



Інформаційно-комунікаційні технології в освіті

УДК 378.004

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.16937898>

Педагогічна модель формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами технології доповненої реальності в ЗВО

Бо Ван

аспірант кафедри освітології та інноваційної педагогіки,
Харківський національний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди,
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 29, Україна
<https://orcid.org/0009-0002-6659-4975>

Прийнято: 14.08.2025 | Опубліковано: 24.08.2025

***Анотація:** Метою статті є теоретичне обґрунтування педагогічної моделі формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами технології доповненої реальності в закладах вищої архітектурної освіти. У статті застосовуються загальнонаукові методи – аналіз, узагальнення та систематизація наукових досліджень, що дало змогу розкрити основні питання формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами доповненої реальності в освітньому процесі ЗВО.*

Педагогічна модель формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів ґрунтується на принципах конструктивізму, SECI-моделі та теорії контекстного навчання, що забезпечують активне засвоєння знань через практику та обговорення. Компонентами моделі формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами технології доповненої реальності виступають: мотиваційно-цільовий, що передбачає розвиток внутрішньої мотивації, визначення стратегічних освітніх цілей та забезпечення активного



включення студентів у цифрову архітектурну практику; змістовий, що поєднує теорію та практику формування технологічної освіченості через опанування технології доповненої реальності; операційно-діяльнісний, що забезпечує практичну діяльність студентів, спрямовану на застосування AR-технології в проєктуванні; інтерактивно-комунікативний, спрямований на забезпечення ефективної взаємодії студентів та викладачів у цифровому середовищі; контрольньо-рефлексивний, що визначає ефективність моделі шляхом оцінки рівня сформованості технологічної освіченості майбутніх архітекторів та дозволяє коригувати її через удосконалення освітнього процесу.

Реалізація педагогічної моделі сприятиме формуванню технологічної освіченості майбутніх архітекторів шляхом інтеграції технології доповненої реальності в освітній процес архітектурних ЗВО через технологічну та методичну взаємодію: від практичних інструментів та парадигм мислення до спільного навчання та виконання просторових вправ.

Ключові слова: технологічна освіченість, педагогічна модель, технологія доповненої реальності, архітектор, формування.

Pedagogical model of formation of technological education of future architects by means of augmented reality technology in university

Bo Wang

post-graduate student of the Department of education and innovative pedagogy,

H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University,

29 Alchevskikh Str., Kharkiv, 61002, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0002-6659-4975>

Abstract: *The purpose of the article is to theoretically substantiate the pedagogical model of the formation of technological education of future architects by*



means of augmented reality technology in institutions of higher architectural education. The article uses general scientific methods-analysis, generalization and systematization of scientific research, which allowed us to reveal the main issues of the formation of technological education of future architects by means of augmented reality in the educational process of higher education institutions.

The pedagogical model of the formation of technological education of future architects is based on the principles of Constructivism, SECI-model and theory of contextual learning, which ensure active assimilation of knowledge through practice and discussion. The components of the model of formation of technological education of future architects by means of augmented reality technology are: motivational and purpose, which provides for the development of internal motivation, the definition of strategic educational goals and ensuring the active inclusion of students in digital architectural practice; content, combining the theory and practice of forming technological education through the development of augmented reality technology; operational and activity, which provides practical activities of students aimed at the use of AR technology in design; interactive and communicative, aimed at ensuring effective interaction between students and teachers in the digital environment; control and reflexive, which determines the effectiveness of the model by assessing the level of formation of technological education of future architects and allows you to correct it through the improvement of the educational process.

The implementation of the pedagogical model will contribute to the formation of technological education of future architects by integrating augmented reality technology into the educational process of architectural universities through technological and methodological interaction: from practical tools and paradigms of thinking to joint learning and performing spatial exercises.

Keywords: *technological education, pedagogical model, augmented reality technology, architect, formation.*



Постановка проблеми. Сучасний розвиток архітектурної освіти визначається активною інтеграцією у процес навчання цифрових технологій, особливе місце серед яких займає технологія доповненої реальності. Китайська Народна Республіка є одним із лідерів у впровадженні інновацій в освіту, зокрема у сфері підготовки архітекторів. В архітектурних закладах вищої освіти КНР активно впроваджуються сучасні технології, поєднуючи національні освітні традиції з глобальними тенденціями. Зростання урбанізації, реалізація концепції «розумних міст», цифрова трансформація освіти формують високий запит на архітекторів нового покоління, що мають високий рівень технологічної освіченості.

Сучасна вища архітектурна освіта потребує підвищення технологічної освіченості майбутніх фахівців по мірі освоєння новітніх цифрових інструментів. Технологічна освіченість архітектора є інтегративною здатністю, що містить у якості ключових компетентності у галузі цифрових технологій, інформаційного моделювання та візуалізації архітектурних систем за допомогою ВІМ-систем та імерсійних середовищ (VR/AR).

Методи дослідження. У статті застосовуються загальнонаукові методи – аналіз, узагальнення та систематизація наукових досліджень, що дало змогу розкрити основні питання формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами доповненої реальності в освітньому процесі ЗВО.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Міжнародні дослідження підкреслюють важливість використання AR-технології у підготовці майбутніх фахівців, зокрема архітекторів [2; 6; 10; 14]. Результати досліджень науковців засвідчують, що AR-технології мають позитивний вплив на навчання в дизайн-студіях, сприяючи практичній підготовці. Особливо відмічається необхідність комплексної оцінки всіх переваг та утруднень у застосуванні цієї технології в архітектурній освіті [6]. Учені також визначають низку компетенцій викладачів у сфері AR-технології, що містить створення, використання та управління AR-



ресурсами, а також позитивне ставлення до інтеграції AR-технології у освітній процес [9].

У сучасній світовій практиці підготовки архітекторів широкого застосування здобули різноманітні AR-технології. Зокрема, в сучасних закладах вищої архітектурної освіти: створюються інтерактивні середовища за допомогою мобільних AR-додатків у процесі вивчення історичної спадщини архітектури, які випробувані на студентській аудиторії та отримали позитивні відгуки [3]; проводяться семінари з AR-візуалізацією в парамедичному дизайні [12].

Формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів відбувається у процесі алгоритмічного та параметричного моделювання в AR-технології з використанням різноманітних систем. Так, наприклад інструменти BRICKxAR_T, що демонструють геометричні трансформації в імерсійному просторі, сприяють розвитку просторової логіки та алгоритмічного мислення майбутніх архітекторів [11], системи на кшталт BIMxAR, які інтегрують BIM-моделі та AR-технології для вивчення розрізів та матеріальних конфігурацій сприяють покращеному розумінню архітектурних уявлень [1].

Дослідники у Worcester Polytechnic Institute застосували у межах колективного навчання AR-технологію на HoloLens для групових студій: студенти спільно маніпулювали об'єктами доповненої реальності, що підвищувало рівень їхньої залученості в освітній процес, сприяло розвитку комунікаційної компетентності та підвищувати ефективність взаємодії [8]. Інші дослідники застосовували PAR-підхід (participatory action research), залучаючи студентів до циклів «дія–спостереження–рефлексія–модифікація», що дозволило динамічно адаптувати застосування XR-технології в програмах студійного навчання [4].

Особливої уваги заслуговує дослідження Ю. Чжан і С. Хуан «Інтеграція розширеної реальності (XR) в освіту в галузі архітектурного дизайну: систематичний огляд і тематичне дослідження в південно-східному університеті



(Китай)». Учені продемонстрували як в університетах КНР інтегровано технологію змішаної реальності при вивченні архітектурного проектування. Технологія змішаної реальності (XR) є поєднанням технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR), що використовується для візуалізації архітектурних проєктів, здійснення просторового аналізу й інтерактивного моделювання. Працюючи з віртуальними моделями, студенти розміщують їх у реальному контексті, оцінюють форму, масштаб та експозицію проєкту в реальному просторі. Це покращує просторове сприйняття студентів, сприяє розвитку їхньої креативності та технологічної компетентності [15].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Виористання технології доповненої реальності (AR) дозволяє майбутнім архітекторам поєднувати віртуальні об'єкти з реальним простором, сприяючи кращому розумінню конструкцій, форм та просторових взаємин. Проте науково-методичне обґрунтування процесу формування технологічної освіченості студентів архітектурних спеціальностей засобами технології доповненої реальності залишається недостатньо розробленим, а процес впровадження у освітній процес архітектурних ЗВО цієї технології має епізодичний характер та відсутній комплексний підхід. Це зумовлює необхідність теоретичного обґрунтування та реалізації в освітньому процесі закладів вищої архітектурної освіти педагогічної моделі формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами технології доповненої реальності, що передбачає необхідність аналізу сучасних педагогічних підходів, принципів, методів, засобів та технологій навчання в архітектурних ЗВО.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті – теоретично обґрунтувати педагогічну модель формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами технології доповненої реальності в закладах вищої архітектурної освіти.

Завдання статті:



- проаналізувати сучасні наукові дослідження щодо проблеми формування технологічної освіченості у професійній підготовці архітекторів.
- дослідити особливості застосування технології доповненої реальності як засобу формування технологічної освіченості майбутнього архітектора.
- розробити педагогічну модель формування технологічної освіченості та обґрунтувати її ефективність.

Виклад основного матеріалу дослідження. Педагогічна модель формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів ґрунтується на принципах конструктивізму, SECI-моделі (модель обміну знаннями) та теорії контекстного навчання, що забезпечують активне засвоєння знань через практику та обговорення.

Компонентами моделі формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами технології доповненої реальності виступають: мотиваційно-цільовий, змістовий, операційно-діяльнісний, інтерактивно-комунікативний та контрольно-рефлексивний.

Мотиваційно-цільовий компонент моделі передбачає: створення внутрішньої мотивації до формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів, визначення стратегічних освітніх цілей та забезпечення активного включення студентів у цифрову архітектурну практику.

Забезпечення мотиваційно-ціннісного компоненту потребує вирішення таких завдань: формування у студентів розуміння значущості AR-технології для професійної діяльності архітектора; визначення освітніх цілей: розвиток просторового мислення, вміння працювати з цифровими інструментами, здатність інтегрувати AR-технології у дизайн-процес та представлення проєктів. Сучасні дослідження підтверджують, що AR-технології є не лише інноваційним інструментом, а й стратегічним елементом цифрової трансформації архітектурної освіти. Технологія доповненої реальності забезпечує візуалізацію



об'єктів у реальному контексті, дозволяючи студентам приймати обґрунтовані рішення ще на етапі концептуального дизайну [13].

Реалізація мотиваційно-ціннісного компоненту моделі відбувається у процесі:

- проведення установчих лекцій з прикладами застосування AR-технології в архітектурній практиці: ознайомлення з AR-технологіями, принципами їх роботи (Unity AR Foundation, BIMxAR, Fologram); розгляд кейсів використання технології доповненої реальності у практичних проєктах (історична реконструкція, параметричний дизайн, BIM-інтеграція, інтерактивне містобудівне моделювання тощо). У сучасній архітектурній практиці існують приклади успішного використання AR-технології у практичній архітектурі, зокрема демонстрація реальних кейсів на початку навчального курсу суттєво підвищує інтерес студентів та зменшує психологічний бар'єр перед використанням технології доповненої реальності [5];

- демонстрації кейсів використання AR-технології у сучасних архітектурних студіях. Наприклад, AR-проєкти із Hong Kong University (HKU) з використання AR-книг для вивчення архітектурної спадщини, що викликає високий інтерес у студентів [3], або проєкти Worcester Polytechnic Institute (WPI) з колективного проєктування у multi-user AR середовищі [8]. Такі кейси не лише демонструють технологічні можливості, але й показують студентам, як AR-технології застосовується у реальному освітньому та професійному середовищі, формуючи внутрішню професійну мотивацію майбутніх архітекторів;

- виконання індивідуальних та групових завдань із застосуванням AR-технології. Наприклад, індивідуальне завдання зі створення AR-моделі власного проєкту з використанням Unity або Fologram, або групове завдання для колективної розробки міського простору з інтерактивними AR-елементами. У сучасних дослідженнях доведено, що навчальні експерименти з AR-технологією у групових студіях сприяють формуванню не лише технологічних навичок, а й



soft skills (комунікація, співпраця) майбутніх фахівців [12]. Учені підкреслюють, що залучення студентів до PAR (Participatory Action Research) методології з AR-проєктами підвищує активність і відповідальність у навчанні (MDPI Buildings) [4].

Змістовий компонент моделі поєднує теорію та практику формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів через опанування технології доповненої реальності як частини цифрового дизайну. Важливою при цьому є збалансованість, тобто спочатку засвоєння базових концептів (XR, BIM), а потім – глибока інтеграція AR-технології у проєктну діяльність.

Змістовий компонент моделі містить теоретичний та практичний блоки, що представляють собою структурований набір знань та навичок, необхідних для формування технологічної освіченості майбутнього архітектора. Забезпечення змістового компоненту потребує вирішення таких завдань: формування у студентів системи знань про AR-технології та їх місце в архітектурному проєктуванні; розвиток практичних навичок роботи з AR-засобами для візуалізації, аналізу та комунікації проєктних рішень; навчання інтеграції AR-технології у комплексні архітектурні та містобудівні проєкти.

Теоретичний блок змістового компоненту містить базові знання, необхідні для розуміння принципів AR-технології та суміжних технологій, а саме: основи AR, XR та MR: поняття, типи AR-середовищ, інтеграція з мобільними та HMD-пристроями; цифрове моделювання та параметричний дизайн: основи роботи в Rhino + Grasshopper, алгоритмічне мислення; BIM-технології та AR: використання BIMxAR для інтеграції інформаційних моделей у розширену реальність.

Практичний блок змістового компоненту передбачає формування навичок через інтерактивні завдання з використанням сучасних AR-інструментів, а саме: створення AR-моделей архітектурних об'єктів (Unity AR Foundation, Vuforia); робота з AR-книгами для вивчення архітектурної спадщини; інтеграція AR-



технології у параметричне проектування (Fologram + Grasshopper); BIM + AR для аналізу конструкцій (BIMxAR платформи) тощо.

Операційно-діяльнісний компонент моделі забезпечує практичну діяльність студентів, спрямовану на застосування AR-технології в проектуванні, що сприяє підвищенню цифрової компетентності майбутніх архітекторів, розвитку просторового мислення через практичне застосування AR, формуванню навичок інноваційного проектування та роботи у міждисциплінарних командах.

Забезпечення операційно-діялісного компоненту потребує вирішення таких завдань: забезпечення практичного застосування AR-технологій у освітньому процесі; розвиток вміння інтегрувати AR у проєктні завдання на різних етапах (ескіз, концепція, деталізація); формування навичок командної роботи в AR-середовищі, розвиток soft skills (комунікація, колаборація).

Ключовими принципами реалізації операційно-діялісного компоненту є: практико-орієнтоване навчання (learning by doing); проєктно-орієнтована методика (design-based learning); використання AR-технології як інтерактивного інструмента співпраці (multi-user AR-платформи).

Операційно-діялісний компонент моделі реалізується шляхом застосування таких методів:

1. Індивідуальні AR-завдання з метою формування базових навичок роботи з AR-технологією, а саме: створення AR-візуалізації власного проєкту через Unity AR Foundation або Fologram; використання AR для тестування просторових пропорцій об'єкта у реальному середовищі. Сучасні дослідження засвідчують, що індивідуальні AR-експерименти розвивають у студентів алгоритмічне мислення та дозволяють гнучко комбінувати цифрові технології [12].

2. Групові проєкти в multi-user AR середовищі з метою розвитку комунікації та інтегрованого дизайну, а саме: робота в HoloLens або AR-платформах для колективного редагування моделей у реальному часі;



обговорення архітектурних рішень із накладенням AR-анотацій безпосередньо на 3D-модель у просторі. Сучасні дослідження засвідчують, що multi-user AR підсилює колаборативне навчання та сприяє формуванню міждисциплінарних навичок [8].

3. Використання AR-технології у комплексних проектних студіях, а саме: інтеграція AR-технології на всіх етапах проектування: аналіз ділянки (AR-геолокація), ескізні пропозиції, візуалізація у реальному масштабі (MR з HoloLens), презентація з AR-анотаціями. Сучасні дослідження засвідчують, що AR+BIM підхід дозволяє студентам краще розуміти конструктивні системи та просторові рішення [1], та залучення AR-технології у рефлексивні проектні студії підвищує якість прийняття рішень студентами [4]. Використання AR-технології дозволяє здійснити аналіз архітектурного проекту кінцевими користувачами, що сприяє їхній активній участі у спільній роботі над дизайном проекту, спрощує збір їхніх вимог та відгуків [7].

4. Інтерактивні AR-рев'ю та рецензії через проведення design critique sessions у змішаній реальності та використання AR-технології як платформи для аргументованого обговорення рішень. Використання XR-платформи (AR, VR) підвищує якість взаємодії між студентами та викладачами під час рецензування [15].

Інтерактивно-комунікативний компонент моделі спрямований на забезпечення ефективної взаємодії студентів та викладачів у цифровому середовищі, що сприяє розвитку soft skills (комунікація, командна робота, співпраця, аргументація рішень, критичне мислення, презентації тощо) майбутніх архітекторів, підвищення рівня інтерактивності та колаборації у проектних студіях; формування цифрової комунікативної культури майбутніх архітекторів. У цьому компоненті моделі у центрі є AR-технологія як спільний робочий простір.



Забезпечення інтерактивно-комунікативного компоненту моделі передбачає вирішення таких завдань: організацію ефективної комунікації студентів у процесі проєктування з використанням AR-засобів; розвиток навичок колаборації та командної роботи в умовах цифрового дизайну; формування культури інтерактивного рецензування у змішаному середовищі (AR + реальний простір).

Ключовими принципами реалізації інтерактивно-комунікативного компоненту моделі є: соціально-конструктивістський підхід як розуміння того, що знання формуються у процесі взаємодії; використання Collaborative AR: багатокористувацьких середовищ для колективної роботи; проєктно-орієнтоване навчання, що передбачає спільне вирішення реальних завдань.

Основними формами роботи при реалізації інтерактивно-комунікативного компоненту моделі є:

1. Використання AR-технології для інтерактивної презентації проєктів, тобто AR-візуалізація проєктів у реальному середовищі для групових обговорень. Студенти демонструють концепцію на реальній ділянці через AR-моделі, обговорюють переваги та недоліки.

2. Колаборація у багатокористувацькому AR-середовищі через використання HoloLens, ARKit, ARCore або Fologram для роботи з однією моделлю декількома користувачами одночасно, та спільного редагування і внесення анотацій у 3D-моделі в режимі реального часу.

3. AR-дискусії та критичні сесії, що передбачає проведення design critique sessions у AR-технології, коли викладач та студенти коментують проєкт безпосередньо в AR-середовищі, використання AR-міток для позначення проблемних зон на моделі.

4. Міждисциплінарні AR-хакатони, що передбачає об'єднання студентів архітектурних та будівельних спеціальностей для розробки інтегрованих AR-прототипів, використання BIM+AR для комплексного проєктування.



Контрольно-рефлексивний компонент визначає ефективність моделі шляхом оцінки рівня сформованості технологічної освіченості майбутніх архітекторів та дозволяє коригувати її через удосконалення освітнього процесу.

Контрольно-рефлексивний компонент моделі передбачає: оцінювання знань студентів через тестування з AR та параметричного моделювання; аналіз проєктних робіт та визначення рівня інтеграції AR-технології у дизайн-рішення; вимірювання просторових здібностей студентів до і після курсу (методики MRT, PSVT); рефлексія через обговорення труднощів та пропозиції для вдосконалення.

Педагогічна модель формування технологічної освіченості майбутніх архітекторів засобами технології доповненої реальності має циклічний характер: Мотивація → Теоретичний та практичний контент → Проєктна діяльність → Комунікація та співпраця → Контроль та рефлексія → Адаптація моделі.

Висновки. Отже, впровадження запропонованої педагогічної моделі сприятиме формуванню технологічної освіченості майбутніх архітекторів шляхом інтеграції технології доповненої реальності в освітній процес архітектурних закладів вищої освіти через технологічну та методичну взаємодію: від практичних інструментів та парадигм мислення до спільного навчання та виконання просторових вправ.

Список використаних джерел

1. Ashour Z., Shaghaghian Z., Yan W. BIMxAR: BIM-Empowered Augmented Reality for Learning Architectural Representations. 2022. URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.03207> (дата звернення: 08.06.2025).

2. Avila-Garzon C., Vacca-Acosta J., Kinshuk D.J., Betancourt J. Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research. *Contemporary Educational Technology*. 2021. 13, 1–29. URL : <https://doi.org/10.30935/cedtech/10865> (дата звернення: 14.08.2025).



3. Cheng L., Lau L., Pang W.Y.J. Augmented Reality Book Design for Teaching and Learning Architectural Heritage: Educational Heritage in Hong Kong Central and Western District. *AMC Journal on Computing and Cultural Heritage*. 2024. Vol. 17. Issue 4. DOI: 10.1145/3655628. URL : <https://www.peeref.com/works/84913644> (дата звернення: 07.06.2025).

4. Crolla K., Song J., Bunica A., Sheikh A. T. Integrated Extended Reality in Architectural Design Studio Teaching and Reviews: Implementing a Participatory Action Research Framework. *Buildings*. 2024. 14 (6), 1865. URL : <https://doi.org/10.3390/buildings14061865> (дата звернення: 12.06.2025).

5. Hajirasouli, A., Banihashemi, S. Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 19, 39 (2022). URL : <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00343-9> (дата звернення: 07.06.2025).

6. Kidik A., Asiliskender B. Augmented Reality Technologies in Architectural Design Education: A Systematic Literature Review. *International Conference on Innovations in Science and Education (Social Sciences)*. 2024. DOI: 10.12955/pss.v4.394. URL : <https://www.researchgate.net/publication/386181725>

7. Lee J.G., Joon Oh S., Ali A., Minji C. End-Users' Augmented Reality Utilization for Architectural Design Review. *Applied Sciences*. 2020, 10, 5363. URL : <https://doi.org/10.3390/app10155363> (дата звернення: 14.08.2025).

8. Liu, S., & Li, Y., & Farzin, S. Promoting collaborative learning in architectural engineering design through multi-user augmented reality. *2022 ASEE Annual Conference & Exposition*. URL : <https://peer.asee.org/41688> (дата звернення: 08.06.2025).

9. Nikou, S.A., Perifanou, M. & Economides, A.A. Exploring Teachers' Competences to Integrate Augmented Reality in Education: Results from an



International Study. *TechTrends*. 2024. 68, 1208–1221. URL : <https://doi.org/10.1007/s11528-024-01014-4> (дата звернення: 12.06.2025).

10. Russo M. AR in the Architecture Domain: State of the Art. *Applied sciences*. 2021. 11, 6800. URL : <https://doi.org/10.3390/app11156800> (дата звернення: 14.08.2025).

11. Shaghaghian Z., Burte H., Song D., Yan W. Learning Geometric Transformations for Parametric Design: An Augmented Reality (AR)-Powered Approach. 2021. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.10899> (дата звернення: 08.06.2025).

12. Song Y. Immersive Design-to-Construction: A teaching experiment leveraging augmented reality (AR) for the contextual design modification, simulation, and assembly of parametric masonry walls. *CAADRIA*. 2025. URL : <https://scholar.xjtlu.edu.cn/en/publications/immersive-design-to-construction-a-teaching-experiment-leveraging> (дата звернення: 08.06.2025).

13. Tao Y., Ren Q., Vantuyghem G. et.al. Extending 3D concrete printing to hard rock tunnel linings: Adhesion of fresh cementitious materials for different surface inclinations. *Automation in Construction*. 2023. 149:104787. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104787

14. Ummihusna A., Zairul M. Investigating immersive learning technology intervention in architecture education: A systematic literature review. *Journal of Applied Research in Higher Education*. 2022. 14 (1): 264–281. URL : <https://doi.org/10.1108/JARHE-08-2020-0279> (дата звернення: 14.08.2025).

15. Zhang Y., Huang X. Integrating Extended Reality (XR) in Architectural Design Education: A Systematic Review and Case Study at Southeast University (China). *Buildings*. 2024, 14 (12), 3954. – URL : <https://doi.org/10.3390/buildings14123954>