та інтуїтивної взаємодії з контентом на базі генеративного ШІ. Архітектура враховує сучасні вимоги до адаптивності, масштабованості та мовної локалізації, що критично важливо для забезпечення якісного користувацького досвіду в різних умовах.

Система поділена на інтерфейс користувача та програмну логіку. Така структура забезпечує чіткий розподіл відповідальності між візуальним відображенням і внутрішніми процесами обробки даних.

Інтерфейс забезпечує зручну навігацію: перегляд експозиції, вікно інформації, панель запитів і голосові функції. Користувач може навести камеру на об'єкт, отримати його ідентифікацію та поставити запитання, отримуючи відповіді у вибраній мові – це створює ефект живої взаємодії з AI-гідом. Програмна логіка відповідає за обробку введення, генерацію відповідей, локалізацію та взаємодію з сервісами штучного інтелекту.

Кожен функціональний елемент реалізований як окремий сервіс через інтерфейс, що сприяє модульності, гнучкості та тестованості коду. Для опису логіки та структури класів створено діаграми класів, які представлені в репозиторії проєкту GitHub, де міститься README.md, який містить короткий гайд англійською мовою для ознайомлення проєкту [41].

Service Models – це підхід до організації архітектури застосунку, що передбачає поділ функціональності на окремі, чітко визначені сервіси. Кожен сервіс виконує конкретну роль у системі, що підвищує її гнучкість, тестованість

та масштабованість [42]. Згідно з цим підходом у проєкті було спроектовано `InputService`, `IPromptService`, `IOutputService`, що зображено на рисунку 3.1:

- *InputService* – відповідає за отримання даних від користувача.
- *IPromptService* – формує та надсилає запит до мовної моделі.
- *IOutputService* – забезпечує виведення результату користувачу.



Рисунок 3.1 – Діаграма класів `InputService`, `IPromptService`, `IOutputService`

Сервіс `InputService` визначає єдиний контракт для модулів, що відповідають за отримання запиту від користувача в різних формах, та має такі реалізації:

- *TextInputService* – зчитує запити, введені користувачем вручну через UI-поле;
- *WhisperVoiceInputService* – використовує модель Whisper від OpenAI для розпізнавання голосових запитів, трансформуючи мовлення у текст [37];
- *MultiVoiceInputService* – комбінує голосове та текстове введення, дозволяючи системі гнучко адаптуватися до вподобань користувача.

Цей підхід забезпечує природну, зручну взаємодію: користувач може на будь-якому етапі звернутися голосом чи текстом, а система – точно розпізнає і передасть запит на подальшу обробку.

Діаграму класів `InputService` та його реалізацій зображено на рисунку 3.2.

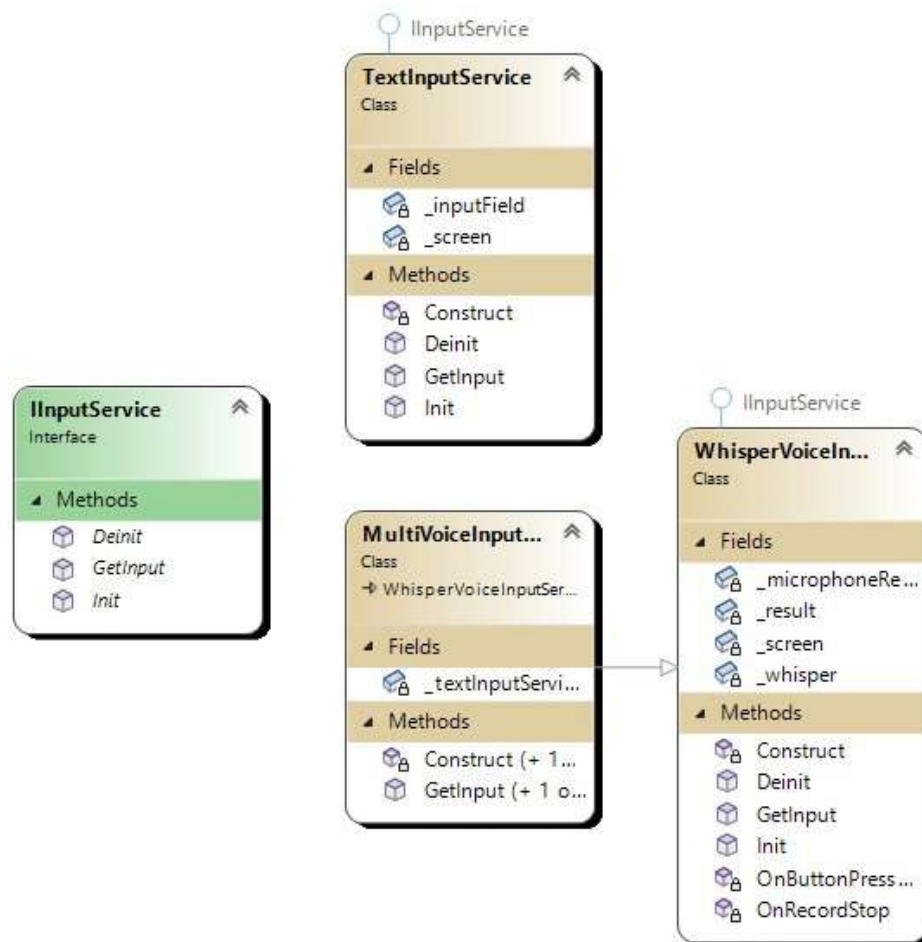


Рисунок 3.2 – Діграма класів InputService та його реалізацій

Сервіс IPromptService визначає єдиний контракт для модулів, що формують та обробляють запит до мовної моделі штучного інтелекту на основі текстових або голосових даних, та має такі реалізації:

Використовує API Google Gemini – сучасної великої мовної моделі (LLM) для генерації відповіді [38].

Основні можливості:

- робота з передовими моделями Gemini Pro чи аналогічними;
- інтеграція через REST API з простим налаштуванням (через API-ключ);
- асинхронне надсилання запиту та отримання результату;
- високий рівень точності й адаптації до контексту.

На початковому етапі GoogleGeminiPromptService використовує промпт-інженіринг для навчання та адаптації мовної моделі до ролі цифрового гіда. Сам

промпт це спеціально сформований текст, що визначає роль моделі, контекст взаємодії, завдання, формат відповіді, тон, а також може включати приклади.

Діграму класів IPromptService та його реалізацій зображено на рисунку 3.3.

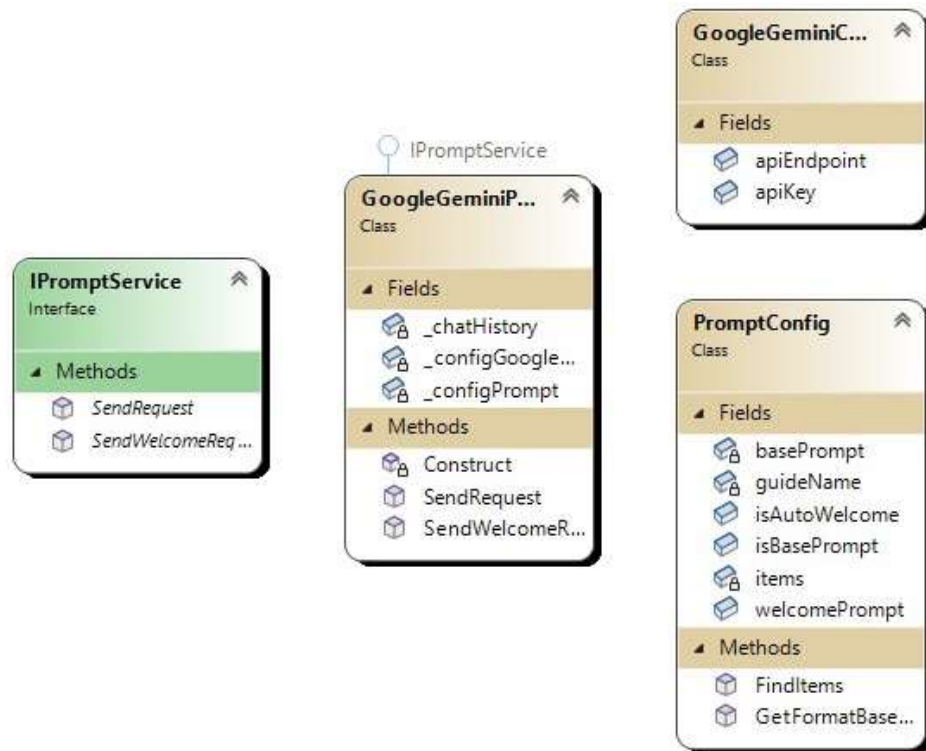


Рисунок 3.3 – Діграма класів IPromptService та його реалізацій

Сервіс *IOutputService* визначає єдиний контракт для модулів, що відповідають за виведення відповіді користувачеві, та має метод *SetOutput(string text)*, який передає згенеровану інформацію на відповідний канал виводу. Його реалізації забезпечують текстовий, голосовий або комбінований вихід, що дозволяє адаптувати інтерфейс до різних сценаріїв використання:

- *TextOutputService* – виводить згенерований текст на екран у зручному для читання форматі;
- *VoiceOutputService* – озвучує відповідь у реальному часі через вбудовану TTS-систему *UnityRustTts* [40];
- *MultiOutputService* – комбінує вивід тексту на екран із його синхронною озвучкою, забезпечуючи повноцінну мультимодальну взаємодію.

Заключний етап – вивід голосом – передбачає реальне озвучення відповіді з інтонаціями, паузами та акцентами, що імітують живу мову. Це підсилює ефект присутності та занурення, дозволяючи користувачу взаємодіяти з цифровим гідом, не відволікаючись від огляду експозиції.

Діаграму класів `IOutputService` та його реалізацій зображено на рисунку 3.4.

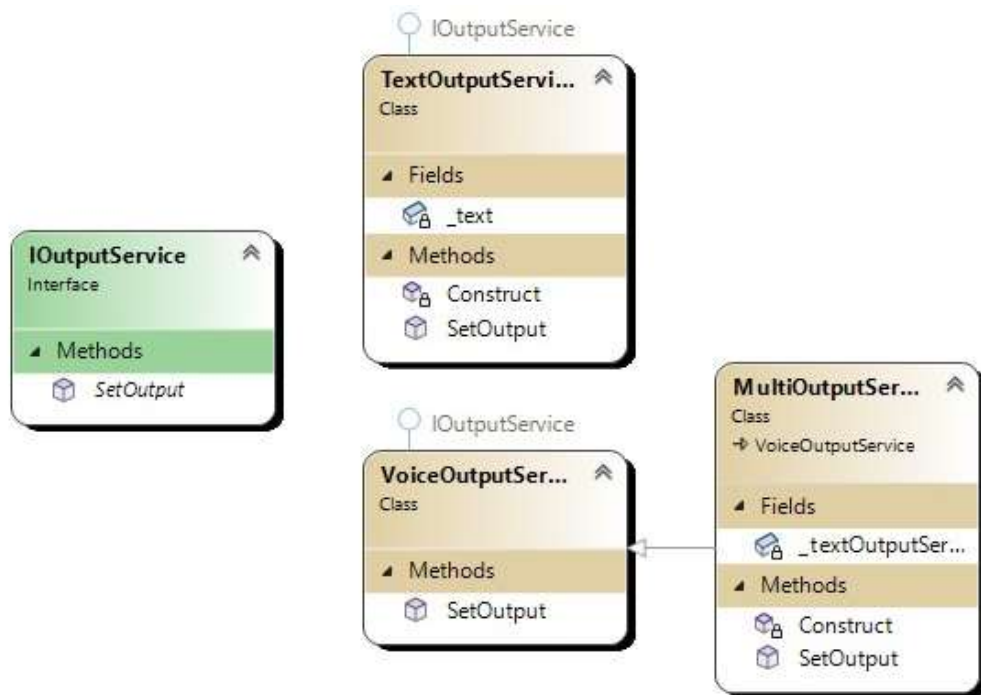


Рисунок 3.4 – Діаграма класів `IOutputService` та його реалізацій

Сервіс `IPlayerInput` відповідають за обробку вводу користувача, зокрема вибір напрямку руху та взаємодії з персонажем. Його основною реалізацією виступає `PcPlayerInput` – сервіс, який орієнтований на настільні комп’ютери, що забезпечує зчитування сигналів із клавіатури або миші. Отримані сигнали інтерпретуються як напрями переміщення або повороту та передаються в систему навігації.

Для цього передбачено дві допоміжні структури:

– *MoveDirection* – визначає базові напрями переміщення (вперед, назад, ліворуч, праворуч), забезпечуючи зручну абстракцію для реалізації логіки переміщення користувача у віртуальному середовищі;

– *RotateDirection* – описує напрями повороту (вліво, вправо), що дозволяє моделювати зміну орієнтації користувача під час взаємодії з об'єктами експозиції.

Завдяки чіткому розділенню обов'язків між цими компонентами, система вводу залишається масштабованою та легко адаптується до альтернативних джерел керування – наприклад, сенсорних екранів, контролерів віртуальної реальності або голосового керування. Діаграму класів *IPlayerInput* та пов'язаних із ним типів наведено на рисунку 3.5.

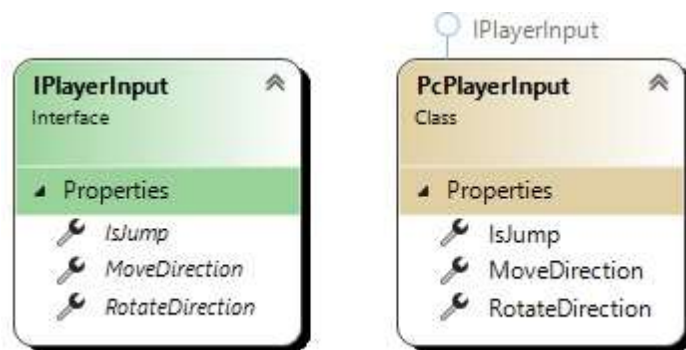


Рисунок 3.5 – Діаграма класів *IPlayerInput* та його реалізацій

Реалізація інформаційної системи продемонструвала ефективність модульного підходу до побудови застосунку, де чітке розмежування відповідальностей між сервісами введення, генерації запитів та виводу забезпечило масштабованість, гнучкість і зручність користування. Завдяки використанню сучасних мовних моделей, підтримці голосової взаємодії та адаптивному інтерфейсу, система створює ефект живого спілкування з цифровим гідом, що значно підвищує якість ознайомлення користувача з експозицією. Особлива увага приділялась локалізації, що дозволяє інтерактивно взаємодіяти з контентом різними мовними групами. Такий підхід формує технологічно сучасне та доступне середовище для вивчення культурної спадщини.

### 3.1.1. Опис інтерфейсу користувача

Робота з методом створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту розпочинається з головного екрану додатку, що зображено на рисунку 3.6. Інтерфейс було спроектовано таким чином, щоб забезпечити інтуїтивну взаємодію користувача з віртуальним середовищем, дозволяючи легко орієнтуватися в експозиції, звертатися до екскурсовода голосом або текстом та отримувати відповідь у зручному форматі.



Рисунок 3.6 – Головний екрану

Персонаж перебуває в інтерактивному віртуальному музеї, де має змогу вільно пересуватися у просторі за допомогою стандартних клавіш керування WASD. Орієнтація камери здійснюється через рухи миші: користувач може оглядати експонати, повертати огляд на всі боки та наближатися до об'єктів інтересу, що створює ефект повного занурення в середовище.

У нижній лівій частині інтерфейсу розташоване текстове поле, в якому користувач може ввести своє ім'я. Це ім'я використовується системою у відповідях гіда для створення персоналізованого досвіду спілкування, підвищуючи залученість користувача та формуючи враження живого діалогу.

У верхньому лівому куті екрана в режимі реального часу відображається назва експоната, що зображено на рисунку 3.7, який користувач на даний момент навів курсор миші. Якщо курсор не спрямований на жоден з об'єктів, це поле залишається порожнім, що допомагає уникати інформаційного перевантаження.



Рисунок 3.7 – Скріншот показу вибраного поточного експоната

Основний інтерфейс взаємодії з музейним AI-гідом розташований праворуч на екрані та складається з кількох ключових елементів:

- 1) Поле введення «Вхідні дані» – для текстових або голосових запитів.
- 2) Кнопка «Записати» – активує мікрофон, перетворює мову в текст і вставляє його у поле введення.
- 3) Кнопка «Відправити» – надсилає текст до ШІ.
- 4) Текстовий блок «Вихідні дані» – показує відповіді гіда, підтримує прокрутку та оновлюється.

Інтерфейс є основним засобом комунікації користувача з віртуальним гідом та середовищем музею загалом. Його простота, логічна структура та зрозумілі елементи керування забезпечують доступність навіть для користувачів без технічного досвіду, тим самим роблячи систему привабливою для широкої аудиторії.

Користувач може навести курсор на будь-який експонат, після чого у верхньому лівому куті автоматично з'являється назва цього об'єкта. Далі користувач може задати запит про нього у поле «Вхідні дані», скориставшись клавіатурою або натиснувши кнопку «Записати» для голосового запиту.

Далі після натиску на кнопку «Відправити» AI-гід обробить поле введення «Вхідні дані» і виведення в відповідь в текстовий блок «Вихідні дані», що зображено на рисунку 3.8.

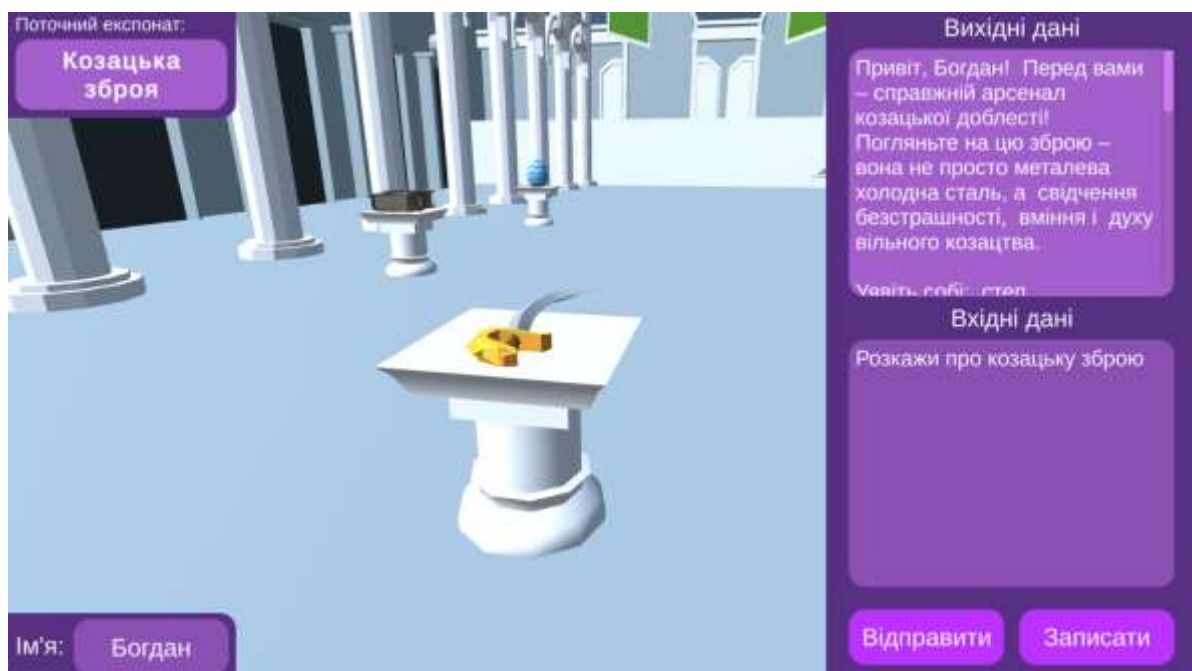


Рисунок 3.8 – Скріншот показу виведення відповіді в текстовий блок «Вихідні дані»

Інтерфейс користувача відіграє ключову роль у забезпеченні ефективної взаємодії між відвідувачем віртуального музею та системою штучного інтелекту. Завдяки інтуїтивно зрозумілій структурі, підтримці як текстового, так і голосового введення, а також персоналізованому підходу, користувач отримує комфортний та захопливий досвід.

Інтерфейс не перевантажений зайвими елементами, що дозволяє зосередитися на дослідженні експозиції та взаємодії зі змістом. Динамічні підказки, візуальні акценти та адаптація до потреб користувача сприяють глибшому зануренню в культурний контекст.

### 3.1.2. Діаграма класів

Архітектура програмного забезпечення є визначальним чинником у процесі створення будь-якої програми, оскільки саме вона дозволяє ефективно масштабувати і підтримувати систему. У даному проєкті реалізовано архітектурну підхід Bootstrapper + Service Models, що передбачає єдину точку входу в додаток, яка ініціалізує сервіси, необхідні для функціонування системи.

Dependency Injection (впровадження залежностей) – це підхід до керування залежностями між програмними компонентами, за якого об'єкти не створюють свої залежності самостійно, а отримують їх іззовні, через спеціальний конфігураційний механізм або контейнер [43]. Такий підхід сприяє слабкому зв'язуванню між класами, що покращує гнучкість архітектури, підвищує повторне використання коду та спрощує підтримку великих систем.

У проєкті використано Zenject – потужний DI-контейнер для Unity, який за допомогою атрибута [Inject] забезпечує автоматичне зв'язування [44]. Це дозволяє розділяти відповідальність між класами, уникати жорстких зв'язків і значно спрощує тестування та масштабування застосунку.

Використання Zenject дозволяє легко розділяти відповідальність між різними класами (принцип single responsibility), уникати жорсткого зв'язування (tight coupling) та значно спрощує модульне тестування, оскільки залежності можуть бути легко замінені на мок-об'єкти. Крім того, система масштабування проєкту стає ефективнішою, оскільки нові сервіси або функціональні блоки можна легко інтегрувати без модифікації наявного коду. У випадку великих систем, таких як інтерактивний музейний застосунок, DI є критично важливим інструментом для підтримання чистоти архітектури та забезпечення її розширюваності.

Перед запуском життєвого циклу застосунку в проєкті відбувається біндинг сервісів. У цьому контексті використано підхід динамічного біндингу через конфігураційний об'єкт MuseumConfig, який зберігається як ScriptableObject. Це дозволяє обирати та змінювати реалізації ключових сервісів

(`IInputService`, `IPromptService`, `IOutputService`) без необхідності модифікувати програмний код.

Біндинг сервісів виконується в класі `MuseumInstaller`, який відповідає за реєстрацію залежностей через `Zenject`. Під час інсталяції конкретні реалізації `IInputService`, `IPromptService` та `IOutputService` автоматично обираються на основі значень полів `inputType`, `promptType` та `outputType`, заданих у конфігураційному об'єкті `MuseumConfig`. Це забезпечує динамічність і спрощує налаштування системи без необхідності змінювати код.

Завдяки такій архітектурі забезпечується повна підтримка принципів інверсії залежностей (DI) та відкритості до розширення, що є ключовими в сучасному підході до побудови сервісно-орієнтованих систем.

Життєвий цикл в проєкті починається з `Bootstrapper`.

`Bootstrapper` – це програмний компонент, який виконує роль `entry point` (вхідної точки) застосунку, з якої починається його ініціалізація. Його головна функція – підготувати середовище до запуску, налаштувати необхідні залежності, завантажити конфігураційні файли, ініціалізувати сервіси та забезпечити правильний порядок запуску модулів системи. `Bootstrapper` часто використовується в архітектурах із розділенням відповідальностей, де важливо централізовано керувати процесом старту програми та її компонентів [45].

Наприклад, у класі `Bootstrapper` Це дозволяє легко змінювати реалізацію сервісу без зміни його використання.

Наступним етапом після біндингу є `Bootstrapper` – головна точка входу додатку, яка відповідає за початкову ініціалізацію та запуск основних процесів. У цьому компоненті метод `Construct` має атрибут `[Inject]`, що спонукає для отримання залежностей `IInputService`, `IPromptService` та `IOutputService`.

Далі в компоненті `Bootstrapper` виконується метод `Start()`, який у середовищі `Unity` автоматично викликається при старті сцени та слугує точкою початкової ініціалізації системи. У цьому методі реалізовано декілька ключових дій, що забезпечують коректну взаємодію між користувачем і системою:

– підписка на подію натискання кнопки: відбувається реєстрація обробника події для кнопки надсилання `SendButton`. Конкретно, до її події `onClick` додається метод `SendRequest()`, який буде автоматично викликатися кожного разу, коли користувач натискатиме кнопку. Це дозволяє інтерактивно відправляти запит користувача до системи без додаткових затримок чи дій;

– ініціалізація сервісу введення: створюється і конфігурується сервіс `InputService`, який відповідає за обробку введення даних (наприклад, голосового або текстового). Викликається його метод `Init()`, що запускає внутрішні механізми підготовки до приймання запитів користувача. Це може включати активацію мікрофону, очищення буфера, встановлення внутрішніх станів тощо – усе, що потрібно для того, щоб система була готова до взаємодії з користувачем.

– автоматичне вітання користувача: якщо в конфігурації компонента встановлено прапорець `_isAutoWelcome`, то система автоматично генерує вітальне повідомлення. Для цього викликається метод `SendWelcomeRequest()` із сервісу `IPromptService`, який формує початкове звернення до користувача. Це дозволяє створити дружню атмосферу взаємодії, а також слугує маркером того, що система готова до роботи.

Коли користувач натискає кнопку «Надіслати», активується метод `SendRequest()`, який є основною точкою запуску обробки запиту користувача у системі. Цей метод виконує низку важливих дій, що забезпечують повноцінну інтеракцію між користувачем та мовною моделлю, а інтерфейс взаємодії користувача з системою, що зображено на рисунку 3.9.

Рисунок 3.9 – Схема інтелектуального музейного екскурсовода

Нижче наведено детальний опис етапів, які відбуваються під час виклику `SendRequest()`:

- отримання введеного тексту користувача: За допомогою сервісу `InputService` зчитується текст, введений у поле «Вхідні дані». Цей сервіс забезпечує абстракцію над UI-елементами, що дозволяє централізовано обробляти введення з різних джерел. Зокрема, при введенні тексту користувачем у текстове поле, `InputService.GetInput()` зчитує його зміст та передає для подальшої обробки;

- формування запиту до мовної моделі: Отриманий текст не передається напряму до AI-модуля, а спершу обробляється сервісом `IPromptService`. Цей сервіс виконує функцію адаптації та підготовки введеного запиту у відповідний формат для обробки мовною моделлю. Це включає додавання системних інструкцій, контексту, а також технічну валідацію даних. Наприклад, може бути перевірено довжину, символи, чи відповідає структура очікуваному формату;

– обробка некоректного запиту: Якщо користувач випадково або навмисно ввів некоректний запит (наприклад, беззмістовний текст, спецсимволи, або залишив поле порожнім), система фіксує це як помилковий ввід. У такому випадку замість надсилання запиту до моделі, інтерфейс відразу виводить повідомлення «No Answer» у текстовий блок «Вихідні дані», сигналізуючи користувачеві про помилку. Це дозволяє уникнути зайвого навантаження на модель і дає зворотний зв'язок користувачу про необхідність змінити запит;

– виклик методу `SetResult()`: Якщо введення є коректним, сформований запит передається до асинхронного механізму обробки відповіді через виклик методу `SetResult()`. Цей метод ініціює передачу запиту мовній моделі (наприклад, Google Gemini), чекає на відповідь, а після її отримання – оновлює інтерфейс відповіддю. Вся обробка виконується асинхронно, що дозволяє уникати зависань або блокувань інтерфейсу, забезпечуючи плавну взаємодію користувача з системою.

Таким чином, метод `SendRequest()` виконує критично важливу роль у забезпеченні інтерактивної поведінки додатка, узгоджуючи користувацьке введення, формування запиту, валідацію, виклик мовної моделі та вивід результату.

Метод `SetResult` відповідає за асинхронну обробку результату, отриманого від мовної моделі, та виконує ключову роль у забезпеченні зручності та стабільності взаємодії з користувачем. Його логіка включає такі етапи:

– деактивація кнопки: одразу після виклику методу кнопка `SendButton` тимчасово блокується (вимикається), щоб уникнути повторного натискання під час обробки поточного запиту. Це дозволяє запобігти дублюванню запитів і некоректній поведінці інтерфейсу;

– очікування відповіді: за допомогою `await` виконується асинхронне очікування результату від сервісу `IPromptService`, який взаємодіє з AI-модулем Google Gemini. У цей момент система не зависає, а дозволяє іншим процесам продовжувати свою роботу, забезпечуючи плавність роботи інтерфейсу;

– виведення результату: після отримання відповіді, результат передається до сервісу `IOutputService`, який відповідає за вивід тексту у відповідний елемент UI. Завдяки цьому користувач одразу бачить відповідь у блоці «Вихідні дані», що формує завершене коло інтеракції.

– активація кнопки: на завершальному етапі, після виводу відповіді, кнопка `SendButton` знову активується, дозволяючи користувачу надіслати наступний запит. Це підвищує загальну зручність користування і дає чітке розуміння, що система готова до нового вводу.

– Загалом, `SetResult` не лише реалізує асинхронну логіку запиту-відповіді, а й забезпечує захист від помилкових дій користувача, плавну обробку даних і своєчасне оновлення інтерфейсу.

Отже, архітектура програмного забезпечення, реалізована у даному проєкті за підходом `Bootstrapper + Service Models` з використанням `Zenject`, забезпечує модульність, масштабованість та легкість тестування системи. Всі функціональні компоненти – `InputService`, `IPromptService` та `IOutputService` – реалізовані як окремі сервіси з чітко визначеними відповідальностями, що дозволяє зручно адаптувати інтерфейс до різних форм взаємодії (текст, голос).

### **3.2. Експериментальні дослідження**

Метою експериментального дослідження є всебічна кількісна та якісна оцінка функціональних переваг розробленого інтерактивного музейного застосунку, зокрема його здатності адаптуватися до потреб користувача, забезпечувати інтуїтивну навігацію, персоналізовану взаємодію з контентом, а також підтримку різних мов для забезпечення широкої доступності.

Об'єктом дослідження є порівняння розробленого застосунку з існуючим аналогом – `Museum Interactive 3D Virtual Tour` [18]. Порівняння проводилось за наступними критеріями, наведено у таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Критерії оцінювання ефективності інформаційного застосування

№	Критерій оцінювання	Тип оцінки
1	Зручність навігації	Кількісна/якісна
2	Можливість персоналізації запитів	Якісна
3	Інтерактивність взаємодії	Кількісна/якісна
4	Підтримка голосового введення	Бінарна (так/ні)
5	Мовна локалізація (українська)	Бінарна (так/ні)
6	Середній час пошуку потрібної інформації	Кількісна (сек.)
7	Задоволеність користувача (за шкалою від 1 до 5)	Кількісна

Було залучено 5 респондентів, які ознайомилися з кожним із застосунків протягом 15 хвилин, після чого відповідали на опитування, результати наведено у таблиці 3.2:

Таблиця 3.2 – Порівняльна оцінка функціональних можливостей нашого застосування та аналога

Критерій	Наш застосунок	Аналог
Зручність навігації	4,7	3,1
Можливість персоналізації запитів	Так	Ні
Інтерактивність взаємодії	Висока	Середня
Підтримка голосового введення	Так	Ні
Мовна локалізація (українська)	Так	Ні
Середній час пошуку потрібної інформації	7,8	15,4
Задоволеність користувача (за шкалою від 1 до 5)	4,8	3,2

Пояснення до результатів:

– застосунок демонструє більше ніж удвічі швидший доступ до інформації за рахунок адаптивної генерації відповідей;

- учасники відзначили вищу інтуїтивність управління, особливо завдяки свободі пересування у 3D-просторі;
- підтримка української мови та можливість звернення до гіда «своїми словами» значно підвищили суб'єктивне задоволення;
- голосове введення особливо оцінили учасники з обмеженими можливостями набору тексту.

Результати експерименту демонструють переваги запропонованої системи у контексті індивідуалізації музейного досвіду. Порівняно з аналогами, система забезпечує гнучкішу, швидшу та більш адаптивну взаємодію з користувачем, підвищуючи ефективність та привабливість цифрових музейних сервісів.

Також було проведене ручне порівняння певних факторів між нашим застосунком і аналогом.

#### 1. Наведення на експонат.

У застосунку аналогу на окремі експонати встановлено фіксовані інтерактивні точки. При наведенні на таку точку автоматично відтворюється відеозапис з коротким описом експоната, що зображено на рисунку 3.10. Користувач не має змоги змінювати або уточнювати запит.

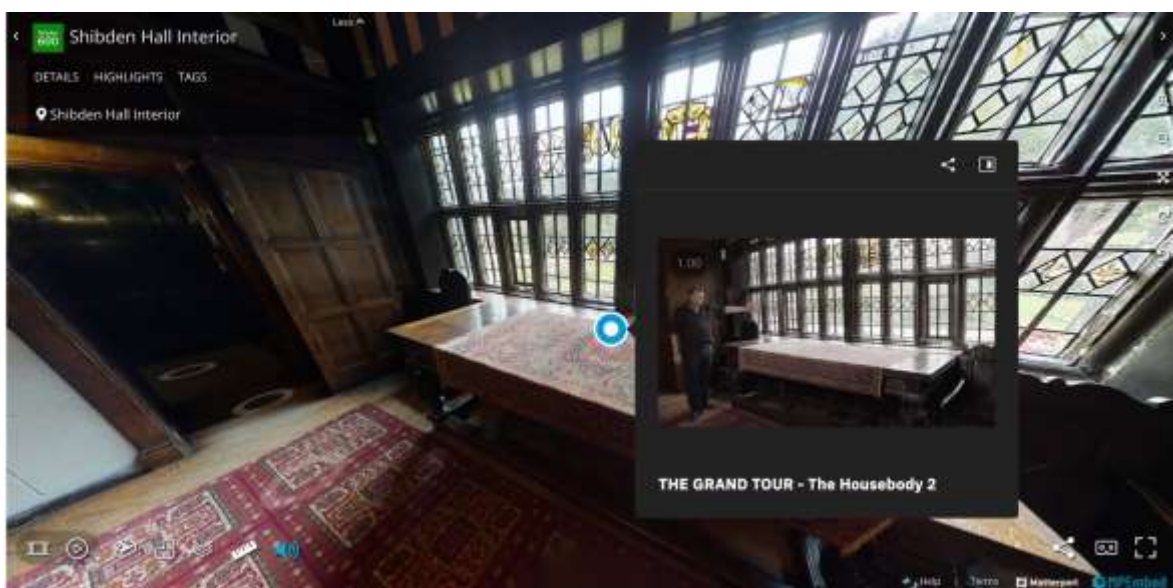


Рисунок 3.10 – Демонстрація відтворюється відеозапису опису експоната [18]

У нашому застосунку користувач може самостійно навести камеру на будь-який експонат. У верхній лівій частині інтерфейсу з'являється його назва, а в нижньому правому куті відкривається поле «Вхідні дані», куди користувач може ввести текстовий запит або скористатися кнопкою «Записати» для голосового введення, що зображено на рисунку 3.11. Це забезпечує гнучкість та вищий ступінь інтерактивності.



Рисунок 3.11 – Інтерфейс взаємодії застосунка

## 2. Інтерактивність отримання відповіді.

У застосунку аналогу користувач обмежений лише функціональністю перегляду заздалегідь записаних відеоматеріалів, які прив'язані до фіксованих інтерактивних точок на окремих експонатах. Це означає, що інформація є статичною, і користувач не може змінити зміст або форму подачі матеріалу відповідно до власних інтересів чи запитів.

Натомість у застосунку реалізовано повноцінну інтерактивну взаємодію з віртуальним AI-гідом на основі генеративного штучного інтелекту. Користувач має змогу самостійно сформулювати довільне запитання як текстом, так і голосом. Відповідь формується динамічно у реальному часі, адаптуючись до

змісту запиту, що забезпечує персоналізований, контекстно релевантний та емоційно забарвлений досвід взаємодії з експозицією.

На початку формується промпт – чітке текстове завдання, що визначає роль, структуру відповіді, контекст і тон, на основі яких генеративний ШІ створює змістовну, персоналізовану розповідь.

Схема методу взаємодії відбувається наступним чином:

– *формування промпта (запиту)* – користувач ставить питання, яке визначає тему та напрямок відповіді ШІ;

– *обробка (prompt engineering)* – система аналізує запит, встановлює контекст і адаптує інформацію відповідно до профілю відвідувача;

– *результат (генерація відповіді)* – користувач отримує емоційно насичену, змістовну розповідь, стилізовану під живе спілкування з музейним гідом.

При першому заході користувача в застосунку, здійснюється автоматичний промпт «розкажи про себе», щоб привітатися, що зображено на рисунку 3.11.

Далі користувач може задати запит про нього у поле «Вхідні дані», скориставшись клавіатурою або натиснувши кнопку «Записати» для голосового запиту. Це забезпечує гнучкість у способі взаємодії, дозволяючи кожному обрати зручний формат комунікації, наприклад, «Розкажи про козацьку зброю».

Після натиску на кнопку «Відправити» AI-гід обробить поле введення «Вхідні дані» і виведе відповідь у текстовий блок «Вихідні дані», що зображено на рисунку 3.12. Відповідь формується з урахуванням тематики запиту, адаптується до профілю користувача та подається у формі зрозумілого й захопливого тексту.

В даному випадку отримати відповідь: «Привіт, Богдан! Перед вами – справжній арсенал козацької доблесті! Погляньте на цю зброю – вона не просто металева холодна сталь, а свідчення безстрашності, вміння і духу вільного козацтва...»

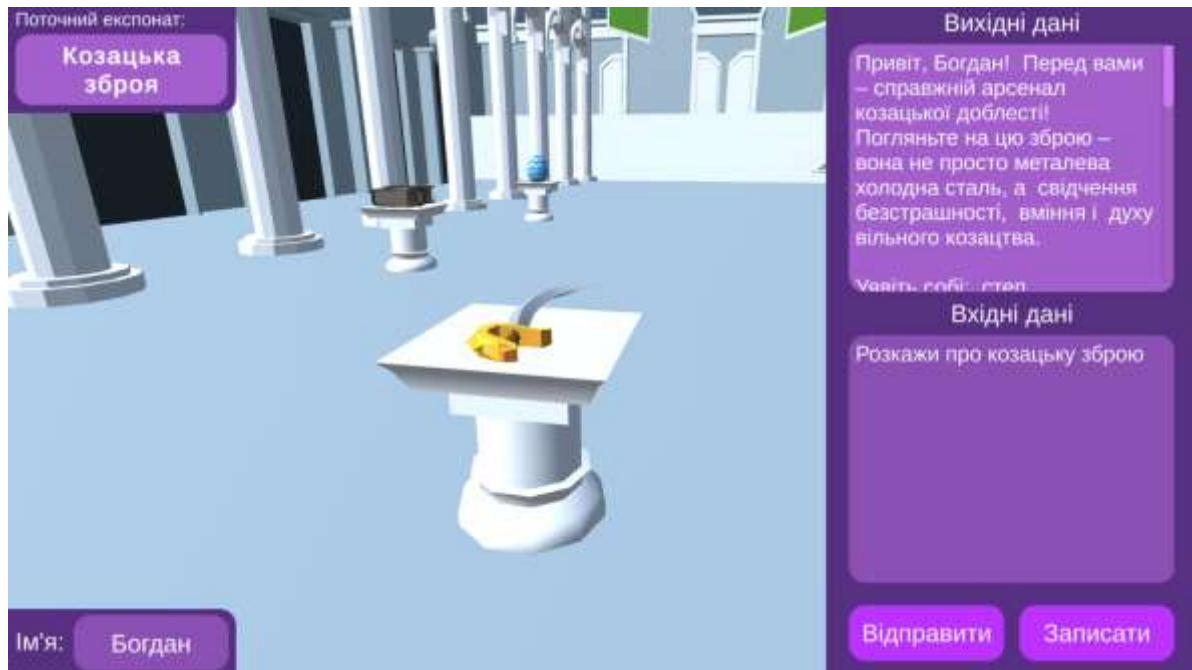


Рисунок 3.12 – Скріншот показу виведення відповіді в текстовий блок «Вихідні дані»

### 3. Спосіб навігації.

У застосунку аналогу навігація реалізована за допомогою системи «гарячих точок» – спеціальних фіксованих позицій, між якими користувач може пересуватись, натискаючи на відповідні зони на екрані. Такий підхід значно обмежує свободу переміщення користувача у віртуальному просторі та зводить взаємодію до вибору заздалегідь визначених маршрутів. У результаті користувач позбавлений можливості вільно досліджувати простір музею або змінювати напрям руху відповідно до власних інтересів.

У застосунку реалізовано повноцінне 3D-пересування у реальному часі, що здійснюється за допомогою стандартних клавіш WASD, як у багатьох сучасних іграх та симуляторах. Огляд простору відбувається шляхом руху миші, що дає змогу інтуїтивно змінювати напрям погляду. Такий підхід забезпечує користувачеві самостійно обирати маршрут, зупинитись біля цікавих об'єктів та взаємодіяти з ними у зручній спосіб.

### 4. Локалізація.

У застосунку аналогу підтримується виключно англійська мова, що суттєво обмежує коло користувачів, особливо серед україномовної аудиторії.

Інтерфейс застосунка зображено на рисунку 3.13. Відсутність локалізації не лише унеможливило повноцінну взаємодію для тих, хто не володіє англійською, а й знижує загальний рівень доступності та зручності використання.

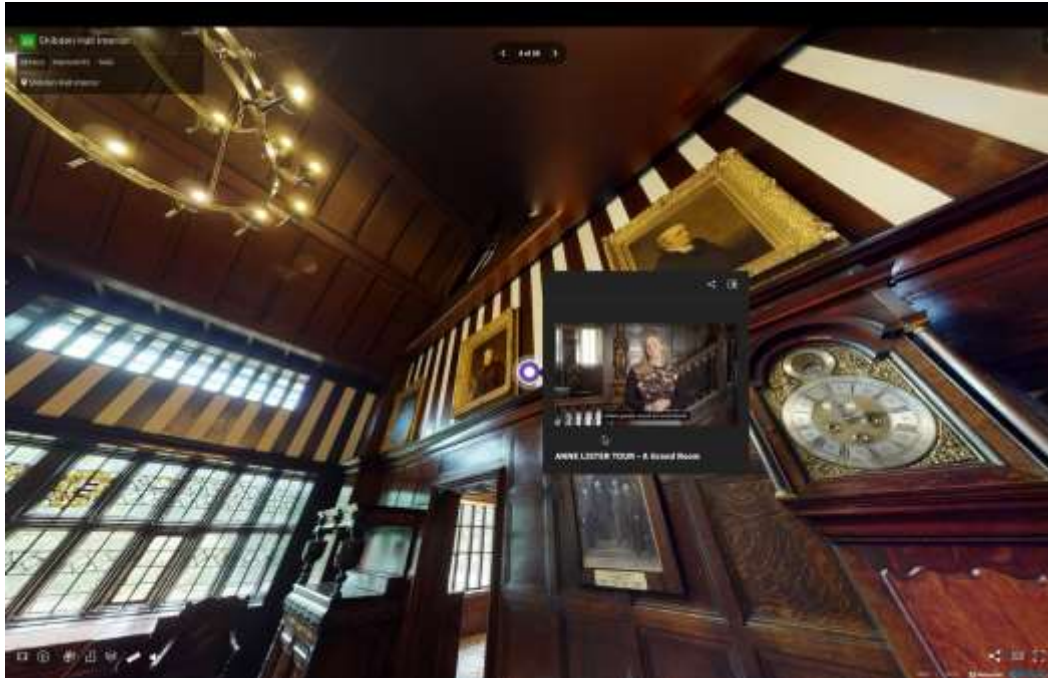


Рисунок 3.13 – Інтерактивні елементи [18]

У результаті експериментальних досліджень було встановлено, що розроблений інтерактивний музейний застосунок суттєво перевершує існуючі аналоги за ключовими параметрами користувацького досвіду, такими як швидкість доступу до інформації, гнучкість навігації, персоналізація взаємодії, підтримка голосових запитів і локалізація. Завдяки використанню генеративного штучного інтелекту та повноцінного 3D-інтерфейсу застосунок забезпечує інтуїтивну та контекстно релевантну взаємодію з експозицією, що сприяє більш глибокому зануренню в музейне середовище та підвищує загальну задоволеність користувачів. Особливо цінною виявилась можливість самостійного формулювання запитів і отримання динамічних відповідей у реальному часі, що забезпечило високий рівень персоналізації. Це дозволило адаптувати музейний досвід під індивідуальні інтереси кожного користувача незалежно від його віку чи рівня підготовки.

### 3.3 Висновки до розділу 3

У результаті розробки та впровадження інтерфейсу інтерактивного музейного екскурсовода на основі генеративного штучного інтелекту було створено зручне та інтуїтивно зрозуміле середовище для взаємодії користувача з віртуальним музеєм. Інтерфейс забезпечує ефективну навігацію, підтримує як текстове, так і голосове введення, а також реалізує персоналізований підхід до спілкування, що значно підвищує рівень залученості користувача. Завдяки простоті структури та функціональності, система є доступною для широкої аудиторії, включаючи користувачів без технічної підготовки, що робить її універсальним інструментом для популяризації музейного контенту в інтерактивному форматі.

Архітектура програмного забезпечення, реалізована у даному проєкті за підходом `Bootstrapper + Service Models` з використанням `Zenject`, забезпечує модульність, масштабованість та легкість тестування системи. Всі функціональні компоненти – `InputService`, `IPromptService` та `IOutputService` – реалізовані як окремі сервіси з чітко визначеними відповідальностями, що дозволяє зручно адаптувати інтерфейс до різних форм взаємодії (текст, голос, комбіновано). Впровадження залежностей через `MuseumInstaller` та конфігураційний об'єкт `MuseumConfig` забезпечує гнучке налаштування й динамічну зміну реалізацій без модифікації коду.

У результаті експериментального дослідження встановлено, що розроблений інтерактивний музейний застосунок суттєво перевершує існуючий аналог `Museum Interactive 3D Virtual Tour` за ключовими параметрами: він забезпечує гнучку взаємодію з експонатами, використання генеративного штучного інтелекту для персоналізованих відповідей, повноцінну 3D-навігацію в реальному часі та підтримку мультимовного інтерфейсу, зокрема українською мовою. Це підтверджує високий потенціал запропонованого рішення для модернізації цифрових музейних сервісів і створення більш доступного, глибокого та залученого користувацького досвіду.

## Загальні висновки

У результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра досягнуто поставлену мету – індивідуалізація процесу представлення музею шляхом розробки інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту. Для цього було розроблено метод створення екскурсовода на основі генеративної великої мовної моделі (LLM), який охоплює систему запитів (prompt-інженерію) з фокусуванням на обмежену предметну область та персоналізовану взаємодію.

Розроблений метод було інтегровано у створену інформаційну систему, що забезпечує додавання, редагування, зберігання та перегляд даних музейної колекції, а також інтерактивне спілкування користувача з AI-гідом.

Для реалізації поставленої мети в інтерактивному музейному застосунку було використано сучасні засоби інформаційних технологій:

- модуль STT реалізовано за допомогою моделі Whisper для точного розпізнавання мовлення та його перетворення у текст;
- для генерації відповідей використано AI-модуль Google Gemini, який формує змістовні відповіді на основі запиту користувача;
- модуль TTS побудований на бібліотеці UnityRustTts і забезпечує озвучення відповідей віртуального гіда.

Розробка здійснювалася в середовищі Unity з використанням мови програмування C#, DI на базі Zenject та IDE JetBrains Rider.

В процесі реалізації були виконані всі завдання, визначені в п.1.4:

- здійснено аналіз сучасних розробок у сфері застосування штучного інтелекту в музейній справі;
- запропоновано метод генерації персоналізованого контенту на базі LLM;
- реалізовано функціональну інформаційну систему з інтуїтивним інтерфейсом та засобами взаємодії;

– проведено тестування системи на відповідність вимогам сумісності, інтерфейсної інтерактивності, продуктивності, локалізації та безпеки.

У результаті виконання курсової роботи було створено інформаційну систему – інтерактивного віртуального гіда, який забезпечує голосову взаємодію з користувачем шляхом розпізнавання мовлення, генерації відповідей та синтезу голосу.

Система виконує функції: перетворення голосових запитів у текст (STT), генерація відповідей за допомогою AI-модуля, озвучення відповідей (TTS), а також забезпечує взаємодію в реальному часі у вигляді діалогу.

Результат повністю відповідає поставленому завданню: реалізовано всі ключові компоненти (STT, AI-модуль, TTS), інтеграцію з користувацьким інтерфейсом і забезпечено цілісність функціонування системи.

Під час тестування було підтверджено стабільність роботи системи, високу точність розпізнавання мовлення, релевантність згенерованих відповідей та якість синтезу мовлення, що свідчить про доцільність обраних технологій.

Система може бути впроваджена у сфері цифрових музеїв, екскурсійних сервісів або освітніх платформ, з перспективою масштабування для багатомовної підтримки та інтеграції з реальними базами даних.

Подальше вдосконалення можливе шляхом поліпшення інтерфейсу користувача, розширення функціональності (наприклад, додавання жестової взаємодії), локалізації мовлення, адаптації під мобільні платформи та оптимізації продуктивності для слабших пристроїв.

## Перелік посилань

1. A.B. Rashid, M.A.K. Kausik, AI revolutionizing industries worldwide: A comprehensive overview of its diverse applications. Hybrid Advances. 2024. № 7. С. 1-9 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773207X24001386>.
2. IBM. Generative AI. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/generative-ai>
3. Netguru. Generative AI with Large Language Models. URL: <https://www.netguru.com/blog/generative-ai-with-large-language-models>
4. Britannica. Virtual Reality. URL: <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality>
5. Darabase. What is AR? URL: <https://darabase.com/what-is-ar/>
6. Prompting Guide. URL: <https://www.promptingguide.ai>
7. TechTarget. 3-D (Three-Dimensional). URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/3-D-three-dimensions-or-three-dimensional>
8. Google Cloud. What is NoSQL? URL: <https://cloud.google.com/discover/what-is-nosql>
9. W. Zhao et al Designing virtual reality based 3D modeling and interaction technologies for museums. Heliyon. 2023. № 9. С. 1–2. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023036939>.
10. OpenAI. GPT-4 Research. URL: <https://openai.com/index/gpt-4-research/>
11. arXiv. Enhancing Multi-modal Interaction for Virtual Tour Guidance through Large Language Models. URL: <https://arxiv.org/abs/2401.11923>
12. IBM. Natural Language Processing. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/natural-language-processing>
13. IBM. Artificial Intelligence. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/artificial-intelligence>
14. IT.ua. Large Language Models (LLMs). URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/large-language-models-llms>

15. NCS. Generative AI Guide: Immersive, Inclusive and Hyper-Personalised Museum Experiences. URL: [https://www.ncs.co/en-sg/knowledge-centre/articles/generative-AI-guide-creates-truly-immersive-inclusive-and-hyper-personalised-museum-experiences/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ncs.co/en-sg/knowledge-centre/articles/generative-AI-guide-creates-truly-immersive-inclusive-and-hyper-personalised-museum-experiences/?utm_source=chatgpt.com)
16. ACM Digital Library. VirtuWander. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3613904.3642235>
17. M.G. Hanna, L. Pantanowitz, B. Jackson, O. Palmer, S. Visweswaran, J. Pantanowitz, M. Deebajah, H.H. Rashidi Ethical and Bias Considerations in Artificial Intelligence/Machine Learning. Modern Pathology. 2025. № 38. C. 1-12. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0893395224002667>.
18. 360VirtualTour. URL: <https://www.360virtualtour.co>
19. PC Gamer. How WASD Became the Standard PC Control Scheme. URL: <https://www.pcgamer.com/how-wasd-became-the-standard-pc-control-scheme/>
20. Steam Community. URL: <https://steamcommunity.com/app/2772750/discussions/0/4431066216145008882/>
21. ResearchGate. An Integrated Theory of Hot Spots Patrol Strategy. URL: [https://www.researchgate.net/publication/273207326\\_An\\_Integrated\\_Theory\\_of\\_Hot\\_Spots\\_Patrol\\_Strategy\\_Implementing\\_Prevention\\_by\\_Scaling\\_Up\\_and\\_Feeding\\_Back](https://www.researchgate.net/publication/273207326_An_Integrated_Theory_of_Hot_Spots_Patrol_Strategy_Implementing_Prevention_by_Scaling_Up_and_Feeding_Back)
22. TechTarget. Virtual Reality. URL: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/virtual-reality>
23. ResearchGate. The Integration of Virtual Reality and Gamification in Education. URL: [https://www.researchgate.net/publication/382878815\\_The\\_Integration\\_of\\_Virtual\\_Reality\\_and\\_Gamification\\_in\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/382878815_The_Integration_of_Virtual_Reality_and_Gamification_in_Education)
24. M.D. Abdulrahaman, N. Faruk, A.A. Oloyede, N.T. Surajudeen-Bakinde, L.A. Olawoyin, O.V. Mejabi, Y.O. Imam-Fulani, A.O. Fahm, A.L. Azeez Multimedia tools in the teaching and learning processes: A systematic review. Heliyon. 2020. № 6. C. 1-13. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020321551>.
25. TechTarget. Localization. URL: <https://www.techtarget.com/searchcio/definition/localization>

26. Mapsted. How AI is Redefining Museum Experience. URL: <https://mapsted.com/blog/how-artificial-intelligence-is-redefining-museum-experience>
27. JetBrains. Cross-Platform Frameworks. URL: <https://www.jetbrains.com/help/kotlin-multiplatform-dev/cross-platform-frameworks.html>
28. OnCrashReboot. What is Interactive Application? URL: <https://oncrashreboot.com/ict-study-guide/educational-software/10-what-is-interactive-application/>
29. Ocasta Engage. What is a Productivity App. URL: <https://ocastaengage.com/internal-comms-explained/what-is-a-productivity-app>
30. DataGuard. How Computer Security Services Protect Your Data. URL: <https://www.dataguard.com/blog/how-computer-security-services-protect-your-data/>
31. TechCareer. Input – Definition and Use in Computing. URL: <https://www.techcareer.net/en/dictionary/input>
32. FullStory. What Is Data Processing? URL: <https://www.fullstory.com/blog/what-is-data-processing/>
33. CodeAcademy Bulgaria. Input and Output of Data. URL: <https://codeacademy.bg/en/programirane/vhod-i-izhod-na-danni/>
34. Google Cloud. What Is Prompt Engineering? URL: <https://cloud.google.com/discover/what-is-prompt-engineering>
35. Lakera AI. Prompt Engineering Guide – Everything You Need to Know. URL: <https://www.lakera.ai/blog/prompt-engineering-guide>
36. IBM. Speech-to-Text: How It Works and Why It Matters. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/speech-to-text>
37. Gladia. What Is OpenAI Whisper and Why It’s a Game Changer. URL: <https://www.gladia.io/blog/what-is-openai-whisper>
38. Google Blog. Google Gemini: Performance and Capabilities of AI Models. URL: <https://blog.google/technology/ai/google-gemini-ai>
39. AWS. What Is Text-to-Speech? URL: <https://aws.amazon.com/polly/what-is-text-to-speech/>

40. Rust Docs. Text-To-Speech (TTS) Library in Rust. URL:  
<https://docs.rs/tts/latest/tts/>
41. Tkachuk Bogdan. AIMuseum. URL:  
<https://github.com/TkachukBogdan/AIMuseum>
42. GeeksforGeeks. Service Oriented Architecture. URL:  
<https://www.geeksforgeeks.org/service-oriented-architecture>
43. Built In. Dependency Injection: What It Is and How to Use It. URL:  
<https://builtin.com/articles/dependency-injection>
44. Modest Tree. Zenject GitHub Repository. URL:  
<https://github.com/modesttree/Zenject>
45. Clandais L. Unity Game Architecture (Part 1). URL:  
<https://dev.to/clandais/unity-game-architecture-part-1-4a9j>

# ДОДАТКИ

## Додаток А

### Програмний код

Проект розміщено в репозиторії на платформі GitHub: <https://github.com/TkachukBogdan/AlMuseum>. Скріншот сторінки репозиторія зображено на рисунку.

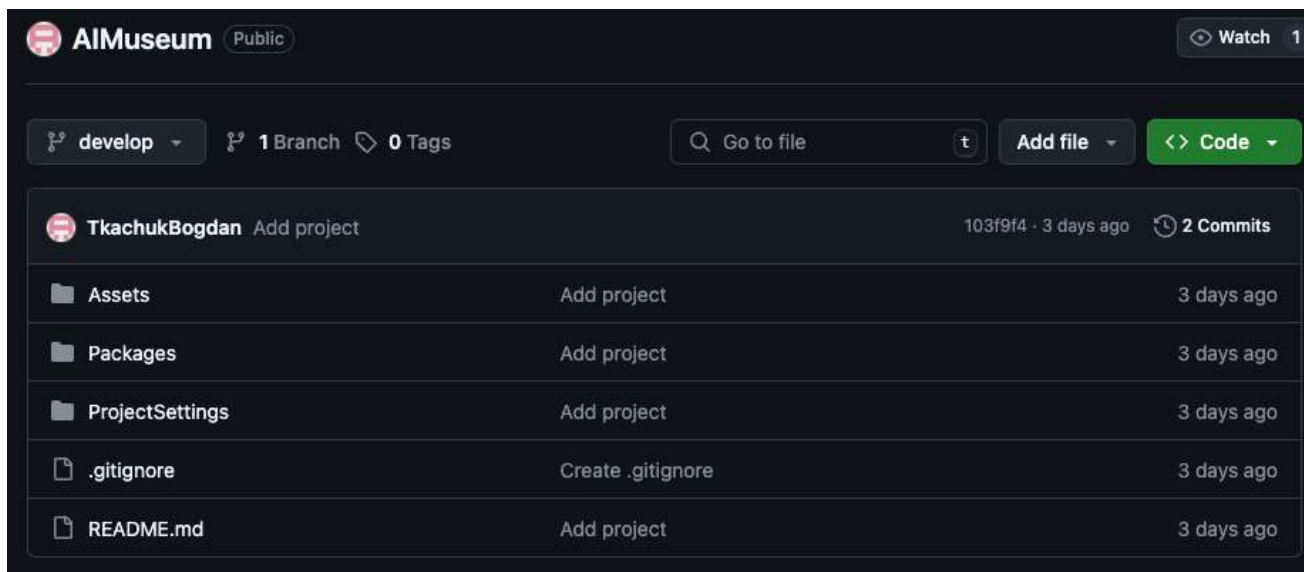


Рисунок – Скріншот сторінки репозиторія

Усі основні файли проекту знаходяться в папці *Assets*, яка містить такі підкаталоги:

- *Fonts* – шрифти, що використовуються для оформлення тексту в інтерфейсі;
- *Models* – 3D-моделі, які відображають об’єкти у віртуальному просторі;
- *Plugins* – сторонні плагіни та бібліотеки, підключені до проекту;
- *Prefabs* – готові до використання об’єкти зі збереженими налаштуваннями;
- *Scripts* – C#-скрипти, які реалізують функціональність і логіку застосунку;
- *\_Packages* – додаткові плагіни та бібліотеки, підключені до проекту.

## Додаток Б

### Презентаційний матеріал



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

# МЕТОД СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОГО МУЗЕЙНОГО ЕКСКУРСОВОДА ЗАСОБАМИ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

**Виконав:**  
*студент 4 курсу, група КН-21-1*  
Богдан ТКАЧУК

**Керівник:**  
*зав. кафедри КН, д.т.н., професор*  
Олександр БАРМАК



## Актуальність



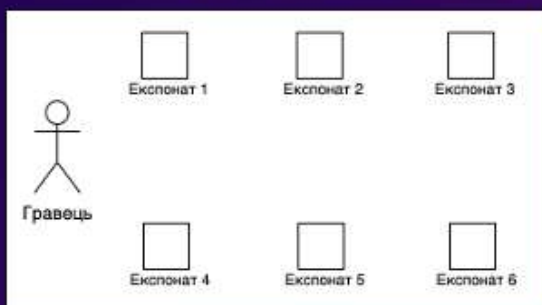
Штучний інтелект



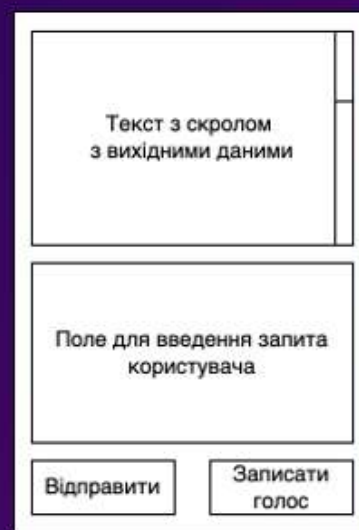
Музейна справа

## Мета і задачі роботи

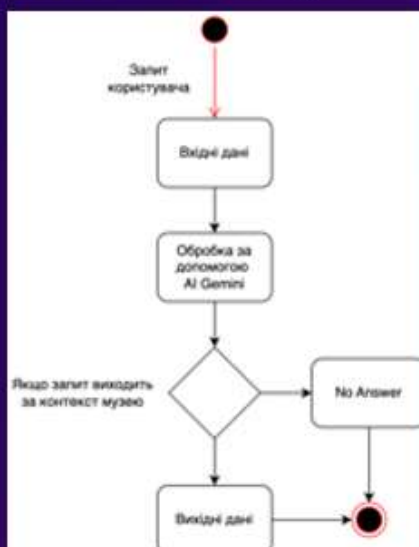
- створити метод, щоб AI міг бути гідом у музеї та давати персональні відповіді лише на теми, пов'язані з музеєм;
- вбудувати цей метод у зручну систему, де можна додавати, змінювати та переглядати інформацію про музейні експонати, а також взаємодіяти з гідом.



## Схема методу



## Діаграма активності роботи методу



## Демонстрація

Поточний експонат:

Вихідні дані

Вхідні дані

Введіть запит...

Відправити

Записати

Ім'я: Богдан

# Висновок

**Розповідь**



**Висновок**

Григорій Савурганський, народившись в селі Давидівці, в 1914 році переїхав до Києва, де вступив до Київського університету. Він був одним з перших українців, які вивчали англійську мову в Україні. Після закінчення університету працював вчителем англійської мови в школі.

**Висновок**

Висновок...

**Відповісти** **Зачекайте**

**Розповідь**



**Висновок**

Григорій Савурганський, народившись в селі Давидівці, в 1914 році переїхав до Києва, де вступив до Київського університету. Він був одним з перших українців, які вивчали англійську мову в Україні. Після закінчення університету працював вчителем англійської мови в школі.

**Висновок**

Висновок про Григорія Савурганського...

**Відповісти** **Зачекайте**

# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 2.0%**

Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 11%**

ID: 244094 Title: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА на тему Метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту Added in a DB: 2025-06-08 Authors: Богдан ТКАЧУК Heads: Олександр БАРМАК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	73858	1108	3321 (4%)	49 (4%)

## Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

## Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

**Автор:** Богдан ТКАЧУК

**Співавтор:**

**Назва:** КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА на тему Метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту

**Науковий керівник:** Олександр БАРМАК, д.т.н., проф.

**Підрозділ:** Кафедра комп'ютерних наук

**Коефіцієнт подібності 1:** 4.5%

**Коефіцієнт подібності 2:** 2.3%

**Мікропробіли:** 0

**Заміна букв:** 2

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 141

**Дата створення звіту:** 2025-06-08 08:17:00.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-08

Дата

експерт

*Ю. Перевисний Р.Р.*

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК**

**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Назва кваліфікаційної роботи Метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту

Автор студент групи КН-21-1 Богдан Ткачук

Освітня програма Комп'ютерні науки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

Науковий керівник: д.т.н., проф., зав. каф. комп'ютерних наук Олександр БАРМАК

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмними засобами комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	<i>відповідає</i>
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	<i>відсутні</i>

Підтвердження:

*Запозичення, виявлені в роботі Богдана Ткачука, не є плагіатом, оскільки: запозичення розміщені в розділі огляду існуючих підходів, не описують безпосередньо авторську роботу і не стосуються її результатів; усі запозичення фрагментарні; до запозичень входять фрагменти, які не мають авторства і містять поширені конструкції та загальновідомі терміни, скорочення. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином, робота є законною та приймається до захисту.*


*Обсяг запозичень, визначений системами виявлення збігів/ідентичності/схожості:*

*- за системою Anti-Plagiarism: 2%;*

*- за системою StrikePlagiarism КП1: 4.5%, КП2: 2.3%.*

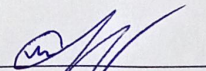
08.06.2025

Завідувач кафедри



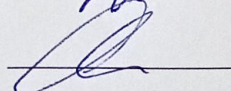
Олександр БАРМАК

Гарант освітньої програми



Олександр МАЗУРЕЦЬ

Керівник кваліфікаційної роботи



Олександр БАРМАК



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МОН УКРАЇНИ

Кафедра комп'ютерних наук



## ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента *гр. КН-21-1 Ткачук Богдан Олегович*

за темою Метод створення інтерактивного музейного екскурсорода засобами генеративного штучного інтелекту

### 1. Актуальність теми

Актуальність теми дослідження зумовлена зростаючим попитом на інтерактивні цифрові рішення у сфері культури та освіти. У сучасних умовах музеї прагнуть залучати відвідувачів не лише експонатами, а й новітніми технологіями, що забезпечують персоналізовану і динамічну взаємодію. Використання генеративного штучного інтелекту для створення віртуального екскурсорода дозволяє забезпечити гнучку подачу інформації, адаптовану до контексту експозиції та потреб користувача. Такий підхід відкриває нові можливості для збереження й популяризації культурної спадщини, роблячи її доступною у цифровому середовищі. Розробка методу інтерактивної взаємодії на основі мовних моделей є важливою складовою сучасних комп'ютерних наук.

### 2. Відповідність роботи предметній області Стандарту спеціальності 122 Комп'ютерні науки

За стандартом, об'єктами вивчення та діяльності спеціальності 122 – Комп'ютерні науки є математичні, інформаційні, імітаційні моделі реальних процесів, об'єктів і систем, а також методи і технології отримання, зберігання, обробки, передачі та використання інформації. Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення якості представлення музейного контенту через індивідуалізовану взаємодію, що досягається шляхом розробки методу створення інтерактивного музейного екскурсорода з використанням генеративного штучного інтелекту. У роботі використано інформаційні моделі, методи обробки природної мови та інженерію запитів, що повністю відповідає вимогам освітнього стандарту бакалавра спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

### 3. Професійні та особистісні якості бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра Ткачук Богдан Олегович проявив себе як кваліфікований, відповідальний та дисциплінований студент, своєчасно виконуючи всі етапи дослідження. У процесі написання пояснювальної записки та розробки

прикладного програмного забезпечення продемонстрував належний рівень фахової підготовки, достатні компетентності та досягнуті результати навчання, необхідні для успішного завершення освітньої програми. Опанував професійні навички за спеціальністю «Комп'ютерні науки» та продемонстрував високий рівень розвитку міжособистісних (soft skills) якостей.

**4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи**

Одержані в роботі результати є наслідком особистої діяльності студента, який самостійно виконував всі поставлені задачі.

**5. Ступінь оволодіння методами дослідження**

При реалізації кваліфікаційної роботи показав достатній рівень компетентностей та володіння необхідними інструментами та обладнанням, методами, методиками та технологіями предметної області комп'ютерних наук.

**6. Повнота та якість розкриття теми роботи**

Тема кваліфікаційної роботи повністю обґрунтована та розкрита. У роботі проведено аналіз актуальності обраної проблематики та існуючих досліджень у межах заданої теми, визначено відповідні завдання, які були успішно виконані. Крім того, розроблено програмне забезпечення для валідації та верифікації запропонованого методу, що підтверджує практичну цінність і прикладну спрямованість дослідження

**7. Логічність, послідовність, аргументованість, літературна грамотність викладення матеріалу**

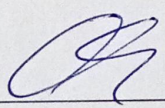
Структура роботи та послідовність викладення логічні та відповідають поставленій меті. Викладення матеріалу послідовне, аргументоване, літературно грамотне.

**8. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи бакалавра, окремих її частин**

Розроблений у роботі метод та його пчрограмна реалізація можуть бути використані працівниками музеїв, культурно-освітніми установами, а також організаторами віртуальних виставок з метою підвищення якості подання інформації та забезпечення інтерактивної взаємодії з відвідувачами.

**9. Висновок про можливість допуску кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту, на яку оцінку заслуговує робота**

Враховуючи високий рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Керівник  д.т.н., проф. зав. каф. КН Олександр БАРМАК



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МОН УКРАЇНИ

Кафедра комп'ютерних наук



## РЕЦЕНЗІЯ

### на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента *гр. КН-21-1 Ткачук Богдан Олегович*

за темою: Метод створення інтерактивного музейного екскурсовода засобами генеративного штучного інтелекту

#### 1. Актуальність обраної теми

Актуальність обраної теми є надзвичайно високою, оскільки сучасна музейна справа перебуває на етапі активної цифрової трансформації. Застосування генеративного штучного інтелекту (ГШІ), зокрема великих мовних моделей (LLM), відкриває нові можливості у сфері культурної комунікації. Традиційні форми подачі музейної інформації вже не відповідають потребам сучасного користувача, який очікує індивідуалізованого, інтерактивного й емоційно насиченого досвіду. Розробка методу створення інтерактивного музейного екскурсовода із використанням генеративного ШІ є актуальною, міждисциплінарною задачею, що поєднує технології, гуманітарні знання та сучасні підходи до популяризації культурної спадщини.

#### 2. Повнота розкриття мети та завдань роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра студент повністю розкрив мету дослідження – індивідуалізацію процесу представлення музею за допомогою інтерактивного екскурсовода на базі генеративного ШІ. Було реалізовано всі поставлені завдання: розроблено метод генерації діалогової взаємодії, побудовано систему обмеження тематики запитів (prompt-інженерію), забезпечено персоналізацію відповідей та інтеграцію методу в інформаційну систему для взаємодії з користувачем. Це дозволило досягти повної відповідності між теоретичними цілями роботи та практичним результатом.

#### 3. Зміст кожного розділу роботи

Перший розділ містить характеристику предметної області, аналіз інформаційних моделей, підходів до розв'язання подібних задач, а також огляд програмних засобів і наукових рішень. Визначено мету, завдання та вимоги до методу і інформаційної системи. У другому розділі розроблено метод інтерактивного музейного екскурсовода з використанням генеративного ШІ. Описано побудову діалогової взаємодії, застосування prompt-інженерії та принципи фільтрації відповідей. Подано проєктування та інтеграцію методу в інформаційну систему. Третій розділ присвячено реалізації та дослідженню. Наведено опис системи, інтерфейсу, діаграму класів. Проведено експериментальні дослідження, що підтверджують ефективність методу в музейному контексті.

#### 4. Оцінка розробленого методу та його практична цінність

Розроблений метод та відповідна інформаційна система мають високу практичну цінність для сучасних музеїв, що прагнуть покращити взаємодію з аудиторією. Система забезпечує не лише динамічну подачу інформації, а й можливість персоналізованої взаємодії з користувачем у режимі реального часу. Вона легко масштабується, підтримує

інтеграцію з цифровими експозиціями. Інтерфейс системи інтуїтивно зрозумілий, що дозволяє її використання як адміністраторами, так і широким колом відвідувачів.

5. Якість оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра

Кваліфікаційна робота бакалавра відповідає усім вимогам оформлення, повністю розкриває тему дослідження та її мету. Структура роботи та послідовність викладення логічні та відповідають поставленій меті. Викладення матеріалу послідовне, аргументоване, літературно грамотне.

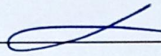
6. Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра

Слід зауважити, що в роботі недостатньо уваги приділено етичним аспектам використання генеративного ШІ в культурній сфері. Зазначене не впливає на загальну позитивну оцінку роботи.

7. Загальний висновок (допускається чи не допускається до захисту), та оцінка на яку заслуговує кваліфікаційна робота.

Враховуючи рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Рецензент \_\_\_\_\_



Богданець І. П.