

## ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МАРКЕРНОЇ І БЕЗМАРКЕРНОЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Шужмова Т.В.

email: tetiana.shuzhmova@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС  
м. Харків, Україна

The article presents a comparative analysis of marker-based and marker-free augmented reality (AR) technologies. The principles of operation, advantages and disadvantages of each technology, as well as their practical application in various industries are considered.

Доповнена реальність (AR) стає все більш популярною технологією, яка знаходить застосування в різних галузях, від освіти до розваг. Існує два основних типи AR: маркерна та безмаркерна, огляд цих типів і є предметом дослідження.

**Актуальність проблеми.** Технології AR швидко розвиваються і знаходять застосування в багатьох сферах, включаючи освіту, медицину, рекламу та розваги. Розуміння відмінностей між маркерною та безмаркерною AR є важливим для вибору найбільш підходящої технології для створення анімації в застосунках з доповненої реальності.

**Мета роботи.** Метою цієї роботи є порівняльний аналіз маркерної та безмаркерної технологій AR, виявлення їхніх основних відмінностей, переваг та недоліків, а також визначення областей їх найбільш ефективного застосування.

**Виклад основного матеріалу.** Маркерна доповнена реальність: Маркерна технологія у доповненій реальності (AR) використовує спеціальні візуальні маркери для активації та розміщення віртуальних об'єктів у реальному світі. Ці маркери можуть бути:

- Простими геометричними фігурами: прості у використанні, але обмежені у візуальному представленні;
- Унікальними, складними зображеннями: більш гнучкі, дозволяючи створювати більше полігонів для відстеження об'єктів у тривимірній площині.[1].

Процес роботи маркерної AR включає кілька етапів:

- Сканування маркера: камера пристрою в оптичному діапазоні сканує навколишнє середовище в пошуках маркерів;
- Розпізнавання маркера: після знаходження маркера програмне забезпечення AR аналізує зображення, яке використовувалось у якості маркера, використовуючи алгоритми обробки зображень;
- Визначення положення та орієнтації: після розпізнавання маркера;

– Накладання віртуального об'єкта: на основі отриманих даних, віртуальний об'єкт накладається на зображення маркера, створюючи ілюзію його присутності в реальному світі.

Маркерна AR знаходить широке застосування в різних областях:

– Освіта, 3D-моделі анатомічних структур, інтерактивні історичні реконструкції, навчальні ігри;

– Реклама та маркетинг, Інтерактивні рекламні кампанії, віртуальні демонстрації продуктів, додаткова інформація про продукти на упаковці;

– Культура та мистецтво, Віртуальні екскурсії в музеях та галереях, інтерактивні експонати, віртуальні реконструкції історичних місць [2];

Безмаркерна доповнена реальність. Безмаркерна AR, на відміну від маркерної, не вимагає використання спеціальних маркерів. Вона використовує дані з сенсорів пристрою, таких як:

– Камера, для аналізу зображень і розпізнавання об'єктів;

– GPS, для визначення місцезнаходження;

– Акселерометр і гіроскоп: для визначення орієнтації пристрою;

Ключові технології, використовувані в безмаркерній AR:

– Комп'ютерний зір, для розпізнавання об'єктів і поверхонь в реальному світі;

– SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): для створення карти навколишнього простору і визначення положення пристрою.

Безмаркерна AR відкриває широкі можливості для різних додатків:

– Навігація, Віртуальні покажчики напряму, інформація про пам'ятки в реальному часі;

– Дизайн інтер'єру, Візуалізація меблів в реальному просторі, віртуальна примірка елементів декору;

– Ігри, Інтеграція віртуальних об'єктів в реальне оточення, ігри з елементами AR, такі як Pokémon GO;

– Роздрібна торгівля, Віртуальні примірочні, візуалізація товарів в реальному часі;

– Ремонт і обслуговування, Накладання інструкцій на реальні об'єкти.

Обидві технології, маркерна і безмаркерна AR, продовжують розвиватися, відкриваючи нові можливості для взаємодії з віртуальним і реальним світом [3].

Порівняльний аналіз маркерної та безмаркерної доповненої реальності:

Для кращого розуміння відмінностей між маркерною та безмаркерною доповненою реальністю, розглянемо їх за кількома ключовими параметрами. Маркерна AR забезпечує високу точність, оскільки віртуальні об'єкти прив'язані до конкретних маркерів, тоді як точність безмаркерної AR може варіюватися в залежності від умов навколишнього середовища та якості

сенсорів пристрою. Безмаркерна AR є більш гнучкою, оскільки не потребує попередньої установки маркерів і може використовуватися в будь-якому місці, на відміну від маркерної AR, яка обмежена необхідністю використання фізичних маркерів.

Маркерна AR зазвичай простіша в реалізації, особливо для базових додатків, тоді як безмаркерна AR вимагає складніших алгоритмів та обробки даних, що ускладнює розробку. Маркерна AR може працювати на менш потужних пристроях, оскільки не вимагає інтенсивної обробки даних, на відміну від безмаркерної AR, яка вимагає більш потужних пристроїв з хорошими сенсорами для забезпечення стабільної роботи. Маркерна AR залежить від освітлення та видимості маркерів, тоді як безмаркерна AR залежить від освітлення, наявності чітких орієнтирів та якості сенсорів.

Приклади використання маркерної AR включають освітні додатки, інтерактивні каталоги, музейні експозиції, тоді як безмаркерна AR використовується для навігації, ігор, дизайну інтер'єру, віртуальних примірочних [4].

Вибір між маркерною та безмаркерною AR залежить від конкретних потреб проекту. Якщо потрібна висока точність та стабільність в контрольованих умовах, маркерна AR може бути кращою. Якщо ж важлива гнучкість та можливість використання в різних умовах, безмаркерна AR надає більше можливостей [5].

Висновки. Вибір між маркерною та безмаркерною технологіями AR залежить від конкретних завдань та умов використання. Маркерна AR підходить для додатків, де потрібна висока точність та стабільність, а безмаркерна AR забезпечує більшу гнучкість та природність взаємодії. Обидві технології продовжують розвиватися, і їх можливості постійно розширюються.

#### Список використаних джерел:

1. Unity Technologies. "AR Foundation Documentation". Unity Documentation, 2024. URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@latest> (дата звернення: 03.03.2025)
2. Epic Games. "Augmented Reality Development with Unreal Engine". Unreal Engine Documentation, 2024. URL: <https://docs.unrealengine.com/ar-development> (дата звернення: 03.03.2025)
3. PTC Inc. "Vuforia Engine Developer Portal". Vuforia Developer Library, 2024. URL: <https://developer.vuforia.com/> (дата звернення: 03.03.2025)
4. Meta Platforms, Inc. "Spark AR Documentation and Resources". Meta for Developers, 2024. URL: <https://sparkar.facebook.com/ar-studio/learn/documentation/> (дата звернення: 03.03.2025)
5. Snap Inc. "Lens Studio Documentation". Snap Developer, 2024. URL: <https://docs.snap.com/lens-studio/> (дата звернення: 03.03.2025)