

УДК 004.58

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

В. О. Нікітін, С. П. Васюта

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Доповнена реальність (AR, Augmented reality) — технологія, яка дає змогу накладати різні види інформації, такі як текст, 2D і 3D-графіки чи аудіо в режимі реального часу на об'єкти в реальному світі. На сьогодні доповнена реальність набуває популярності та активно інтегрується в навчальний процес. Здійснено огляд технології загалом та її позитивний вплив у навчальному процесі. Описане обладнання, яке потрібне для використання цієї технології. Визначені переваги використання доповненої реальності в освітньому процесі. Подано структуру, яку використовують у створенні програм для AR-технологій, та визначені найбільш використовувані програми. Сформовано роботу алгоритму програм. Виконано порівняння безмаркерної та маркерної технології AR.

Ключові слова: доповнена реальність, комп'ютерні технології, інтерактивність, маркер, структура доповненої реальності.

Постановка проблеми. Доповнена реальність — це інтерактивний досвід, який поєднує в собі реальний світ та комп'ютерний контент, а також це швидко розвиваючі технології, ціль яких розширити фізичний простір життя людини об'єктами, створеними за допомогою цифрових пристроїв та програм. Аналіз наявних інформаційних технологій в системах доповненої реальності, вивчення та розуміння їхніх обмежень під час використання чи створення. Виявлення проблем, з якими можна зіткнутись у процесі розроблення програмного забезпечення чи обрання тої чи іншої технології. Аналіз можливостей маркерної та безмаркерної технологій. Вибір неправильної технології та програмних бібліотек впливає на бюджет під час використання вибраної технології в подальших проєктах та складність їх коригування чи заміни.

Мета статті. Доповнена реальність може допомогти зробити навчальний контент більш інтерактивним та дати змогу студентам більше зосередитись на практиці. Роль інформаційних технологій залишається важливою ланкою в модернізації та вдосконаленні поточної системи освіти. На сьогодні використання таких технологій в освіті призвело до таких факторів, як мультимедійні форми представлення інформації (текст, анімація, звуки та відеоматеріали; електронні каталоги та бібліотеки; віртуальні форми навчальних занять). Використовуючи програми доповненої реальності, отримуємо можливість візуалізувати процеси і предмети, для яких не було можливості демонструвати в аудиторії до цього

часу. Тому запитання застосування доповненої реальності в освіті є одним з найактуальніших у сфері використання інформаційних технологій закладів вищої освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. Технології AR дають змогу керувати об'єктами доповненої реальності (повертати, пересувати, змінювати в масштабі, оглядати з різних сторін), це допомагає розвивати просторове мислення та підвищує рівень пізнання. Віртуальна інформація синхронізується з реальним простором і часом, завдяки цьому відбувається повне поглинання в доповнену реальність і краще сприймається навчальний матеріал. З'являється можливість побачити найменші дрібниці, наприклад, в архітектурі, географічних об'єктах, рельєфі, провести хімічні чи фізичні експерименти, які важко відтворити в реальних умовах.

Переваги використання AR-технологій в освіті: легкість, портативність і низька вартість мобільних пристроїв, тобто можливість використання та навчання з будь-якого цифрового пристрою; лаконічність освітнього контенту; перехід з інформаційного навчання до інтерактивного з навчальним контентом в реальному часі; навчання, орієнтоване на практику; індивідуальне навчання, оскільки кожен студент має можливість використовувати свій особистий пристрій; розширені можливості представлення процесів в навколишньому середовищі чи моделювання нетипових освітніх завдань; проведення наукових дослідів та експериментів, вивчення технічних пристроїв, різних процесів і явищ без використання обладнань з лабораторій, не ризикуючи своїм здоров'ям; підвищена мотивація студентів завдяки створенню навчального середовища та повне залучення в процес; можливість використання у професійній перепідготовці.

Структура, яка слугує для моделювання чи візуалізації складних процесів, складається з декількох основних модулів: модуль відстежування камери; модуль зберігання об'єктів; модуль користувацького інтерфейсу; модуль візуалізації. Відеопотік з камери пристрою передається в модуль відстежування камери. Модуль обробляє кожен кадр, виконує пошук заданого маркера, визначає позицію маркера в просторі та на основі цих даних визначає положення віртуальної камери відносно маркера. Коли орієнтація і позиція камери є визначені, модуль зберігання об'єктів подає необхідний для візуалізації об'єкт на екран, використовуючи заздалегідь визначені параметри положення, масштабу та повороту. Кінцевий користувач може впливати на параметри моделі і візуалізації за допомогою користувацького інтерфейсу. В основі будь-яких програм доповненої реальності, що використовує аналіз отриманого зображення з камери, є система комп'ютерного бачення. OpenCV — це одна з найбільш відомих бібліотек, які допомагають реалізувати такий функціонал, вона надає достатню кількість низькорівневих можливостей і дуже хороша для отримання максимальної інформації із зображення. Але для програм доповненої реальності потрібно швидко і якісно знайти в кадрі обмежений набір завчасно відомих об'єктів та відобразити віртуальний об'єкт. У такому випадку для цієї задачі можна виділити такі бібліотеки доповненої реальності, як Vuforia, розроблена компанією Qualcomm, платформи для підтримки: Unity, iOS (від Apple), Android.

ARToolKit, створена компанією DAQRI, та платформи, які її підтримують: Windows, iOS, Linux, Android. WikiTude, розроблений в Wikitude GmbH, платформи, які підтримуються: iOS, Android. LayAR, створена компанією Blippar: Augmented Reality AR та користувацькі платформи, такі як iOS, BlackBerry, Android. Kudan, створена Kudan Global, платформи для підтримки: iOS, Unity, Android.

На рис. 1 алгоритм роботи діє таким чином: з початку перед роботою додатка камера пристрою ініціалізується, наступним кроком камера отримує відеопотік і для подальшої роботи фіксує кадр з цього потоку та працює вже з ним, далі програма виділяє кадр, наступним кроком є пошук маркера, у випадку, як тільки маркер буде знайдений, то наступним йде ідентифікація, якщо результат негативний, то програма робить новий кадр, у випадку, коли не вдалось зробити ідентифікацію маркеру, то програма повернеться до алгоритму, де отримується кадр з відео. За умови, коли ідентифікація маркера є позитивною, виконується розрахунок матриці перетворення, основною роботою якої є розташування віртуальної камери та перетворення віртуальних об'єктів, потім утворюється візуалізація цих об'єктів на відеопотоці, перед тим як програма завершить свою роботу, то обробляється інформація, яку ввів користувач.

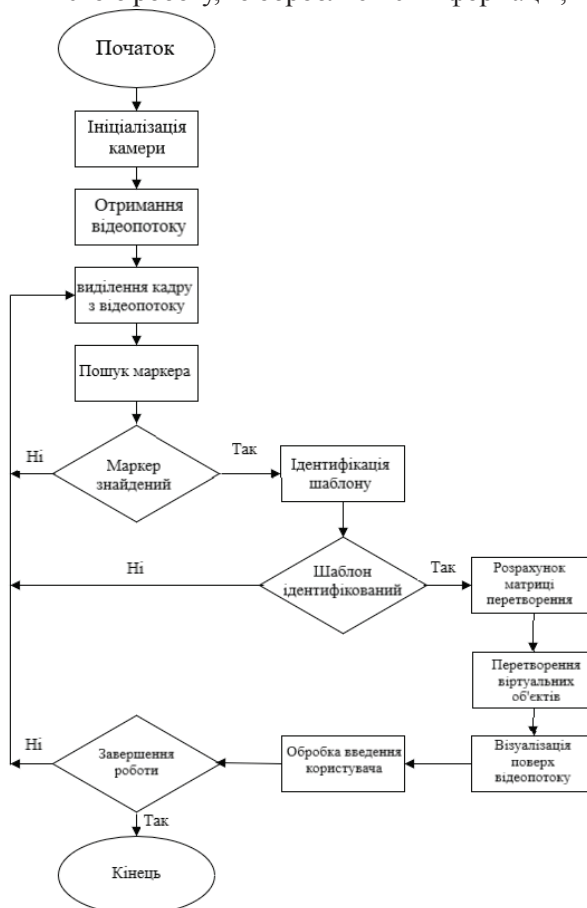


Рис. 1. Алгоритм роботи програми доповненої реальності

Існують декілька підходів, які є найпоширенішими для створення програм для доповненої реальності: 1) додатки з використанням маркерів; 2) додатки без використання маркерів. У першому випадку підхід побудований на основі маркерів — це можуть бути QR-коди, різні зображення, тобто об'єкти у фізичному світі за допомогою цього маркера розпізнаються певним пристроєм і виводять цифрову модель на поверхню цього об'єкта. У цій технології використовують такі програмні бібліотеки, як ARToolKit, Vuforia. Один з таких прикладів — це контент, представлений проєктом Physics Playground, слугує посібником з фізики та дає змогу моделювати готові або власні експерименти, враховуючи маси, аналіз сил, траєкторії та інші властивості. Інший інноваційний проєкт, який використовують у навчанні в медичних закладах вищої освіти, — це Anatomy4D — розміщений код в підручнику, за допомогою смартфона сканується код і подає деталізовану 3D-модель на екран анатомічну структуру.

У другому випадку на основі безмаркерної технології використовуються GPS, Bluetooth, Wi-Fi, гіроскоп, компас і акселерометр, датчик швидкості залежно від додатка на мобільному пристрої накладає умовну «сітку» на середовище перед камерою, алгоритми знаходять кутові точки, які визначають точне місце, на яке буде накладатись віртуальна модель об'єкта. Для створення додатків на цій технології використовують EasyAR чи WikiTude.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика маркерної та безмаркерної технології

Основні характеристики	AR на основі маркерів	AR на основі безмаркерної технології
Розпізнавання	Потрібен спеціальний маркер для розпізнавання	Розпізнавання об'єктів в реальному часі
Точність розпізнавання / відстежування	Висока точність, маркери можуть бути деталізованими	Низька точність, відсутні фіксовані точки опори для визначення положення AR-об'єктів
Відтворення	Обмежена можливість відтворення великих об'єктів	Широкі можливості відтворення великих об'єктів
Масштабування	Обмежена можливість, маркер може бути зчитаний тільки з обмеженої відстані	Немає обмежень масштабування об'єктів
Продуктивність	Може бути менш продуктивним через потребу в постійному розпізнаванні маркерів	Більш продуктивний через можливість безперервного розпізнавання об'єктів
Доступність	Обмежена доступність та можливість пошкодження чи втрати маркерів	Технологія більш доступна через те, що не потрібні спеціальні маркери

Щоб обрати технологію для подальшого використання в створенні навчального контенту, потрібно розуміти переваги, недоліки, потреби та складність двох основних AR-технологій (маркерна та безмаркерна), які використовуються в різних сферах життя, наприклад в навчанні (від використання в шкільних класах до останніх курсів в університеті) чи різноманітних робочих професіях (особливо в архітектурі, дизайні, мистецтві, реконструкціях, театрі, медицині та науці). Дані для порівняння наведені у табл. 1.

Існують різні готові набори інструментів для розробки програмного забезпечення, так звані SDK (Software Development Kit), їх використовують для створення додатків для AR-технологій. Різні SDK мають свої переваги та функціональність, у табл. 2 наведено різницю цих інструментів, до уваги брались такі найпоширеніші SDK, як Vuforia Engine, Wikitude, ARKit, Kudan, HP Reveal.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика SDK для AR-технології

Характеристики	Vuforia	Wikitude	ARKit	Kudan	HP Reveal
Підтримка маркерної та безмаркерної технологій	Обидві	Обидві	Тільки безмаркерна	Обидві	Тільки безмаркерна
Платформи для використання	Android, iOS, Unity, UWP, HoloLens	Android, iOS, Xamarin	iOS	Android, iOS	Android, iOS
	Vuforia	Wikitude	ARKit	Kudan	HP Reveal
Розпізнавання обличчя	Є підтримка	Є підтримка	Є підтримка	Немає підтримки	Немає підтримки
Віддаленість відстеження	До 2 м	До 3 м	До 60 см	До 3 м	До 3 м
Розпізнавання звуку	Ні	Так	Так	Так	Так
Відстеження руху	Так	Так	Так	Так	Ні
Особливості	Висока точність розпізнавання маркерів та образів, відтворює аудіо та відео на об'єктах	Підтримка аудіо та відео, робота в інтернет-мережі	Може взаємодіяти з глобальною позицією камери, підтримка AR-шаблонів, відображення відомостей про предмети на екрані	Підтримка AR та VR, взаємодія з геопозицією, висока точність розпізнавання маркерів та образів	Підтримка інтеграції із соціальними мережами, відображення відомостей про об'єкти

Висновки. Розвиток технологій досяг високого рівня за останні роки. Формат AR в навчальному процесі може бути різним, але перевага цієї технології перед очним навчанням очевидна, передавати зображення за допомогою доповненої реальності є ефективним та, безумовно, вдосконалює сам процес навчання. В кожного є можливість отримати доступ до 3D-вмісту в реальному часі на своїх пристроях. З відкритих даних дослідницької компанії VRAg lab йдеться про те, що більше 90 % студентів вдало вивчають матеріал, отже, це позитивно впливає на результат, а також показує ефективність використання цієї технології. Створених програм на сьогодні вже є велика кількість, в кожній сфері від реклами, маркетингу, освіти до охорони здоров'я, біотехнологій, медицини чи машинобудування є можливість обрати потрібну для тих чи інших задач програму. Хоча масове використання доповненої реальності в освіті, зокрема в закладах освіти, на сьогодні уявити складно, оскільки це пов'язано з фінансовою складовою цієї технології. Загалом можна сказати, що технологія доповненої реальності в освіті є на етапі початкового розвитку, враховуючи всі перспективи розвитку, необхідно збільшити наукові експерименти з доповненою реальністю у закладах вищої освіти. У навчальних закладах можна використовувати вже готові бібліотеки (SDK) та додавати до своїх проєктів. Для створення нових програм фахівці використовують такі відомі ігрові рушії, як Unity та Unreal Engine. Під час створення програмних продуктів використовують готові бібліотеки. Готові SDK мають свої переваги, Vuforia має високу точність розпізнавання маркерів та образів, Wikitude підтримує аудіо та відео на AR-об'єктах, ARKit ексклюзивна технологія для iOS-пристроїв, Kudan — висока взаємодія з GPS, HP Reveal має високу точність розпізнавання звуку та велику відстань відстеження. Усі вони працюють за допомогою маркерної або безмаркерної технології. Маркерна технологія є стабільнішою та точнішою порівняно з безмаркерною технологією, але має обмеження в кількості можливих сценаріїв та масштабування об'єктів. Безмаркерна технологія своєю чергою є гнучкою та мобільнішою, але потребує високої обробки даних. Отже, за допомогою доповненої реальності студенти мають можливість отримати якіснішу освіту з достатньою кількістю практичних робіт завдяки різним експериментам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Усатенко В. Д. Особливості застосування сучасних технологій для створення віртуального освітнього середовища.
2. Кросплатформний ігровий двигун. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_\(game_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine)).
3. Тривимірний ігровий двигун комп'ютерної графіки. URL: https://uk.wikipedia.org/Unreal_Engine.
4. Як працює “доповнена реальність”. URL: <https://brainberry.ua/uk/newsroom/blog/how-ar-works>.
5. Augmented reality history, background and philosophy. URL: <https://wiki.mq.edu.au/display/ar/Augmented+reality+history%2C+background+and+philosophy>.
6. Карпенко Д. І. Дослідження технології доповненої реальності.

7. Єрмілова Н. М. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. Київ ; Вінниця, 2018. 465 с.
8. Siltanen S. Theory and applications of marker-based augmented reality, 2012. URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2012/S3.pdf>.
9. Khan T., Johnston K., Ophoff J. The Impact of an Augmented Reality Application on Learning Motivation of Students. *Advances in Human-Computer Interaction*. 2019.
10. ARKit | Apple Developer Documentation. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit>.
11. Бернатович А. О. Методи та програмні засоби позиціонування об'єктів доповненої реальності. Київ, 2019. 82 с.

REFERENCES

1. Usatenko, V. D. Osoblyvosti zastosuvannya suchasnykh tekhnolohii dlia stvorennia virtualnoho osvitnoho seredovyshcha (in Ukrainian).
2. Krosplatformnyi irovnyi dvyhun. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_\(game_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine)) (in Ukrainian).
3. Tryvymirnyi irovnyi dvyhun komp'uternoi hrafiy. Retrieved from https://uk.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine (in Ukrainian).
4. Yak pratsiuie "dopovnena realnist". Retrieved from <https://brainberry.ua/uk/newsroom/blog/how-ar-works> (in Ukrainian).
5. Augmented reality history, background and philosophy. Retrieved from <https://wiki.mq.edu.au/display/ar/Augmented+reality+history%2C+background+and+philosophy> (in English).
6. Karpenko, D. I. Doslidzhennia tekhnolohii dopovnenoi realnosti (in Ukrainian).
7. Yermilova, N. M. (2018). Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia u pidhotovtsi fakhivtsiv: metodolohiia, teoriia, dosvid, problemy. Kyiv ; Vinnytsia (in Ukrainian).
8. Siltanen, S. (2012). Theory and applications of marker-based augmented reality. Retrieved from <http://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2012/S3.pdf> (in English).
9. Khan, T., Johnston, K., & Ophoff, J. (2019). The Impact of an Augmented Reality Application on Learning Motivation of Students: *Advances in Human-Computer Interaction* (in English).
10. ARKit | Apple Developer Documentation. Retrieved from <https://developer.apple.com/documentation/arkit> (in English).
11. Bernatovych, A. O. (2019). Metody ta prohramni zasoby pozytsionuvannia ob'iektiv dopovnenoi realnosti. Kyiv (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2023-1-85-32-39

AN OVERVIEW OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN AUGMENTED REALITY SYSTEMS

V. O. Nikitin, S. P. Vasiuta

Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
v.o.nikitin@gmail.com
svitlanavasyta@gmail.com

Augmented reality (AR) is an interactive experience that combines the real world with computer-generated content. This article analyzes existing information technologies in augmented reality systems, explores and understands their limitations during usage or development, and identifies potential problems that may arise during software development or technology selection. It examines the possibilities of marker-based and markerless technologies and emphasizes the significance of choosing the appropriate technology and software libraries, as it can impact the budget in future projects and the complexity of adjustments or replacements.

The structure used for modeling and visualizing complex processes in AR consists of several key modules, including camera tracking, object storage, user interface, and visualization modules. Computer vision systems, based on image analysis from cameras, form the foundation of AR applications. For AR applications that require the quick and accurate detection of a predefined set of objects in a frame and the overlay of virtual objects, specialized AR libraries such as Vuforia (developed by Qualcomm), ARToolKit, Wikitude, and Kudan are recommended. Vuforia SDK has high accuracy of marker and image recognition, Wikitude supports audio and video on AR objects, ARKit SDK is an exclusive technology for iOS devices, Kudan SDK has high interoperability with GPS, HP Reveal SDK has high accuracy of sound recognition and long tracking distance. All of them work using marker or markerless technology. Marker technology is more stable and accurate compared to markerless technology, but has limitations in the minimum number of possible scenarios and object scaling. Markerless technology is flexible and more mobile, but requires high data processing.

AR promotes concise educational content and facilitates the transition from informational learning to real-time interactive learning experiences. From the open data of the research company VRAr lab, it can be said that more than 90% of students successfully study the material. Information technology plays a crucial role in modernizing and improving the current education system.

Keywords. *augmented reality, computer technology, interactivity, marker technology, markerless technology, structure of augmented reality, comparison of augmented reality SDK.*

*Стаття надійшла до редакції 10.03.2023.
Received 10.03.2023.*