

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-55-06>

УДК 004.5, 004.9

Волинець Леонід Васильович, магістрант

<https://orcid.org/0009-0007-2006-4465>

Гарматюк Назар Андрійович, аспірант

<https://orcid.org/0009-0005-2780-2032>

Дерев'янку Володимир Сергійович, магістрант

<https://orcid.org/0009-0005-9300-2455>

Дуда Олексій Михайлович, к.т.н, доцент

<https://orcid.org/0000-0003-2007-1271>

Крамар Тарас Олександрович, асистент

<https://orcid.org/0000-0001-8060-0169>

Скалецький Петро Олегович, аспірант

<https://orcid.org/0009-0007-4543-3714>

Тернопільський національний технічний університет, м. Тернопіль, Україна

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПТУ МУЗЕЙНОГО МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ З ЕЛЕМЕНТАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Волинець Л.В., Гарматюк Н.А., Дерев'янку В.С., Дуда О.М. Крамар Т.О., Скалецький П.О. Формування концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності. В епоху стрімкого технологічного розвитку, музеї мають унікальні можливості для вдосконалення способів подання інформації та залучення уваги широкого кола відвідувачів. Одним з інноваційних шляхів досягнення цієї мети є створення мобільних застосунків. Вони стають ключовим інструментом для збагачення досвіду відвідувачів, відкриваючи нові горизонти для взаємодії між відвідувачами та музейними експозиціями, вдосконалюють роботу музеїв, даючи змогу досліджувати культурну та історичну спадщину більш пізнавальними та інтерактивними способами. Мобільні застосунки сприяють створенню персоналізованих траєкторій та маршрутів відвідувачів, поглибленню вивчення історії експонатів, залученню технологій доповненої реальності для формування унікальних вражень. Крім того, вони можуть спростити адміністративні завдання, надаючи працівникам музею інструменти для ефективнішого управління та оновлення інформації про експозиції. Такий інтегрований підхід до мобільних технологій сприяє зближенню музеїв із сучасною аудиторією, роблячи культурне просвітництво захопливим та доступним. У цьому дослідженні проаналізовано інноваційні мобільні застосунки провідних музеїв світу, визначено їхні переваги та недоліки. На основі отриманих даних запропоновано концепт мобільного застосунку з елементами доповненої реальності, спрямованого на покращення досвіду відвідувачів музею та оптимізацію роботи персоналу. Використання у концепті інноваційних інформаційних технологій сприяє створенню цілісного та новаторського підходу до вивчення та збереження культурної спадщини у музейному середовищі.

Ключові слова: бази даних, діаграма класів, доповнена реальність, інформаційні технології, культурна спадщина, мобільний застосунок, музеї, проєктування, прототип.

Volynets L., Harmatiuk N., Derevianko V., Duda O., Kramar T. Skaletskyi P. Development of a museum mobile application concept with elements of augmented reality. In the era of rapid technological development, museums have unique opportunities for improving the ways of presenting information and attracting the attention of a wide range of visitors. One of the innovative ways to achieve this goal is the creation of mobile applications. They become a key tool for enriching the experience of visitors, opening new horizons for the interaction between visitors and the exhibition, improving the work of the museum, enabling the exploration of cultural and historical heritage in more informative and interactive ways. Mobile applications contribute to the creation of personalized trajectories and routes, deepening the study of the history of exhibits, and the involvement of augmented reality technologies to create unique experiences. In addition, they can simplify administrative tasks by giving museum staff the tools to more effectively manage and update exhibit information. This integrated approach to mobile technology brings museums closer to modern audiences, making cultural education engaging and accessible. This study analyzed the innovative mobile applications of the world's leading museums, identified their advantages and disadvantages. Based on the obtained data, a concept of a mobile application with elements of augmented reality aimed at improving the experience of museum visitors and optimizing the work of the staff is proposed. The use of innovative information technologies in the concept contributes to the creation of a holistic and innovative approach to the study and databases, class diagram, augmented reality, information technology, cultural heritage, mobile application, museums, design, prototype preservation of cultural heritage in the museum environment.

Key words:

Постановка наукової проблеми. На даний час переважна більшість музеїв стикається із складнощами впровадження, використання та оптимізації інформаційних та комунікаційних технологій для покращення взаємодії з відвідувачами. Нерівномірний розподіл можливостей доступу громадян до сучасних мобільних застосунків призводить до диференціації досвіду та зменшення інклюзивності. Водночас, технічні обмеження, висока вартість розробки та супроводу ускладнюють впровадження мобільних застосунків для невеликих музейних установ. Тому на даний

час сформована потреба розробки стратегій ефективного впровадження та використання інформаційних технологій та доповненої реальності у музейному середовищі.

Аналіз досліджень. Впродовж останнього періоду часу відбувається активна цифрова трансформація, що впливає на різні аспекти суспільного життя, включаючи музеї. [1] В умовах формування інформаційного суспільства [2] музеї змушені впроваджувати новаторські підходи до взаємодії з відвідувачами та змінювати методи подання та поширення інформації щодо своїх колекцій. Сучасний ринок пропонує різноманітні програмно-алгоритмічні комплекси та застосунки для музеїв, сприяючи впровадженню інновацій у їхню роботу [3].

Прогрес у царині інформаційних та комунікаційних технологій та зростаюче використання Інтернету спрощує установам культури доступ до цільової аудиторії. Водночас музеї стали чутливішими до визначення цільової аудиторії та подання експозицій широким колам відвідувачів, активніше використовуючи інформаційні та комунікаційні технології для підвищення їх доступності та зрозумілості [4].

Сучасні інформаційні та комунікаційні технології, зокрема проєктори, інтерактивні застосунки та симулятори, що використовуються для музейних експозицій, зумовлюють необхідність цифрової трансформації демонстраційних площ музеїв. Створення високопродуктивної комунікаційної інфраструктури, поширення безперешкодного доступу до Wi-Fi та впровадження спеціалізованого програмного забезпечення допомагає відвідувачам активно досліджувати музеї та виставки [5].

У процесі розвитку інформаційних та комунікаційних технологій і програмно-алгоритмічних комплексів, відбувається активна трансформація мобільних технологій на туристичні путівники [6]. Завдяки мобільним застосункам з елементами доповненої реальності, відвідувачі матимуть можливість інтерактивно взаємодіяти з музейними експозиціями у новий, захоплюючий спосіб, збагачуючи свій культурний досвід [7]. В перспективі інтерактивні інструменти можуть стати ключовим елементом підвищення експозиційної привабливості музеїв та залучення нових груп відвідувачів.

Музеї стикаються з широким переліком нових потреб, що пов'язані зі збільшенням відвідувачів та інформаційних запитів. Це сприяє вдосконаленню інформаційних технологій з використанням віртуальної та доповненої реальності у мобільних застосунках. Технології доповненої реальності надають унікальні можливості для інтеграції віртуального та реального середовища, даючи відвідувачам музеїв змогу насолоджуватися покращеним віртуальним досвідом при взаємодії з історичними об'єктами [8].

Мета роботи. Метою дослідження є формування комплексного концепту мобільного музейного застосунку з розширеними характеристиками зручності, інтерактивності та персоналізації на основі аналізу існуючих застосунків провідних світових музеїв. Зокрема, акцент зроблено на використанні елементів доповненої реальності для формування інтерактивного досвіду відвідувачів, формуванні рекомендацій щодо функціональних особливостей та вимог до мобільного застосунку, зручності використання інтерфейсу та оновлення інформації про експонати працівниками музею.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. В ході проведеного дослідження проаналізовано мобільні застосунки, що використовуються у провідних музеях світу.

Застосунок Art of London: augmented gallery (Лондон, Велика Британія) [9] використовує технологію доповненої реальності (англ. Augmented Reality, AR) для відображення картин та скульптур у галереї. Зокрема він дає змогу користувачам переглядати 3D-анімації та взаємодіяти з інтерактивними елементами, які доповнюють твори мистецтва. Відвідувачі галереї можуть прослухати аудіо чи переглянути відео, які розкривають цікаві факти та історії про твори мистецтва та художників. Art of London: augmented gallery перетворює ознайомлення, вивчення та розуміння сучасного мистецтва в захопливий та поглиблений процес.

Застосунок The British Museum (Лондон, Велика Британія) [10] дає змогу користувачам досліджувати колекції музею за темою, періодом або місцем походження. Присутні функції пошуку експонатів на карті музею, а також за темою, назвою або часовим періодом. Застосунок надає можливість формувати маршрути подорожей по музею. Користувачі можуть прослуховувати аудіогіди для широкого переліку експонатів музею, а також відвідати віртуальні виставки та переглянути віртуальні експонати. Застосунок пропонує користувачам ознайомитися зі статтями про експонати та події, або переглянути календар майбутніх подій.

Explorer (Нью-Йорк, США) [11] – це віртуальний провідник по Американському музею природознавства. Він пропонує інтерактивну карту музею, що полегшує процеси пошуку експонатів та музейних зручностей. Застосунок надає текстові описи, фотографії та відео супровід експонатів, а також функціональні можливості тематичного пошуку за назвою або історичним періодом. Є можливість віртуальних відвідин виставок та перегляду експонатів музею. Застосунок Explorer має функціональні можливості рекомендувати відвідувачам експонати та виставки, ґрунтуючись на попередніх результатах пошуку та переглядів. Застосунок пропонує інтерактивний календар музейних подій, зокрема лекцій, семінарів та виставок. Користувачі можуть віртуально взаємодіяти з деякими експонатами музею, наприклад, обертати 3D-моделі або здійснювати інтерактивні симуляції. Застосунок Explorer пропонує доступ до фото-, аудіо- та відеоматеріалів про експонати та виставки, а також навчальні ресурси для дорослих та дітей, наприклад статті, ігри та вікторини.

Застосунок Louvre Buddy (Париж, Франція) [12] є комплексним мобільним гідом по Лувру, надаючи розширені можливості для ознайомлення з музейними колекціями. Він дає користувачам можливість досліджувати колекції за різними критеріями, формувати власні маршрути відвідування та прослухати аудіосупровід для широкого переліку експонатів. Завдяки функціональним можливостям віртуальних турів, відвідувачі можуть ознайомитись з виставками, експонатами, отримати доступ до статей та інформацію про події в Луврі. Louvre Buddy є важливим інструментом для планування візиту до музею, збагачуючи досвід відвідувачів в процесі вивчення мистецтва та історії музею.

Застосунок Natural History Museum (Лондон, Велика Британія) [13] забезпечує можливість досліджувати колекції музею за темою, періодом або місцем походження. Можна здійснювати пошук експонатів на віртуальній карті музею. Застосунок допомагає формувати маршрути по музею для оптимізації часу відвідувачів. У застосунку доступний функціонал для прослуховування аудіогідів для широкого набору експонатів музею, а також для відвідин віртуальних виставок. Застосунок пропонує ігрові сценарії, які, в інтерактивній формі, допомагають більше дізнатися про музей, експозиції та артефакти.

Застосунок Skin and Bones (Смітсонівський національний музей, Вашингтон, США) [14] використовує доповнену реальність (AR), щоб "оживити" скелети тварин. Даний функціонал дає користувачам можливість побачити, як би виглядали тварини з м'язами, шкірою та хутром. Застосунок дає змогу взаємодіяти з 3D-моделями тварин, наприклад, обертати або збільшувати масштаб, отримати інформацію про анатомію тварин та особливості їх адаптації до навколишнього середовища. Увагу застосунку акцентовано на експонатах Смітсонівського національного музею, що пов'язані з анатомією та еволюцією тварин.

Порівняльну характеристику функціональних можливостей проаналізованих мобільних музейних застосунків подано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Функціональні особливості музейних застосунків.

| Застосунок | Карта експонатів | Мультимедійна інформація про експонати, галереї | AR-функції | Віртуальні екскурсії | Загальна інформація про музей чи проєкт | Інформація щодо придбання квитків | Можливість залишити відгук | Рекомендації відповідно до інтересів користувачів |
|-------------------------------|------------------|---|------------|----------------------|---|-----------------------------------|----------------------------|---|
| Art of London: augmented gall | + | + | + | - | + | - | - | - |
| The British Museum | + | + | - | + | + | + | + | - |
| Explorer | + | + | - | + | + | + | + | + |
| Louvre Buddy | + | + | - | + | + | + | + | - |
| Natural History Museum | + | + | - | + | + | + | + | - |
| Skin and Bones | + | + | + | - | + | - | - | - |

Проаналізувавши зібрані в таблиці 1 дані можемо зробити висновки, що:

- У кожному з проаналізованих застосунків є карта експонатів, мультимедійна інформація про експонати та галереї, а також загальна інформація про музей чи проєкт.
- Оскільки застосунки з AR-функціоналом в основному сфокусовані саме на відображенні цифрових елементів засобами доповненої реальності, тому в них доступні обмежені функціональні можливості порівняно з іншими застосунками.
- Лише в одному із проаналізованих застосунків наявні рекомендації за інтересами користувачів. Проте на це слід звернути увагу, оскільки дані функціональні можливості значно покращують досвід використання застосунків [15].
- Інформація про квитки та екскурсії є в більшості проаналізованих застосунків, що вказує на важливість даних функцій.

На основі проведеного аналізу особливостей подамо перелік функціональних можливостей концептуального прототипу музейного застосунку з елементами доповненої реальності у виді множини.

$$F(MP, MI, AR, RC, RS),$$

де MP – функції віртуальної карти музею для пошуку експонатів, визначення локації користувача, прокладання маршрутів. MI – функції інформування відвідувачів про експонати, експозиції та мультимедійний супровід об'єктів музею. AR – набір функцій з елементами доповненої реальності для відображення віртуальних елементів. RC – множина рекомендаційних функцій на основі пошукових запитів чи індивідуальних траєкторій відвідувачів. RS – функціональний набір щодо роботи установи: квитки, відпочинкові зони, зручності тощо.

Після аналізу застосунків і їх функціоналу можна перейти до формування загального концепту музейного застосунку з елементами доповненої реальності

Діаграму використання концепту музейного застосунку елементами доповненої реальності у форматі use-case актора «Користувач» подано на рис 1.

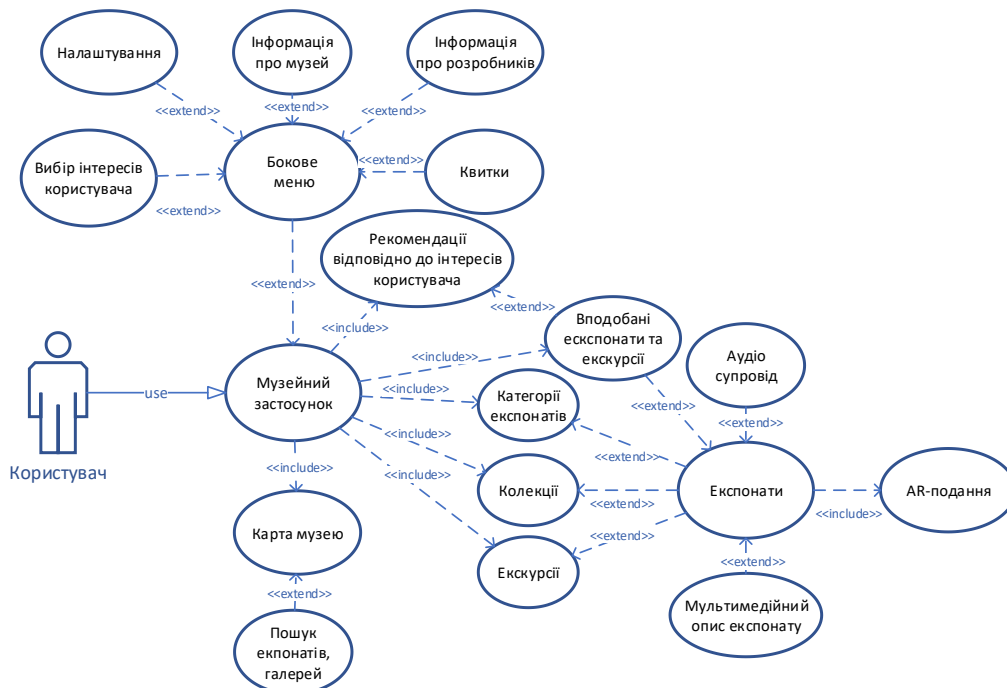


Рис.1 – Use-case діаграма актора «Користувач» концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Взаємодія з актором «Користувач» починається з головного меню, де відображені основні елементи навігації та рекомендації щодо екскурсій за замовчуванням. До основних елементів навігації належать: перегляд категорій, колекцій та експонатів, список вподобаних екскурсій та експонатів, карта музею. При перегляді експонатів актор «Користувач» може отримати інформацію про конкретний експонат у вигляді текстового опису, зображень та аудіосупроводу. AR-подання надає можливість взаємодіяти з віртуальними елементами та досліджувати експонати в

інтерактивному режимі. Актор «Користувач» може додавати екскурсії та експонати до списку вподобань, щоб повторно не шукати їх. Сформований список вподобань використовується для надання рекомендацій. За допомогою карти музею можна орієнтуватися між галереями та експонатами, формувати траєкторії переходів, знаходити відпочинкові зони та зручності тощо.

Діаграма використання концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності у форматі use-case актора «Працівник музею» подана на рис.2.



Рис.2 – Use-case діаграма актора «Працівника музею» концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Актори «Працівник музею» мають можливість отримувати звіти та ініціювати процедури аналітичного опрацювання даних про дії користувачів, зокрема, які експонати, галереї та маршрути користуються найбільшою популярністю, як користувачі переміщуються по музею, скільки часу вони проводять біля експонатів. Актори «Працівник музею» можуть редагувати інформацію про експонати, додавати та видаляти об'єкти на карті. В концептуальному прототипі мобільного музейного застосунку з елементами доповненої реальності доцільно створити функціональні можливості для взаємодії з користувачами. При цьому «Працівник музею» може переглядати та відповідати на відгуки користувачів, надсилати їм електронні листи з новинами про музей, майбутні подіями, новими експонатами тощо, а також давати відповіді на запитання громадян, які можуть виникнути під час використання мобільного застосунку.

На рис. 3 подано узагальнену структуру бази даних концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності.

Таблиця Mob_AR_User містить інформацію щодо персональних даних користувачів, зокрема, універсальний ідентифікатор облікового запису користувача, його ім'я, адресу електронної пошти, хеш пароля тощо. До пов'язаних таблиць відносяться:

- Mob_AR_Visit – зберігає інформацію про візит користувача до музею, зокрема, дату, час і тривалість візиту.
- Mob_AR_Viewed_exhibits – містить відомості про експонати, які переглянули користувачі, час перегляду конкретного експонату та ID користувача, що здійснював перегляд.

- Mob_AR_Favorite_exhibits – містить список вподобаних користувачами експонатів та відомості про користувача, якому належить конкретний список.



Рис.3 – Узагальнена структура бази даних концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Крім того таблиця Mob_AR_User пов'язана з таблицями:

- Mob_AR_User_feedback – зберігає інформацію про відгуки, надіслані користувачем. Основними полями є зміст повідомлення та оцінки, які залишив користувач, тип відгуку та дата надсилання.
- Mob_AR_User_trajectory – зберігає дані про траєкторії користувачів та час витрачений на проходження конкретної траєкторії.
- Mob_AR_Routes – містить відомості про шляхи, які обирали користувачі під час їхнього відвідування музею, популярність різних шляхів та середній час проходження конкретного шляху.

- `Mob_AR_Coordinates` – містить набори координат, які використовуються для визначення обраних користувачами шляхів.

Таблиця `Mob_AR_Exhibits` зберігає інформацію про експонати відповідно до рекомендацій загальноєвропейської колекції 3D-моделей спадщини Europeana [16], зокрема, унікальний ідентифікатор експоната, опис, фізичні характеристики, AR-елементи, супровідні матеріали тощо. Ці атрибути дають змогу детально описати кожен експонат та його характеристики. До пов'язаних таблиць відносяться:

- `Mob_AR_Collections` – містить дані щодо приналежних до колекції експонатів. Записи характеризуються назвою, описом, кількістю експонатів та ідентифікатором працівника музею, який курує колекції. `Curator (Staff_ID)`.

- `Mob_AR_Exposition` – містить відомості про назву, опис та тематику експозиції, час її початку та завершення, а також список колекцій, які виставлені для демонстрації в конкретній експозиції.

- `Mob_AR_Locations` – зберігає дані про локації музею, де знаходяться експозиції музею, їх місткість та рівень доступності для людей з обмеженими можливостями.

Таблиця `Mob_AR_Museum_staff` містить інформацію про працівників музею, зокрема унікальний ідентифікатор, його ім'я, електронну пошту, пароль, номер телефону, адресу та відомості щодо входу в застосунок.

З цією таблицею `Mob_AR_Museum_staff` пов'язані таблиці:

- `Mob_AR_Roles` – зберігає дані про ролі працівників музею, їх права, привілеї, та відділ, до якого належить працівник музею.

- `Mob_AR_Feedback_reply` – містить інформацію про сформовані працівниками відповіді на відгуки користувачів.

- `Mob_AR_Events` – зберігає відомості про події, які будуть відбуватися в музеї, зокрема, опис, тип, бюджет та ID відповідального за організацію працівника музею.

- `Mob_AR_News` – містить дані інформацію про автора, зміст та публікацію новин.

- `Mob_AR_Analytics_report`, яка відображає дані аналітичних звітів, що були згенеровані працівниками музею, а саме вміст, дату генерації, тип звіту, метод генерації звіту, короткий зміст звіту коментарі та ID працівника, що згенерував звіт.

Узагальнена діаграма класів концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності умовно розділена на дві частини. Класи для обслуговування експонатів і класи для обслуговування облікових записів та дій користувачів. На рис.4 подано множину класів для обслуговування експонатів концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності. Основним батьківським класом є клас `Exhibits`. Він містить атрибути, що описують загальні характеристики експонатів музею: ID, назву, автора, опис, категорію, мультимедіа матеріали, рік створення та стан. Методи цього класу використовуються для додавання, оновлення, видалення експонатів та перегляду деталей експонатів.

Від основного класу походять два дочірніх класи:

- `Viewed_exhibits` – містить атрибути `view_duration` та `view_date` для опису тривалості перегляду експонату та дати і часу перегляду. Методи в даному класі реалізують можливості для додавання, редагування, перегляду та видалення переглянутих експонатів.

- `Favorite_exhibits` – використовується для реалізації методів додавання, редагування та видалення експонатів в списку вподобань.

Кожен експонат належить до колекції. Методи та атрибути пов'язані колекціями реалізовано в класі `Collection`. Окрім атрибутів імені та опису наявний атрибут `Number_of_exhibits`, який використовується для збереження числа експонатів, що належать до конкретної колекції. Методи даного класу реалізують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення колекцій, а також методи для додавання чи видалення експонатів в колекції. Колекції виставляються для демонстрації в межах експозиції. Методи та атрибути необхідні для роботи з експозиціями реалізовано в класі `Exposition`. До унікальних атрибутів даного класу можна віднести:

- `collection_list` – список колекцій, які є частиною експозиції;
- `theme` – тематика експозиції;
- `start_date` – дата початку експозиції;
- `end_date` – дата завершення експозиції.

Методи даного класу реалізують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення експозицій, а також методи для додавання чи видалення колекцій в експозиції.

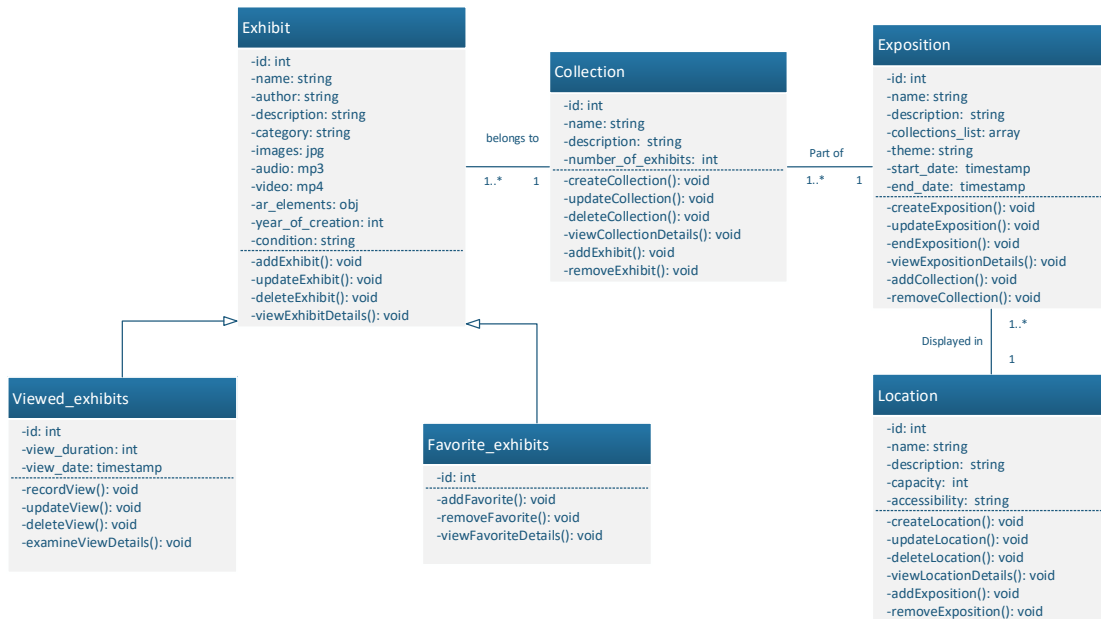


Рис.4 – Множина класів для обслуговування експонатів концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Експозиції виставляються для демонстрації в певній локації музею. Методи та атрибути пов'язані з локаціями реалізовано в класі Location. Унікальними атрибутами цього класу є: *capacity*, який містить інформацію про місткість локацій та *accessibility*, що описує рівень доступності локації для осіб з обмеженими можливостями. Методи класу реалізують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення інформації про локації, а також методи для додавання чи видалення експозицій на локації.

На рис.5 подано множину класів для обслуговування облікових даних користувачів концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності. В даній множині класів основним батьківським є клас User. Він містить атрибути, що описують загальні характеристики користувачів музейного застосунку: ID, ім'я, email, пароль, дату реєстрації, стать, дату народження і час останнього входу в систему.

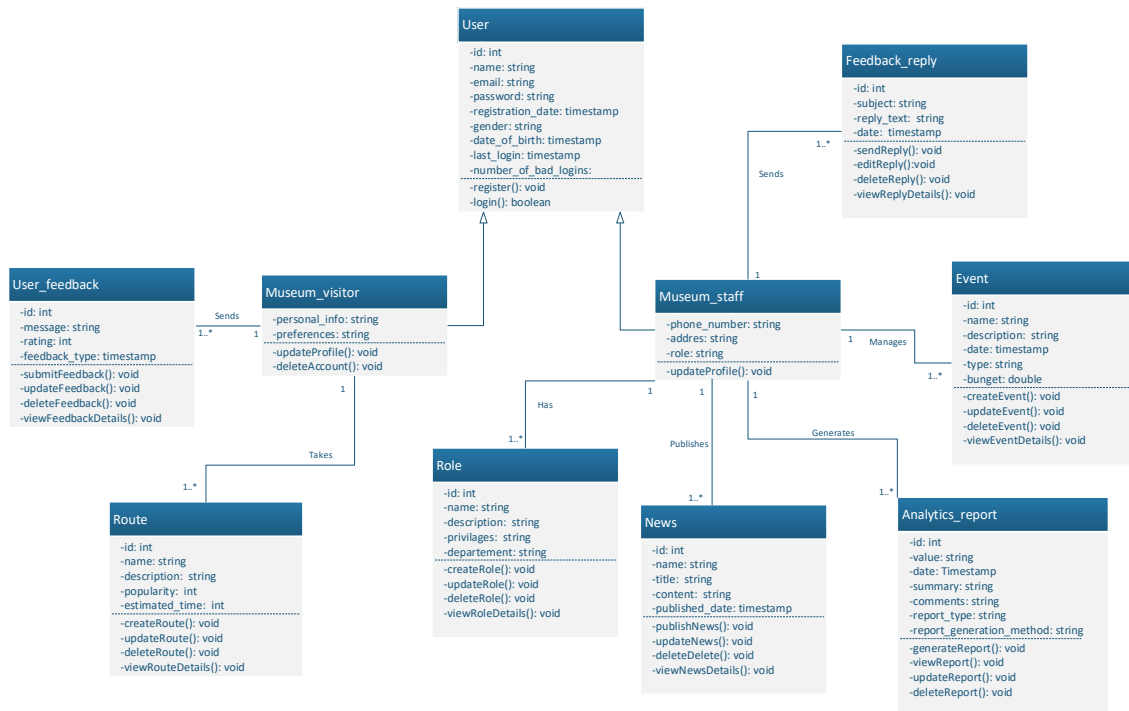


Рис.5 – Класи для облікових даних користувачів концепту мобільного застосунку з елементами доповненої реальності

Методи цього класу передбачають можливості реєстрації та аутентифікації в застосунку. Одним з дочірніх класів є клас *Museum_visitor*. Окрім методів і атрибутів успадкованих від батьківського класу він містить атрибути, що описують персональні відомості про користувачів-відвідувачів музею та їхні вподобання. Методи класу реалізують можливості для оновлення даних облікового запису та його видалення. З даним класом пов'язаний клас *User_feedback*. Він містить набори атрибутів та методів, що реалізують функціональні можливості щодо надсилання відгуків користувачами застосунку.

Клас *Route* містить атрибути, що описують маршрути користувачів в музеї: назву, опис, популярність маршруту, час його проходження. Методи цього класу реалізують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення маршрутів. Іншим дочірнім класом є клас *Museum_staff*. Окрім успадкованих атрибутів і методів, він містить унікальні атрибути, що зберігають телефон, адресу та роль працівника музею. Методи цього класу надають функціональні можливості для оновлення даних про працівника музею. З класом *Museum_staff* пов'язані наступні класи *Role*, *Feedback_reply*, *Event*, *Analytics_report* та *News*. Клас *Role* містить дані, що описують ролі працівників музею. Методи цього класу включають можливості для створення, редагування, перегляду та видалення ролей. Клас *Feedback_reply* містить атрибути, що описують відповіді на відгуки користувачів. Методи цього класу дають змогу додавати, оновлювати, переглядати та видаляти відповіді на відгуки. Клас *Event* містить атрибути, що описують події в музеї. Методи цього класу забезпечують можливості для створення, редагування, перегляду та видалення подій.

Клас *Analytics_report* містить атрибути, що описують загальні характеристики аналітичних звітів. Методи цього класу надають можливості для генерування, редагування, перегляду та видалення звітів. *News* – містить атрибути, що описують новини, які створюють працівники музею. Методи цього класу дають змогу створювати, редагувати, переглядати та видаляти новини.

Висновки та перспективи подальших досліджень. В епоху стрімкого технологічного прогресу музеї мають унікальну можливість трансформувати свій підхід до взаємодії з відвідувачами та інтерактивного подання експозицій. Впровадження інформаційних та комунікаційних технологій, зокрема мобільних застосунків із елементами доповненої реальності, може збагатити досвід відвідувачів, залучити нові групи громадян та покращити процеси управління в музеях. В результаті аналізу провідних музейних застосунків було сформовано низку функціональних можливостей, які потрібно закласти при концептуальному проектуванні.

У статті запропоновано діаграми варіантів використання для опису користувацького та адміністративного функціоналу концепту застосунку з елементами доповненої реальності. Подано

узагальнену структуру бази даних та взаємозв'язки всередині інформаційної системи. Вона представляє спосіб організації та взаємозв'язку різних компонентів, визначаючи загальну модель та архітектуру бази даних. Сформовано діаграми класів, що візуально представляють структуру за шляхом моделювання класів, їхніх атрибутів, методів та взаємозв'язків між ними.

Запропонований у дослідженні концепт музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності, рекомендаційною системою, інтерфейсом для користувачів та функціоналом для працівників комбінує у собі рішення різних застосунків з передових музеїв світу. Такий комплексний підхід здатний підвищити привабливість музеїв, залучити широку аудиторію та забезпечити якісний досвід вивчення культурної спадщини. В процесі подальших досліджень доцільно зосередитися на розробці та тестуванні запропонованого концепту музейного мобільного застосунку з елементами доповненої реальності серед цільової аудиторії для отримання зворотного зв'язку та вдосконалення функціоналу згідно з їхніми потребами та побажаннями. Важливим аспектом є розробка детальних технічних специфікацій для реалізації концепту з урахуванням сучасних тенденцій у галузі мобільних технологій, доповненої реальності та дизайну користувацьких інтерфейсів. Також слід приділити увагу питанням безпеки та конфіденційності даних користувачів, захисту інтелектуальної власності музеїв, а також економічним аспектам розробки, впровадження та підтримки мобільних застосунків. Перспективним напрямком є інтеграція запропонованого концепту з іншими цифровими ініціативами музеїв для створення комплексного цифрового досвіду відвідувачів.

Список бібліографічного опису

1. Kamariotou, V., Kamariotou, M., Champipi, E., & Kitsios, F. (2021). Moving towards museum digital strategy: a transformational framework. In *Business Intelligence and Modelling: Unified Approach with Simulation and Strategic Modelling in Entrepreneurship 8th* (pp. 397-402). Springer International Publishing.
2. United Nations Group on the Information Society. – URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=30022&nr=2487&menu=3170> (date of access: 30.04.2024)
3. Teslyuk, T., Teslyuk, V., Lypak, H., Kunanets, N., & Veretennikova, N. (2020). A Mobile Museum Guide Application. In *MoMLeT+ DS* (pp. 314-326).
4. Cristobal-Fransi, E., Ramón-Cardona, J., Daries, N., & Serra-Cantalalops, A. (2021). Museums in the digital age: An analysis of online communication and the use of e-commerce. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 14(4), 1-21.
5. Philippopoulos, P. I., Drivas, I. C., Tselikas, N. D., Koutrakis, K. N., Melidi, E., & Kouis, D. (2024). A Holistic Approach for Enhancing Museum Performance and Visitor Experience. *Sensors*, 24(3), 966.
6. Luther, W., Baloian, N., Biella, D., & Sacher, D. (2023). Digital twins and enabling technologies in museums and cultural heritage: An overview. *Sensors*, 23(3), 1583.
7. Agustini, K., Wahyuni, D. S., Mertayasa, I. N. E., Ratminingsih, N. M., & Ariadi, G. (2023). The effect of augmented reality mobile application on visitor impact mediated by rational hedonism: Evidence from Subak Museum. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(1), 77-88.
8. Bachiller, C., Monzo, J. M., & Rey, B. (2023). Augmented and virtual reality to enhance the didactical experience of technological heritage museums. *Applied Sciences*, 13(6), 3539.
9. Augmented Reality Art Gallery. URL: <https://artoflondon.co.uk/events/augmented-reality-art-gallery> (date of access: 30.04.2024).
10. The British Museum. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=org.britishmuseum.tapatme&hl=en_US (date of access: 30.04.2024).
11. Explorer App. URL: <https://www.amnh.org/plan-your-visit/explorer> (date of access: 30.04.2024).
12. Louvre Museum Buddy. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.lvr.paris.vusiem&hl=uk&gl=US>. (date of access: 30.04.2024)
13. Natural History Museum. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.nhm.london.vusiem&hl=en_US (date of access: 30.04.2024)
14. Skin & Bones. URL: <https://apps.apple.com/us/app/skin-bones/id929733243> (date of access: 30.04.2024)
15. Davidavičienė, V., Raudeliūnienė, J., & Viršilaitė, R. (2021). Evaluation of user experience in augmented reality mobile applications. *Journal of Business Economics and Management*, 22(2), 467-481. <https://doi.org/10.3846/jbem.2020.13999>
16. Twin it! A pan-European collection of heritage 3D models. URL: <https://www.europeana.eu/en/galleries/15694-twin-it-a-pan-european-collection-of-heritage-3-d-models> (date of access: 30.04.2024)

References

1. Kamariotou, V., Kamariotou, M., Champipi, E., & Kitsios, F. (2021). Moving towards museum digital strategy: a transformational framework. In *Business Intelligence and Modelling: Unified Approach with Simulation and Strategic Modelling in Entrepreneurship 8th* (pp. 397-402). Springer International Publishing.
2. United Nations Group on the Information Society. – URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=30022&nr=2487&menu=3170> (date of access: 30.04.2024)
3. Teslyuk, T., Teslyuk, V., Lypak, H., Kunanets, N., & Veretennikova, N. (2020). A Mobile Museum Guide Application. In *MoMLeT+ DS* (pp. 314-326).

4. Cristobal-Fransi, E., Ramón-Cardona, J., Daries, N., & Serra-Cantalops, A. (2021). Museums in the digital age: An analysis of online communication and the use of e-commerce. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 14(4), 1-21.
5. Philippopoulos, P. I., Drivas, I. C., Tselikas, N. D., Koutrakis, K. N., Melidi, E., & Kouis, D. (2024). A Holistic Approach for Enhancing Museum Performance and Visitor Experience. *Sensors*, 24(3), 966.
6. Luther, W., Baloian, N., Biella, D., & Sacher, D. (2023). Digital twins and enabling technologies in museums and cultural heritage: An overview. *Sensors*, 23(3), 1583.
7. Agustini, K., Wahyuni, D. S., Mertayasa, I. N. E., Ratminingsih, N. M., & Ariadi, G. (2023). The effect of augmented reality mobile application on visitor impact mediated by rational hedonism: Evidence from Subak Museum. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(1), 77-88.
8. Bachiller, C., Monzo, J. M., & Rey, B. (2023). Augmented and virtual reality to enhance the didactical experience of technological heritage museums. *Applied Sciences*, 13(6), 3539.
9. Augmented Reality Art Gallery. URL: <https://artoflondon.co.uk/events/augmented-reality-art-gallery> (date of access: 30.04.2024).
10. The British Museum. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=org.britishmuseum.tapartme&hl=en_US (date of access: 30.04.2024).
11. Explorer App. URL: <https://www.amnh.org/plan-your-visit/explorer> (date of access: 30.04.2024).
12. Louvre Museum Buddy. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.lvr.paris.vusiem&hl=uk&gl=US> (date of access: 30.04.2024)
13. Natural History Museum. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.nhm.london.vusiem&hl=en_US (date of access: 30.04.2024)
14. Skin & Bones. URL: <https://apps.apple.com/us/app/skin-bones/id929733243> (date of access: 30.04.2024)
15. Davidavičienė, V., Raudeliūnienė, J., & Viršilaitė, R. (2021). Evaluation of user experience in augmented reality mobile applications. *Journal of Business Economics and Management*, 22(2), 467-481. <https://doi.org/10.3846/jbem.2020.13999>
16. Twin it! A pan-European collection of heritage 3D models. URL: <https://www.europeana.eu/en/galleries/15694-twin-it-a-pan-european-collection-of-heritage-3-d-models> (date of access: 30.04.2024).