

# ТЕХНОЛОГІЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ: МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Публікація присвячена вивченню технології доповненої реальності (Augmented Reality, AR) та дослідженню перспектив її розвитку в майбутньому. На прикладі реальних продуктів порівнюються основні методи реалізації цієї технології та аналізується сучасний стан розвитку AR, зокрема ключові технологічні досягнення та виклики, з якими стикаються дослідники та розробники в цій галузі. Крім того, здійснюється прогноз майбутнього розвитку технології та обговорюються потенційні перешкоди на шляху до її широкого впровадження. Ця стаття може бути корисною для фахівців у сфері інформаційних технологій, дослідників та всіх, хто зацікавлений у майбутньому AR.

**Ключові слова:** доповнена реальність, маркерний метод, безмаркерний метод, проєкційний метод, GPS, координатно-орієнтований, комп'ютерний зір, проєкційні пристрої, VIO, Apple Vision Pro.

## Abstract

The publication is devoted to the study of augmented reality technology and to researching the prospects for its development in the future. Using the example of real products, the main methods of implementing this technology are compared and the current state of AR development is analyzed, including key technological achievements and challenges faced by researchers and developers in this field. In addition, a forecast of the future development of the technology is made and potential obstacles to its widespread implementation are discussed. This article can be useful for information technology professionals, researchers, and anyone interested in the future of AR.

**Keywords:** augmented reality, marker method, markerless method, projection method, GPS, coordinate-oriented, computer vision, projection devices, VIO, Apple Vision Pro.

Термін «доповнена реальність» виник відносно недавно. У 1997 році дослідник Рональд Азума розробив концепцію[1] технології доповненої реальності, відповідно до якої прийнято вважати, що обов'язковими компонентами будь-якої системи доповненої реальності є поєднання віртуального та реального компонентів, взаємодія в реальному часі та робота в 3D-форматі. Головною ідеєю є накладання на середовище довкола людини частини віртуальної інформації, яка додає елементи інтерактивності до світосприйняття без відриву людини від реальності. Технологію доповненої реальності можна реалізувати за допомогою різних методів. Станом на сьогодні існують чотири методи реалізації[2] доповненої реальності: маркерний, безмаркерний, проєкційний та метод на основі VIO. Вони працюють на принципово різних підходах прив'язки до реального світу та розміщення віртуальних елементів, що дає їм як певні переваги, так і недоліки.

Маркерний метод дозволяє відображати на екрані пристрою віртуальні об'єкти або інформацію, коли він виявляє певний маркер або предмет у реальному світі за допомогою камери. Маркер може бути будь-яким розпізнаваним об'єктом, таким як QR-код, символ, зображення чи геометрична форма[3]. Коли камера пристрою розпізнає цей маркер, програма або додаток, який працює на основі технології AR, може розміщувати віртуальні об'єкти або інформацію навколо нього в реальному часі. Найбільш відомим та широко вживаним продуктом, що реалізує цей метод, є Google Lens[4]. За допомогою маркерної доповненої реальності він може розпізнавати текст, зображення, продукти та інші об'єкти, щоб надати користувачам додаткову інформацію або здійснити спеціальні дії, наприклад, переклад тексту або знайти довідкові деталі про предмет. Головною перевагою цього методу є точність розпізнавання маркерів, що дозволяє розміщати віртуальні елементи без спотворень та зсувів. Також користувачі зазначають, що маркерна AR досить невибаглива до зовнішніх факторів: освітленості ділянки, кутів огляду та кольорів маркеру. Саме тому цей метод отримав популярність у різноманітних мобільних додатках.

На відміну від маркерного методу, безмаркерний метод реалізації AR не вимагає спеціальних маркерів для розпізнавання. Він є координатно-орієнтованим, тому використовує дані про

місцеперебування користувача (найчастіше за допомогою GPS[5] – системи глобального позиціонування). Прикладом реалізації цього методу є додаток "Google Maps"[6], який використовує безмаркерну AR для покращення навігації користувачів. Коли користувач активує режим AR-навігації, камера його смартфона вмикається, а програма відображає інформацію про маршрут у реальному часі через екран пристрою. Користувач може дивитися на відображені на екрані стрілки, які показують йому, куди рухатися, або на карту, яка вказує маршрут, розміщену над фізичними об'єктами у реальному часі. Це дозволяє користувачам легше орієнтуватися та знаходити необхідні місця, такі як ресторани, магазини чи визначні пам'ятки під час подорожей. Це робить безмаркерну AR досить гнучкою, адже вона не прив'язана до окремих об'єктів чи знаків. З іншого боку, цей метод може мати проблеми з точністю: алгоритми комп'ютерного зору, що в ній використовуються, можуть мати проблеми із визначенням положення об'єктів у просторі, особливо в умовах обмеженого освітлення чи недостатньої контрастності, чого не можна сказати про маркерний метод реалізації доповненої реальності. Також це стосується стабільності роботи, адже неможливо передбачити правильність розміщення віртуальних елементів у певних умовах. Незважаючи на ці недоліки, безмаркерна AR значно розширює можливості використання технології доповненої реальності, роблячи її доступною у всіх точках планети без прив'язки до конкретно визначених та малопоширених об'єктів.

Принципово новим кроком розвитку технології доповненої реальності став проєкційний метод. Його прогресивність та унікальність полягають у тому, що він використовує проєкцію віртуальних об'єктів безпосередньо на реальні предмети або їх поверхні замість того, щоб зображувати ці об'єкти на екрані гаджета. Спеціальні додатки допомагають створити взаємодію між користувачем та проєкцією, використовуючи виявлення моментів дотику людини до відображеного світла. Це досягається шляхом порівняння очікуваної проєкції зі змінами, викликаними певними перешкодами, такими як дотик рукою. Для реалізації цього методу може знадобитися спеціалізоване обладнання, таке як проєкційні пристрої або гарнітури з можливістю проєкції, що накладає певні обмеження для користувачів для вільного використання. Проєкційний метод, на відміну від розглянутих вище, може забезпечити більш високий рівень взаємодії користувача та віртуальних елементів, оскільки віртуальні об'єкти максимально сприймаються як реалістичні, якщо вони проєктуються безпосередньо на фізичні об'єкти. Проте цей метод успадкував певні проблеми безмаркерної AR. Це насамперед стосується точності та стабільності проєкції віртуальних об'єктів на реальні об'єкти або поверхні, особливо в умовах зміни освітлення чи руху перед поверхнею проєкції. Саме тому перед розробниками стоїть непросте завдання створити більш гнучку систему визначення поверхонь проєкції та взаємодії з рухами користувача.

Найбільш перспективним методом реалізації технології доповненої реальності є система, що базується на VIO-технології[7] (Visual-Inertial Odometry). Система візуальної інерціальної одометрії (VIO) є технологією, яка використовує візуальне та інерційне вимірювання для визначення руху пристрою в реальному часі. Основна ідея полягає у тому, щоб об'єднати дані, отримані з камери (візуальне сприйняття) і дані з інерційних датчиків (таких, як акселерометр та гіроскоп), для визначення положення та орієнтації пристрою. Таким чином створюється 3D-модель простору навколо користувача, що може оновлюватися в реальному часі (враховуючи положення в ній користувача та об'єктів). Розробникам вдалося поєднати певні переваги, що мають розглянуті вище типи AR, саме тому основними перевагами системи VIO є висока точність визначення положення та орієнтації, швидкий відгук у реальному часі, а також здатність працювати в різних умовах, включаючи обмежене освітлення або відсутність GPS-сигналу. Справжнім хітом на ринку став AR-шолом Apple Vision Pro[8], що вийшов на початку 2024 року. Він має цілий ряд унікальних можливостей[9]: контроль очима та голосовими командами, меню, створення об'ємних фото та відео, вбудована 3D-камера та режим повної віртуальної реальності. Хоча VIO є потужним та найбільш якісним методом для реалізації технології доповненої реальності, він також має свої недоліки, серед яких серйозна вартість продукту, яку складають камери високої роздільної здатності, інерціальні датчики та засоби для обробки великої кількості отриманих від них даних. Це стало викликом для розробників, адже багато покупців відмовляються витратити величезні суми на пристрої такого зразка на фоні суперечок про непотрібність на практиці таких систем (наприклад, Apple Vision Pro можна придбати поки що лише в США за 3500\$[10]). Тим не менш, VIO-системи мають гарні перспективи, щоб стати найбільш затребуваними, розвиненими та практичними в умовах майбутнього розвитку технології доповненої реальності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Доповнена реальність [Електронний ресурс] . — [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B0\\_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B0_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) .
2. Що таке доповнена реальність? [Електронний ресурс] – <https://teach-hub.com/scho-take-dopovnena-realnist/>
3. Розробка AR-додатків [Електронний ресурс] – <https://aestar.com.ua/uk/rozrobka-ar-dodatki/>
4. Google Lens – що це та які корисні функції доступні користувачам глобальної мережі [Електронний ресурс] – <https://project-seo.net/blog-uk/google-lens-korysni-funkciji/>
5. Augmented Reality Navigation: Killer Feature for Your Mapping App [Електронний ресурс] – <https://agilie.com/blog/augmented-reality-navigation-killer-feature-for-your-mapping-app>
6. Карти Google [Електронний ресурс] – [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8\\_Google](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8_Google)
7. Visual Inertial Odometry (VIO) [Електронний ресурс] – [https://docs.px4.io/main/en/computer\\_vision/visual\\_inertial\\_odometry.html](https://docs.px4.io/main/en/computer_vision/visual_inertial_odometry.html)
8. Apple представила свою першу гарнітуру доповненої реальності Vision Pro [Електронний ресурс] – <https://ms.detector.media/it-kompanii/post/32112/2023-06-06-apple-predstavyla-svoyu-pershu-garnituru-dopovnenoi-realnosti-vision-pro/>
9. З'явилися перші огляди Vision Pro – дорогого і дуже специфічного гаджета Apple [Електронний ресурс] – <https://www.unian.ua/techno/vision-pro-shcho-ce-z-yavilisya-pershi-oglyadi-novogo-gadzeta-apple-12514614.html>
10. У США стартували продажі Vision Pro від Apple [Електронний ресурс] – <https://ain.ua/2024/02/02/u-ssha-startuvaly-prodazhi-vision-pro-vid-apple/>

**Суліма Юрій Олександрович** – студент групи 5ПІ-236, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [yurij.sulima876@gmail.com](mailto:yurij.sulima876@gmail.com)

**Кателініков Денис Іванович** - кандидат технічних наук, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [fuzzy2dik@gmail.com](mailto:fuzzy2dik@gmail.com).

**Sulima Yuri Oleksandrovich** – student of 5PI-23b group, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [yurij.sulima876@gmail.com](mailto:yurij.sulima876@gmail.com)

**Katielnikov Denys Ivanovych** - PhD, Associate Professor of Software Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: [fuzzy2dik@gmail.com](mailto:fuzzy2dik@gmail.com).