

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-54>  
УДК 004.4:004.93:004.946.4:794

МАРЧЕНКО ОЛЕНА

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"  
<https://orcid.org/0000-0001-5754-4920>  
e-mail: [marchenko.helene@gmail.com](mailto:marchenko.helene@gmail.com)

## ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ МОБІЛЬНОЇ ГРИ З ЕЛЕМЕНТАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ (AR) ДЛЯ ПЛАТФОРМ ANDROID ТА IOS

Дослідження присвячене процесам проєктування та розробки мобільної гри з використанням технології доповненої реальності для двох провідних мобільних платформ Android та iOS. Актуальність теми зумовлена стрімким розвитком технологій мобільних пристроїв та AR, що відкриває нові перспективи для створення інтерактивних ігрових продуктів, які об'єднують реальний та віртуальний світи. Метою цього дослідження є розробка та реалізація кросплатформної гри "Скарби навколо" з використанням технології доповненої реальності для пристроїв Android та iOS з інтеграцією фреймворків ARKit та ARCore через ігровий рушій Unity. Тому в цьому дослідженні розглядаються питання зі створення концепції гри, проєктування архітектури, розробку UI/UX дизайну, реалізацію AR-механік, геолокаційних сервісів і тестування на реальних пристроях. У роботі проведено порівняльний аналіз ігрових рушіїв Unity та Unreal Engine з точки зору їхньої придатності для розробки мобільних AR-ігор. Обґрунтовано вибір Unity як оптимального рушія завдяки його ефективній кросплатформності (AR Foundation), кращій оптимізації для мобільних пристроїв, швидкості розробки та великій екосистемі. Також проведено порівняння фреймворків ARKit та ARCore, що підкреслило доцільність використання кросплатформних рішень для забезпечення підтримки обох операційних систем. Згідно з метою дослідження розроблено концепцію мобільної AR-гри "Скарби навколо" (Treasure Around), в якій гравці шукають віртуальні скарби, переміщуючись у реальному світі за допомогою підказок та взаємодіючи з AR-об'єктами через камеру смартфона. Описано основні елементи інтерфейсу користувача, орієнтованого на інтуїтивність та мінімалізм в умовах AR. Розроблено базовий алгоритм ігрового процесу, включаючи активацію AR-режиму на основі геолокації та взаємодію зі знайденими скарбами.

**Ключові слова:** доповнена реальність, кросплатформа, Unity, ARKit, ARCore.

MARCHENKO OLENA

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MOBILE GAME WITH AUGMENTED REALITY (AR) ELEMENTS FOR ANDROID AND IOS PLATFORMS

The study focuses on the design and development of a mobile game using augmented reality technology for the two leading mobile platforms Android and iOS. The relevance of the topic is due to the rapid development of mobile and AR technologies, which opens up new prospects for creating interactive gaming products that combine the real and virtual worlds. The purpose of this study is to develop and implement a cross-platform game "Treasures Around" using augmented reality technology for Android and iOS devices with the integration of the ARKit and ARCore frameworks through the Unity game engine. Therefore, this study addresses the issues of creating a game concept, designing architecture, developing UI/UX design, implementing AR mechanics, geolocation services, and testing on real devices. A comparative analysis of the Unity and Unreal Engine game engines was conducted in terms of their suitability for developing mobile AR games. The choice of Unity as the optimal engine is substantiated due to its effective cross-platform support (AR Foundation), better optimization for mobile devices, development speed, and large ecosystem. A comparison of the ARKit and ARCore frameworks was also conducted, which emphasized the feasibility of using cross-platform solutions to support both operating systems. In accordance with the research objective, the concept of the mobile AR game "Treasure Around" was developed, in which players search for virtual treasures, moving in the real world using hints and interacting with AR objects through a smartphone camera. The main elements of the user interface focused on intuitiveness and minimalism in AR are described. The basic algorithm of the gameplay is developed, including activation of the AR mode based on geolocation and interaction with the found treasures.

**Keywords:** augmented reality, cross-platform, Unity, ARKit, ARCore, Treasure Around.

Стаття надійшла до редакції / Received 10.05.2025

Прийнята до друку / Accepted 06.06.2025

**Постановка проблеми.** Стрімкий розвиток технологій мобільних пристроїв та доповненої реальності (AR) відкрив нові можливості для створення інтерактивних ігрових продуктів, здатних об'єднувати реальний та віртуальний світи. Незважаючи на велику кількість мобільних ігор на ринку, ігри з елементами доповненої реальності досі залишаються відносно новим і перспективним напрямом [1-2]. Водночас розробка таких застосунків пов'язана з низкою технічних і концептуальних викликів. До основних проблем у створенні мобільних ігор на основі AR можна віднести:

- забезпечення стабільної роботи для широкого спектру пристроїв з різними технічними характеристиками (продуктивність та процесора, оперативна пам'ять, внутрішня пам'ять та тип накопичувача UFS, камера, акумулятор тощо) [1, 3];

- коректна інтеграція функціоналу доповненої реальності для операційної системи Android (ARCore) та iOS (ARKit) [4-5];

- оптимізація продуктивності для зменшення енергоспоживання і підтримки плавності роботи додатку [2, 6];

- розробка ігрового процесу, який зможе поєднувати реальне фізичне середовище з віртуальними елементами та забезпечувати залучення більшої кількості користувачів;
- створення інтуїтивно зрозумілого та зручного інтерфейсу користувача (UI/UX) для взаємодії з елементами доповненої реальності.

З огляду на це виникає потреба у розробці та реалізації мобільної гри, яка зможе враховувати ці особливості й демонструвати ефективне використання технологій доповненої реальності. Розв'язання поставленої проблеми передбачає розробку мобільного додатку на основі кросплатформних ігрових рушіїв (фреймворків) з використанням сучасних засобів програмування, систем трекінгу та візуалізації доповненої реальності, що забезпечить якісний користувацький досвід та розширить можливості інтерактивних мобільних ігор.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Мобільна доповнена реальність є технологією, яка швидко розвивається й охоплює в собі велику аудиторію користувачів, починаючи від розваг і закінчуючи освітою та охороною здоров'я, що в сучасному світі залишається досі актуальним питанням [7]. Цифрові мобільні ігри відіграють все більш важливу роль у сучасному суспільстві, оскільки інтерактивні інструменти у гейміфікації можуть мотивувати учнів та сприяти підвищенню їхньої уваги, що є корисним у навчальному-освітньому процесі. Наприклад, в роботі [8] авторами розглядаються мобільні додатки доповненої реальності в освітньому процесі для навчальної аудиторії, де представлено інтерактивну інформаційну систему, призначену для підтримки впровадження додатку доповненої реальності в контексті ігрового навчання. Мобільна гра з доповненою реальністю PlanetarySystemGO базується на визначенні місцезнаходження, призначену для сприяння визначенню небесних тіл і планетних систем Всесвіту.

Водночас з цим є припущення, що в епоху цифровізації традиційна освіта починає трансформуватися в більш динамічну та захоплюючу за допомогою використання сучасних методів. В роботі [9] зроблено наголос на тому, що у зв'язку з пандемією COVID-19 навчальні заклади освіти перейшли на дистанційне навчання, що спонукало вчителів та викладачів шукати нові методи для активного залучення учнів до освітнього процесу. Авторами представлена розробка математичної гри з використанням портативної доповненої реальності для дітей початкової школи в якості альтернативного методу навчання математики, де для розробки розглядалися три основні етапи: 1) вивчення вимог до освітньої гри; 2) проектування та розробка, включаючи ігровий елемент, сюжетну лінію, ігрові персонажі та дизайн користувача; 3) інтеграція навчальної математичної гри за допомогою портативної доповненої реальності та оцінювання.

Іншим важливим фактором при розробці та проектуванні мобільних ігор є використання ігрового кросплатформного рушія – програмної платформи, яка надає розробникам інструменти для створення відеоігор та інтерактивних додатків з базовим згідно з вимогами мобільних додатків для операційних систем Android та iOS. Будь-який ігровий рушій містить основні базові функції, серед яких можна відмітити: графічний рушій (для рендерингу 2D та 3D-графіки); фізичний рушій (для стимуляції фізичних процесів, таких як гравітація, зіткнення, рухи тіл тощо); аудіо-рушій (для обробки та відтворення звуків); система анімацій (для створення руху персонажів, об'єктів тощо); скриптова система (для програмування логіки гри, наприклад, #C, Lua тощо); інструменти UI/UX (для створення інтерфейсу користувача); редактори сцен (для візуалізації розробки рівнів та об'єктів). В роботах [10-11] описані найпопулярніші рушії для розробки додатків доповненої реальності, зокрема Unity, Unreal Engine, Vuforia та Kudan. Але вагомим внеском авторів в роботі [10] є те, що дослідження зосереджено на проблемах розробки та впровадження, з якими можна стикатися під час розробки додатків доповненої реальності на мобільних платформах, а на думку авторів в роботі [11] це є актуальною проблемою для інноваційних та сучасних технологій у розробці мобільних додатків зі створенням платформи для появи нових видів, жанрів та діяльності додатків.

З метою реалізації мобільної гри з елементами доповненої реальності необхідно виконати основні етапи: прототипування додатків за допомогою ігрового кросплатформного рушія; тестування додатків за допомогою цифрових пристроїв або гаджетів, наприклад, смартфонів, планшетів тощо; оптимізація мобільного додатку; масштабування з метою ефективної роботи та підтримки зростаючої кількості користувачів, де обсяг даних та складність функціональності досягається без погіршення продуктивності. Тестування є одним з головних етапів при розробці мобільних додатків, яке відбувається перед публікацією в магазинах додатків App Store та Google Play, де необхідно звернути увагу на виклики, пов'язані з інтеграцією реального та віртуального середовища з високими вимогами до продуктивності, а також новими способами взаємодії. В роботі [12] авторами проводилося тестування мобільних додатків для Android та iOS розробленого додатку з елементами доповненої реальності, де тести проводилися з апаратними (енергоефективність, тестування точності GPS) та програмними аспектами (зручність використання, читабельність, висока контрастність тощо)

#### **Постановка мети та задач**

Метою цього дослідження є розробка та реалізація кросплатформної гри “Скарби навколо” з використанням технології доповненої реальності для пристроїв Android та iOS з інтеграцією фреймворків ARKit та ARCore через ігровий рушій Unity. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

- проаналізувати існуючі технології доповненої реальності, особливості фреймворків ARKit і ARCore та їх застосування в ігровій розробці;
- обґрунтувати вибір рушія розробки (Unity) та технологічного стека для створення гри з підтримкою AR на Android та iOS.
- розробити концепцію гри, включаючи ігрову механіку пошуку скарбів у реальному середовищі, правила та цілі гри, інтерфейс користувача (UI/UX).

#### Виклад основного матеріалу

В цьому дослідженні спочатку описуються основні характеристики ігрових рушіїв, таких як Unity та Unreal Engine, а також фреймворків ARKit (iOS) та ARCore (Android), на основі яких проведений аналіз основних можливостей з вибором більш оптимального ігрового рушія та поєднанням обох фреймворків в одному рушії. Після чого автором представлено прототип мобільного застосунку з елементами AR з назвою “Скарби навколо”, де будуть описані основні ключові етапи розробки та реалізації мобільного додатку.

**Характеристики ігрових рушіїв (платформ) для розробки мобільного додатку з AR-елементами та фреймворків для iOS та Android.** Для проєктування мобільної гри необхідно вибрати більш доцільний та оптимальний ігровий рушій, який зможе інтегрувати функції доповненої реальності як для пристроїв операційної системи на Android, так і для iOS. Порівняємо два ігрові рушії Unity та Unreal Engine для розробки мобільної гри з елементами доповненої реальності.

Таблиця 1

**Порівняльна таблиця ігрових рушіїв Unity та Unreal Engine для розробки мобільної гри з AR-елементами**

Критерій	Unity	Unreal Engine
Підтримка AR	AR Foundation (підтримує і ARCore і ARKit), що дуже добре інтегрується з Android та iOS.	AR Frameworks (ARCore, ARKit через плагіни), що добре інтегрується, але є складнішим у налаштуванні.
Продуктивність на Android та iOS	Вища оптимізація для середнього та слабшого заліза, добре працює на широкому спектрі пристроїв.	Вища якість графіки, що вимагає потужніших пристроїв з процесорами, на старих пристроях продуктивність буде гіршою.
Графіка та візуальні ефекти	Достатня для більшості мобільних AR-проєктів, але можливі обмеження для ігор AAA.	Висока фотореалістичність, що краще підходить для складних AR-сцен з багатими візуальними ефектами.
Швидкість розробки	Вища завдяки великій кількості шаблонів, плагінів, Asset Store, а також простіша крива навчання.	Більш складна розробка через складніший інтерфейс та архітектуру.
Кросплатформність	Відмінна підтримка пристроїв Android та iOS одночасно з одним кодом для обох систем.	Підтримка Android та iOS вимагає більше ручного налаштування для оптимізації під кожен платформу.
Інтеграція ARCore та ARKit	Вбудована через AR Foundation й має змогу абстрагування з різними платформами.	Потрібно окреме налаштування для ARCore і ARKit через специфічні плагіни.
Розмір застосунку	Менший початковий розмір APK/IPA, що дозволяє значно простіше досягти вимог магазинів додатків.	Більший початковий розмір застосунку через важку рушійну базу.
Документація та ком'юніті	Дуже велика база даних, активне ком'юніті та швидка допомога.	Сильна підтримка AAA-розробників, але менше зосереджена на мобільні AR.
Ліцензія та комерційні умови	Безкоштовний до певного рівня доходу, після якого потрібна платна підписка (податки за дохід)	Безкоштовний до певного рівня доходу, після якого потрібна підписка від відсотку прибутку (рояліті від \$1 млн).
Підтримка інструментів CI/CD	Широка підтримка автоматизації збірок для Android або iOS.	Можлива автоматизація, яку складніше налаштувати для мобільних платформ.

Згідно з табл. 1 можна зробити висновок. Якщо потрібно розробити швидко мобільну AR-гру, яка буде працювати на більшості пристроїв Android та iOS – ігровий рушій Unity буде більш оптимальним та доцільним вибором, а якщо увага сконцентрована на максимальному рівні реалістичної графіки для цільової аудиторії з потужними процесорами пристроїв – тоді більш доцільним буде ігровий рушій Unreal Engine, але варто звернути увагу на те, що для розробки мобільних додатків з елементами AR будуть великі затрати часу на оптимізацію.

Далі порівняємо можливості ARKit для iOS та ARCore для Android. ARKit є фреймворком доповненої реальності, розроблений компанією Apple для пристроїв, які підтримуються операційною системою iOS (iPhone, iPad), який надає можливості для трекінгу руху пристрою в просторі, виявлення площини, освітлення сцени, а також розпізнавання обличчя та об'єктів. Завдяки глибокій інтеграції з апаратним забезпеченням Apple ARKit забезпечує високу стабільність та якість доповненої реальності. ARKit пропонує високу якість

та інтеграцію з пристроями Apple, особливо в плані відстеження обличчя завдяки TrueDepth камері та стабільній продуктивності. ARCore є фреймворком та платформою доповненої реальності від компанії Google для пристроїв, які підтримуються операційною системою Android дозволяє додавати віртуальні об'єкти до реального середовища за допомогою аналізу руху камери, площини освітлення. Цей фреймворк орієнтований на роботу для великої кількості Android-пристроїв, а також має SDK (набір інструментів для розробки програмного забезпечення та мобільних застосунків) для Unity та Unreal Engine. ARCore забезпечує ширшу сумісність з різними пристроями Android та має сильні геопросторові можливості завдяки VPS. В табл. 2 наведено порівняльну таблицю фреймворків.

Таблиця 2

**Порівняння фреймворків для розробки мобільної гри з AR-елементами для Android та iOS**

Характеристики	ARKit (iOS)	ARCore (Android)
Розробник	Apple Inc.	Google
Дата виходу	2017 рік	2018 рік
Платформи	iOS (iPhone, iPad)	Google (з версією 7.0 і вище)
Мова програмування	Swift, Objective-C	Java, Kotlin, C++, Unreal Engine
Інструменти інтеграції	ARKit API, RealityKit, SceneKit	ARCore SDK для Android, Unity, Unreal
Підтримка трекінгу	Позиційний трекер, трекінг обличчя, трекінг рук, об'єктів, людей	Позиційний трекінг, трекінг площин та об'єктів
Підтримка площини	Так, горизонтальні та вертикальні	Так, горизонтальні та вертикальні
Відстеження обличчя	Так (деталізоване 3D-моделювання обличчя)	Частково в залежності від пристрою
Оклюдія реальних об'єктів	Так, з вбудованою підтримкою	Частково в залежності від пристрою
Робота з освітленням	Інтелектуальне виявлення освітлення, світлові ефекти	Оцінка освітлення, базові освітлення
Стабільність та якість	Висока (на обмеженій кількості пристроїв Apple)	Варіантна (залежить від моделей смартфонів Android)
Особливості	Глибока інтеграція з апаратним забезпеченням	Широка сумісність з різними пристроями, доступність на великій кількості смартфонів

На основі табл. 2 проведемо аналіз характеристик ARKit та ARCore, який свідчить про те, що обидві технології забезпечують ефективні можливості для розробки мобільних додатків із доповненою реальністю. ARKit пропонує вищу якість трекінгу, точніше виявлення обличчя та кращу інтеграцію з апаратним забезпеченням пристроїв Apple, що позитивно впливає на стабільність роботи та візуальну достовірність AR-сцен. Крім того, підтримка LiDAR-сканера на нових моделях iPhone та iPad значно розширює можливості виявлення простору. ARCore, у свою чергу, орієнтований на широку підтримку пристроїв Android і забезпечує кросплатформенність через різні SDK, що є важливою перевагою для розробників, які прагнуть охопити широку аудиторію.

З огляду на цілі розробки мобільної гри, яка має бути доступною як на iOS, так і на Android, доцільно застосовувати підхід, що поєднує обидві технології з використанням кросплатформених рішень (наприклад, Unity з AR Foundation). Це дозволить одночасно забезпечити високу якість доповненої реальності на пристроях Apple та охопити велику кількість користувачів Android-пристроїв.

**Розробка та реалізація мобільного додатку з елементами AR.** Основна мета проекту передбачає собою дослідження процесу проектування та розробки мобільної гри з використанням технології доповненої реальності (AR) для двох провідних мобільних платформ Android та iOS. У рамках дослідження буде розроблено концепцію та реалізовано прототип мобільної гри “Скарби навколо” (Treasure Around), яка поєднуватиме ігровий процес із взаємодією з реальним світом через камеру та сенсори мобільних пристроїв. Розробка гри “Скарби навколо” слугуватиме практичним прикладом застосування теоретичних знань та дозволить наочно продемонструвати процес створення мобільного AR-додатку для двох основних операційних систем. Для розробки мобільної гри необхідно розглянути ключові аспекти та елементи, а саме: теоретичні основи доповненої реальності та мобільної розробки; концепцію гри, проектування архітектури гри, реалізація прототипу гри; тестування та оцінка прототипу на пристроях з операційною системою Android та iOS.

Мобільний додаток з використанням елементів доповненої реальності “Скарби навколо” (Treasure Around) – мобільна AR-гра, в якій гравці шукають скарби з переміщенням у реальному часу. За допомогою смартфона на платформі Android або iOS з підтримкою AR користувач за допомогою підказок шукає скарби на мапі та має змогу взаємодіяти з об'єктами за допомогою віртуально-цифрового середовища. Для того, щоб мобільна AR-гра була реалізована потрібно розглянути основні елементи при розробці.

1. Інтерфейс користувача (UI/UX), що містить в собі:

- основний екран авторизації за допомогою електронної пошти або соціальних мереж, кнопкою Start та увімкнення GPS;
- основний ігровий екран, який може підтримуватися пристроєм (камера + AR інтерфейс), що містить в собі радіус пошуку, кількість знайдених скарбів, підказки або компас-напрямок, а також мапа (міні мапа або інтеграція з Google Maps);
- екран з винагородою, де відбувається анімація знахідки, опис скарбу та бонуси;
- налаштування звуку та вібрації, мови, GPS тощо;
- сповіщення з використанням модальних вікон для надання дозволу до камери, увімкнення геолокації тощо.

2. Основний функціонал ігрового процесу повинен складатися з: системи реєстрації або авторизації користувача, доступу до GPS з визначення локації гравця, системи генерації скарбів у певних локаціях, відображення об'єктів AR через камеру пристрою; взаємодії з AR-об'єктами, підказок з місцями та прогрес гравця, звукові ефекти тощо.

3. Графіка і дизайн, де гра відображається візуальним стилем, наприклад, пригодницький, інтерактивний тощо, в якій присутні 3D-моделі скарбів, анімації та ефекти з відкриттям скарбів.

4. Геолокація передбачає собою інтеграцію з Google Maps з точним відображенням місцезнаходження користувача та нанесених позначок скарбів на мапі завдяки механізму розміщення скарбів.

5. AR-механіка та кросплатформність мобільного додатку передбачає собою використання ARKit для операційної системи iOS та ARCore для Android за допомогою ігрового рушія (фреймворку) Unity та AR-бібліотеки AR Foundation. AR-механіка повинна забезпечувати відстеження місцевості зі скануванням простору для розміщення скарбів, в якій перебуває користувач з відображенням AR-об'єктів на основі реального оточення та Touch-взаємодію з цими об'єктами.

6. Система нагород і мотивацій, яка складається з рутини (досягнення, місії, щоденні завдання), колекції скарбів (артефакти, коштовності тощо); рейтинг гравців (топ 10 або топ 100 гравців за кількістю знайдених скарбів або отриманих досягнень).

Розглянемо концепцію гри у вигляді послідовного алгоритму на рис. 1, де показано кожен крок на етапі розробки з наступним тестуванням. Концепція гри та її архітектура взаємопов'язана з елементами інтерфейсу користувача UI/UX, де користувач перед початком гри повинен авторизуватися та надати дозвіл до використання GPS, камери та інших функцій.



Рис. 1 Архітектура концепції мобільної гри "Скарби навколо" у вигляді алгоритму

Дизайн інтерфейсу гри "Скарби навколо" розроблений на основі ігрового рушія Unity, орієнтований на забезпечення зручної, інтуїтивно зрозумілої та візуально привабливої взаємодії користувача з доповненою реальністю без перевантаження екрану. Інтерфейс розроблено з урахуванням особливостей доповненої реальності, де основна взаємодія гравця відбувається через камеру мобільного пристрою. Усі елементи інтерфейсу мають мінімалістичний стиль і розташовані таким чином, щоб не перекривати зображення з камери. Це дозволяє гравцеві безперешкодно взаємодіяти з віртуальними об'єктами у реальному середовищі.

Ключові елементи інтерфейсу складаються з наступного:

- у верхній частині екрана розміщено компактну панель із кнопками для доступу до карти, інвентаря, статистики та налаштувань.

- знизу розташована кнопка взаємодії, яка активується, коли гравець наближається до об'єкта віртуального світу, наприклад скарбу або підказки.
- у центрі екрана розташовано маркер або індикатор напрямку, який допомагає орієнтуватися в пошуках об'єктів у доповненій реальності.
- підказки, повідомлення та діалоги виводяться у вигляді спливаючих вікон із напівпрозорим фоном, що дозволяє не відволікати гравця від ігрового процесу.

Візуально інтерфейс оформлений у стилі пригодницької гри: кольори нагадують природні відтінки — зелений, золотистий, коричневий. Ці кольори викликають асоціації з подорожами, старовинними картами та пошуками скарбів. Вибрані шрифти добре сприймаються на будь-якому фоні, а декоративні елементи підкреслюють атмосферу гри. Дизайн також адаптовано для різних розмірів екранів, що дозволяє зберігати зручність користування на смартфонах із різною роздільною здатністю. Важливим елементом є інтерактивність, так як усі дії супроводжуються легкими анімаціями або звуковими сигналами, що покращують загальне враження від гри.

Інтерфейс користувача з екраном авторизації для старту гри показано на рис. 2, де для авторизації пропонується використати електронну пошту, сервіси Google та Facebook. Після того, як користувач успішно пройде авторизацію потрібно надати дозвіл та увімкнути GPS перед стартом гри, що робиться з метою конфіденційності та збереження можливого прогресу під час гри з прив'язкою до облікового запису.

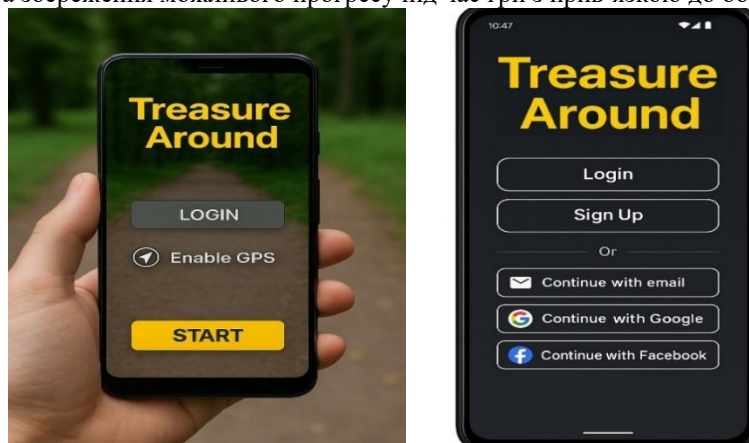


Рис. 2 Авторизація, надання дозволу використання GPS та створення облікового запису в мобільному додатку за допомогою електронної пошти або сервісів

Після успішної авторизації користувач отримує повний доступ до функціоналу мобільного додатку. Основним елементом ігрового процесу є віртуальна (цифрова) мапа з позначенням можливих місць розташування скарбів, квестів та інших ігрових об'єктів.

Варто зазначити, що під час проектування мобільних ігор із використанням доповненої реальності розробники можуть застосовувати як двовимірні (2D), так і тривимірні (3D) мапи та об'єкти. У проєкті "Скарби навколо" реалізовано обидва підходи: на рис. 3 зображено приклад тривимірної мапи з об'ємними об'єктами, а також цифрову двовимірну карту доповненої реальності, що працює в режимі реального часу.

Користувач має змогу ознайомитися з легендою мапи, де умовними позначками вказані місця розташування скарбів, активних завдань (квестів), а також інші важливі точки. Завдяки цьому гравець може ефективно орієнтуватися у віртуальному просторі, не втрачаючи зв'язку з реальним оточенням. Такий підхід підвищує інтерактивність гри, а також сприяє кращому зануренню в ігровий процес.



Рис. 3 Цифрова 3D-мапа з об'єктами та 2D-мапа AR в режимі реального часу

Однією з ключових функцій мобільної гри "Скарби навколо" є режим AR, який активується в момент виявлення скарбу на мапі (рис. 4). Коли користувач наближається до обраної точки, що позначена як

потенційне місце схованки, система автоматично пропонує перейти в AR-режим для взаємодії з віртуальним об'єктом у реальному середовищі. Також користувач має змогу скористуватися QR-кодом для активації скарбу.



Рис. 4 Активація скарбу за допомогою QR-коду та режим відкриття скарбу з анімацією

У режимі доповненої реальності гравець бачить скарб як тривимірний об'єкт, накладений на зображення з камери смартфона. Об'єкт може бути анімованим, містити додаткові візуальні або звукові ефекти для підвищення рівня занурення в гру. Для отримання скарбу користувачу необхідно виконати певну дію, наприклад — наблизитися до нього на визначену відстань, активувати спеціальну кнопку, або вирішити міні-завдання (головоломку).

Такий підхід дозволяє залучити гравця до активної участі в ігровому процесі, використовуючи елементи реального простору. AR-режим активації скарбу поєднує фізичну взаємодію з віртуальним контентом, що значно підвищує інтерактивність гри, а також сприяє розвитку просторового мислення та орієнтації у навколишньому середовищі.

Процес активації AR-режиму скарбу охоплює функції як для пристроїв Android, так і для iOS. Такий процес складається з наступного алгоритму:

*Наближення гравця до місцезнаходження скарбу*

Цифрова мапа показує розміщення скарбів, де у кожного скарбу задані GPS-координати, а за допомогою Unity можливо постійно зчитувати поточне місцезнаходження гравця  
Input.location (GPS)



*Перевірка системою відстані до кінцевої точки*

У грі присутній скрипт, який порівнює координати скарбу та гравця, де якщо гравець входить в радіус активації, наприклад понад 15 метрів:

Виводиться повідомлення на екрані: “Ви знайшли скарб” Активуйте AR-режим, щоб його забрати” і з'являється кнопка “активувати AR”



*Натиснення кнопки “Активувати скарб”*

Камера пристрою автоматично вмикається й після чого запускається AR-сцена, створена за допомогою AR Foundation в Unity, де під'єднується AR-бібліотека ARKit (iOS) та ARCore (Android)



*Виявлення поверхні*

Гравець знайомиться з інструкцією, де його просять “Наведіть камеру на рівну поверхню, щоб побачити скарб”, де використовується в Unite Raycast з камери для визначення горизонтальної площини. Після виявлення на поверхні розміщується 3D-об'єкт, наприклад, скриня з анімацією.



*Інтерактивна взаємодія*

Гравець підходить ближче й натискає на скарб, після чого скриня відкривається й може запускатися міні-гра (головоломка) або інша механіка, де після успішної взаємодії гравець може отримати скарб або бали за виконання квесту.

### Висновки

Під час дослідження було з'ясовано, що мобільні додатки в поєднанні з технологією AR містять різноманітні особливості при розробці як для пристроїв з операційною системою Android, так і для iOS. На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що хоч Unreal Engine є потужним інструментом з чудовими графічними можливостями, його вищі вимоги до апаратного забезпечення та складніша розробка роблять його менш оптимальним вибором для мобільної AR-гри, яка прагне охопити широку аудиторію та забезпечити стабільну роботу на різних пристроях. Unity пропонує кращий баланс між простотою використання, кросплатформністю, продуктивністю та графічними можливостями для розробки мобільних AR-ігор.

Аналіз характеристик ARKit та ARCore показав, що обидві технології забезпечують високий рівень ефективності для розробки мобільних додатків із доповненою реальністю. ARKit відзначається точністю трекінгу, покращеним виявленням обличчя та глибокою інтеграцією з апаратним забезпеченням Apple, що сприяє підвищенню стабільності та реалістичності AR-досвіду. Додаткова підтримка LiDAR-сканера відкриває нові можливості для детальнішого просторового аналізу. Водночас ARCore забезпечує широку підтримку різноманітних пристроїв на Android-платформі та пропонує кросплатформені рішення через різні SDK, що робить його особливо привабливим для розробників, зацікавлених у максимальному розширенні аудиторії своїх додатків.

В межах дослідження було розроблено концепцію, архітектуру та реалізовано прототип мобільної AR-гри "Скарби навколо" для платформ Android та iOS. Основною метою роботи стало дослідження процесів проектування і розробки додатків із доповненою реальністю, що було успішно досягнуто через використання технологій ARKit, ARCore, Unity та AR Foundation.

У результаті створено функціональний прототип гри, що об'єднує елементи геолокації, доповненої реальності та гейміфікації. Інтерфейс користувача було спроєктовано з урахуванням особливостей AR, що забезпечило інтуїтивність взаємодії та високу зручність використання. Особлива увага приділялася розробці системи скарбів, картографічній інтеграції, AR-механіці розміщення об'єктів та кросплатформеності додатку. Розробка прототипу дозволила на практиці продемонструвати застосування теоретичних знань з доповненої реальності та мобільної розробки, а також підкреслила важливість правильного вибору інструментів для забезпечення стабільної роботи та ефективної взаємодії користувача з віртуальним контентом у реальному світі.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію продуктивності AR-додатку та інтеграцію з машинним навчанням, що дозволить покращити стабільність та продуктивність гри для більш широкого спектру мобільних пристроїв, включаючи оптимізацію роботи з камерами, GPS та обчислювальними ресурсами, а також з можливістю використання технологій машинного навчання для покращення розпізнавання об'єктів у реальному середовищі, адаптивного формування квестів або персоналізації ігрового процесу.

### References

1. Suratno, A., & Nugroho, E. W. Designing a Mobile Game Based on Augmented Reality Application for Learning Media //k@ ta: A Biannual Publication on the Study of Language and Literature. – 2023. – Т. 25. – №. 00. – pp. 1-8., DOI: <https://doi.org/10.9744/kata.25.00.1-8>
2. Al-Amri, S., Hamid, S., Noor, N. F. M., & Gani, A. A framework for designing interactive mobile training course content using augmented reality //Multimedia Tools and Applications. – 2023. – Т. 82. – №. 20. – pp. 30491-30541. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14561-4>
3. Ejaz, A., Ali, S. A., Ejaz, M. Y., & Siddiqui, F. A. Graphic user interface design principles for designing augmented reality applications //International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2019. – Т. 10. – №. 2. pp. 209-216.
4. Nowacki P., Woda M. Capabilities of arcore and arkit platforms for ar/vr applications //Engineering in Dependability of Computer Systems and Networks: Proceedings of the Fourteenth International Conference on Dependability of Computer Systems DepCoS-RELCOMEX, July 1–5, 2019, Brunów, Poland. – Springer International Publishing, 2020. – pp. 358-370. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19501-4\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19501-4_36)
5. Oufqir Z., El Abderrahmani A., Satori K. ARKit and ARCore in serve to augmented reality //2020 international conference on intelligent systems and computer vision (ISCV). – IEEE, 2020. – pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISCV49265.2020.9204243>
6. Chou P. H., Wei S. E., Lin C. H. Content-based Power-saving Design for Augmented Reality Applications on Mobile Devices //Proceedings of the 29th ACM/IEEE International Symposium on Low Power Electronics and Design. – 2024. – pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1145/3665314.367080>
7. Yavuz, M., Çorbacıoğlu, E., Başoğlu, A. N., Daim, T. U., & Shaygan, A. Augmented reality technology adoption: Case of a mobile application in Turkey //Technology in Society. – 2021. – Т. 66. – pp. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101598>



8. Costa M. C. et al. An interactive information system that supports an augmented reality game in the context of game-based learning //Multimodal Technologies and Interaction. – 2021. – Т. 5. – №. 12. – pp. 1-25. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti5120082>
9. Song, E., Suaib, N. M., Sihes, A. J., Alwee, R., & Yunos, Z. M. Design and development of learning mathematics game for primary school using handheld augmented reality //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 979. – №. 1. – С. 012014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/979/1/012014>
10. Simon J. Augmented reality application development using unity and Vuforia //Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS. – 2023. – Т. 21. – №. 1. – С. 69-77. DOI: <https://doi.org/10.7906/indecs.21.1.6>
11. Ablyayev M., Abliakimova A., Seidametova Z. Design of Mobile Augmented Reality System for Early Literacy // ICTERI. – 2019. – pp. 274-285.
12. Arena F. et al. An overview of augmented reality // Computers. – 2022. – Т. 11. – №. 2. – P. 28. DOI: <https://doi.org/10.3390/computers11020028>