



Поєднання штучного інтелекту з BIM-технологіями у навчальному процесі ЗВО архітектурно-будівельного профілю

*Віктор Сопов,
Олена Проценко,
Володимир Герасименко*

Система вищої освіти України переживає складний період. З одного боку, розвиток сучасних технологій, що триває, з іншого боку — зруйновані будівлі навчальних закладів, масовий виїзд молоді як потенційних здобувачів освіти за межі України, невизначеність розвитку бойових дій на території нашої держави роблять перспективу виживання освітнього процесу в існуючих межах майже неможливою. Звичайно, величезну роль тут відіграє запит, інформативність, якість знань, прогнозованість результатів навчання, а також шляхи і засоби, за допомогою яких ці результати будуть досягнуті.

У світлі поставлених задач і потреби в досвідчених кадрах в галузі архітектури та будівництва виникають питання про розширення меж дисциплін, що вже викладаються студентам, в ракурсі доповнення їх можливостями використання штучного інтелекту (ШІ) на базі нейронних мереж з ретроспективою набуття додаткових можливостей для графічного проектування і розширення обсягу оброблюваної інформації. Нагальними постають питання реставраційних і відновлювальних робіт в сфері житлового й промислового будівництва, які вимагають множинних навичок не тільки роботи з графічними САД системами, але й досту-

пу і можливості обробки в стислі терміни з гарантованим якісним результатом великої кількості інформації в різних областях проектування і будівництва. На рис. 1 показано діаграму, що ілюструє переваги спільної роботи BIM-технологій та штучного інтелекту у вирішенні проблем архітектури та будівництва. Їхня інтеграція відкриває нові можливості для оптимізації будівельних процесів, підвищення ефективності проектування та управління будівлями.

ШІ допомагає автоматизувати рутинні процеси, покращити точність прогнозів і оптимізувати використання ресурсів, що в кінцевому підсумку сприяє зниженню витрат і підвищенню якості будівельних проєктів. Наприклад, при створенні BIM-проєкту в програмному середовищі REVIT, коли необхідно враховувати не тільки вимоги замовника до графічної частини проєкту, але й максимально врахувати всі необхідні ресурси та типи будівельних матеріалів. Це важливо для того, щоб під час будівельних робіт забезпечити споруді або її реконструйованій (відновленій) структурній частині необхідні характеристики, а також гарантувати простоту комунікації та логістичних зв'язків з постачальниками матеріалів. Необхідно професійно готувати не просто будівельників та архітекторів, а навча-



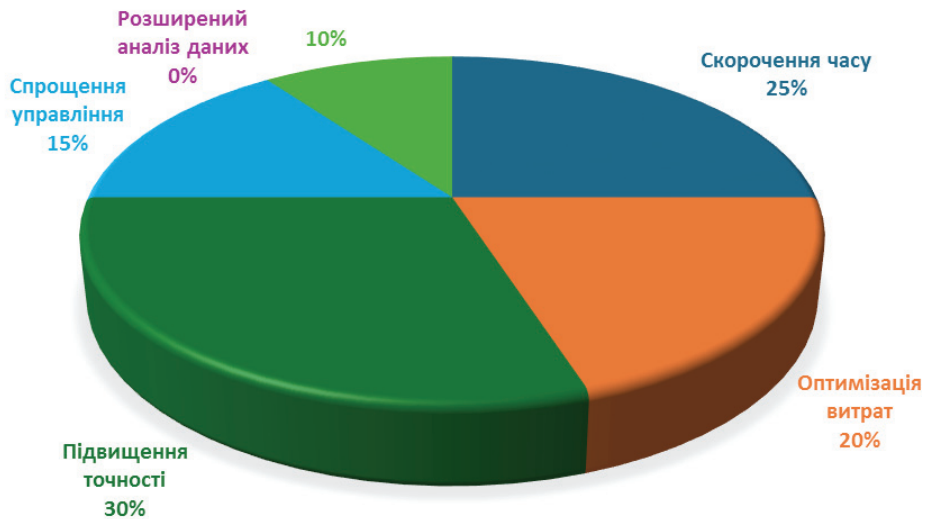


Рис. 1. Переваги застосування технологій BIM та ШІ в архітектурі та будівництві

ти їх навичкам роботи з пошкодженими об'єктами цивільної інфраструктури, що підлягають відновленню та реконструкції. Ніколи ще в історії нашої держави не стояло так гостро питання підготовки кадрів саме за цим напрямом освітньої підготовки. Діаграма, наведена на рис. 2, показує самодостатній замкнутий цикл вірогідного процесу взаємодії BIM та ШІ на етапах відновлення зруйнованого або пошкодженого об'єкта інфраструктури.

Маючи власний досвід впровадження та викладання комплексу дисциплін, що дозволяють студентам-архітекторам

адаптуватися до середовища BIM проектування, ми, як автори дослідження, проаналізували актуальні публікації на тему ймовірної взаємодії програмних продуктів BIM з можливостями ШІ. Таким чином, можна зупинитися на кількох типових публікаціях.

Американський журнал «Engineering News-Record» наводить дані, що «інтеграція BIM та штучного інтелекту в реконструкцію після стихійних лих довела, що вона кардинально змінила ситуацію, забезпечивши більш ефективні та точні процеси відновлення» [1]. Звертаючись до вітчизняних засобів інформаційної періодики, зустрічаємо думку, яка повністю перегукується з наведеним вище, але вже в ретроспективі наслідків триваючих військових дій: «Використання BIM-технологій у відновленні зруйнованої інфраструктури дозволяє значно скоротити час та витрати на реконструкцію» [2], — пише газета «Українська правда» за 2023 рік. Європейський періодичний науковий журнал «Journal of Building Engineering», що спеціалізується на вишукуванні в галузі будівельної техніки, у публікації за той же 2023 рік зазначає, що «основні висновки свідчать про те, що програми BIM представляють значний потенціал у процесі планування, оцінки та управління реконструкцією постконфліктних контек-

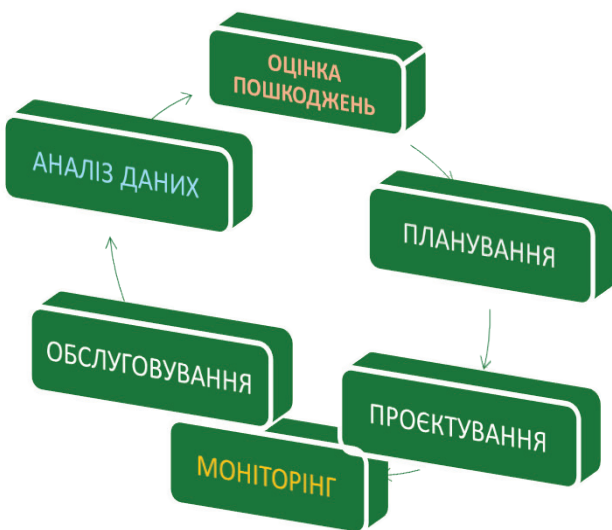


Рис. 2. Вплив BIM та ШІ на етапи відновлення інфраструктури

стів у країнах, що розвиваються, де звичайні методи обмежені, нефункціональні та неефективні» [3]. Уважно аналізуючи далі тематику за нашим вишукуванням, стикаємось з публікацією у журналі «Automation in Construction» за 2022 рік, в якій йдеться про те, що «нтеграція ШІ з BIM для ефективного відновлення інфраструктури може значно підвищити точність і швидкість постконфліктної реконструкції» [4].

Висновки щодо подальших дій підказує англomовний науковий журнал «Architectural Digest», респонденти якого зіткнулися з реальними потребами освітнього ринку: «Провідні університети включають BIM та ШІ у свої навчальні програми, готуючи студентів до виконання складних проектів реконструкції за допомогою передових технологічних інструментів» [5].

Як підсумок наведеного цитування з відкритих джерел інформації преси та наукових публікацій можна апелювати до офіційного сайту Міністерства освіти, де зазначено, що «інтеграція BIM та штучного інтелекту в навчальні програми архітектурних факультетів є необхідною умовою для підготовки висококваліфікованих фахівців» [6].

Якщо виділити квінтесенцію одержаної інформації, можна казати про необхідність введення до освітніх блоків навчального процесу підготовки архітекторів і будівельників задач графічного проектування, де взаємодія зі штучним інтелектом на базі нейронних мереж є обов'язковою частиною навчального процесу.

Головною метою даного дослідження є створення загального уявлення про взаємодію BIM-технологій і ШІ, яка дозволить при грамотному послідовному проходженні структурних етапів навчального курсу підготовки здобувачів вищої освіти прогнозовано отримати результати навчання (РН) та набуті навички ефективного розв'язання професійних питань шляхом грамотного делегування проблем пошуку нагальної інформації та її аналізу ШІ.

Таким чином, існує потреба створення нового навчального курсу «Інтелектуальне інформаційне моделювання», який, функціонуючи в рамках переважно дистанційної системи навчання, буде поєднувати в собі набуття навичок BIM-проектування з паралельним використанням можливостей ШІ. Якщо розглянути кроки, що необхідні для реалізації поставленого завдання, то можна уявити їх у вигляді кругової діаграми, що надано на рис. 3.



Рис. 3. Процес інтеграції нового курсу «Інтелектуальне інформаційне моделювання» в навчальний процес

Проведемо послідовний аналіз складових циклу, вказаного на діаграмі (рис. 3).

1. Аналіз потреб

Наявність загальної потреби створення курсу «Інтелектуальне інформаційне моделювання» визначено наведеними вище публікаціями у вітчизняній та зарубіжній періодиці та на сайті Освіта. ua [2; 6].

2. Розробка навчальних матеріалів

Пропонується розширити комплекс завдань у навчальних програмах, включивши до них питання реконструкції об'єктів, пошкоджених внаслідок військових дій. Це передбачає використання існуючих навчальних матеріалів, пов'язаних з BIM-технологіями для графічного про-

ектування та оформлення документації, а також інтеграцію можливостей штучного інтелекту для вирішення специфічних проблем реконструкції та відновлення будівельних об'єктів.

3. Навчання викладачів

Наявна велика кількість освітніх платформ, які за результатами проходження курсу навчання сертифікують своїх слухачів сертифікатами різних рівнів. Це Coursera, Udemy, Grammarly та інші, і частина з них надає послуги освітнім закладам на договірній або безкоштовній основі.

4. Проведення в навчальний процес

Навчальний курс повинен бути структурований за етапами впровадження в залежності від набуття здобувачами необхідних навичок у вигляді результатів навчання (РН), що передбачено освітньою програмою для навчальної дисципліни, в межах якої створюється навчальний курс. Він повинен мати, на наш погляд, три складові. Якщо аналізувати окремо ці складові створеного навчального курсу, то на даний момент можна виділити такі ключові аспекти, як отримання теоретичної бази, практична підготовка та подальше отримання і закріплення навичок графічного проектування шляхом введення в робочу програму спеціалізованих курсів. Якщо розглянути кожен з цих розділів, то їх наповнення повинне виглядати таким чином, як наведено нижче в проведеному нами аналізі всіх трьох складових навчального курсу.

4.1. Отримання теоретичної бази

Цей навчальний блок дозволяє здобувачам вищої освіти отримати розуміння концепції BIM, його переваги та цілі застосування в будівельних та реставраційних роботах. Необхідно висвітлити історію розвитку BIM та його роль у сучасній архітектурі та будівництві. Попередньо необхідно ознайомити здобувачів з необхідністю використання виключно ліцензійних програмних продуктів для отримання повного доступу до всіх їх функцій і можливостей, для лега-

лізації виконаних розробок на їх основі і забезпечення надійного захисту інформації. Також необхідно проінформувати здобувачів про можливість отримання безкоштовної освітньої ліцензії на робочі програмні продукти. Наприклад, компанія Autodesk після реєстрації на своєму сайті та підтвердження статусу здобувачем освіти надає йому можливість отримання навчальних ліцензій на свої програмні продукти.

4.2. Набуття практичних навичок

На основі поставленої комплексної практичної задачі зі створення і подальшого оформлення креслярської документації засобами САПР на базі ліцензійного програмного забезпечення необхідно поступово (з використанням засобів поточного і модульного навчального контролю) ввести в робочу програму навчальної дисципліни навчання основам роботи з основними BIM-додатками, наприклад такими, як Autodesk Revit, ArchiCAD, Bentley Systems.

У процесі навчання поетапно, в порядку поставлених в програмі навчальних задач, формуються навички проектування та моделювання на основі створення 3D-моделей будівель, у тому числі елементів пошкоджених конструкцій та розробки проектних алгоритмів їх реконструкції або відновлення. На цьому етапі необхідно включити в процес роботи над завданням III. Задачі, які може вирішувати III на цьому етапі навчання, обумовлені аналізом наявних на будівельному ринку матеріалів з властивостями, що забезпечують взаємозамінність раніше використаних матеріалів, створенням кошторису робіт і розробкою простих логістичних рішень для їх реалізації. Для генерування розв'язання цих задач доцільно звернутися до програмних продуктів з можливістю вільного доступу — Copilot, Gemini, ChatGPT 4o та деяких інших.

У процесі роботи над навчальним завданням необхідно враховувати такі переваги використання III у викладанні BIM, як ті, що проаналізовано нижче.

4.2.1. Аналіз даних та прогнозування. ІІІ може аналізувати величезні обсяги даних, що зберігаються в BIM-моделях, щоб виявити закономірності, прогнозувати результати проєктів і попереджати можливі проблеми, аналізувати дані з датчиків та зображень, щоб виявити пошкодження та спрогнозувати їх розвиток, оптимізувати процеси відновлення та проєктування. Наприклад, штучний інтелект може допомогти передбачити терміни завершення будівництва, оцінити витрати або навіть виявити потенційні дефекти конструкцій ще на етапі проєктування.

4.2.2. Віртуальна та доповнена реальність. Створення віртуальних тренажерів-симуляторів для навчання студентів дозволять практикуватися у використанні BIM-інструментів та програмного забезпечення у безпечному та контрольованому середовищі. Це допомагає покращити їхні навички та знання, а також ознайомитися з новими функціями та можливостями.

Доповнена реальність дозволяє створювати реалістичні симуляції будівельних процесів та експлуатації будівель в режимі реального часу. Це дає можливість виявляти потенційні проблеми та конфлікти на ранніх стадіях проєктування, а також оцінювати різні варіанти рішень та їх вплив на проєкт.

4.2.3. Автоматизація проєктування. ІІІ може використовуватися для генеративного дизайну, де алгоритми автоматично створюють безліч варіантів проєктів на основі заданих параметрів і умов. Це дозволяє швидко знайти оптимальні рішення для конструкцій, планування приміщень або вибору матеріалів, що згодом інтегруються в BIM-моделі.

ІІІ також може допомагати в оптимізації використання матеріалів, енергії та інших ресурсів у будівництві, враховуючи екологічні стандарти та економічні вимоги.

4.2.4. Моніторинг прогресу та управління ризиками. Інтеграція ІІІ в BIM дозволяє створювати системи, що авто-

матично здійснюють моніторинг прогресу будівництва, зіставляючи фактичні дані з BIM-моделями. Це дозволяє виявляти відхилення від плану в реальному часі.

ІІІ може аналізувати дані про минулі проєкти і виявляти потенційні ризики на основі BIM-моделей, допомагаючи приймати обґрунтовані рішення для зменшення цих ризиків.

4.3. Спеціалізовані курси

Такі курси в робочій програмі дисципліни можуть бути виділені в окремий структурний модуль, що надає можливість комплексного використання можливостей BIM-проєктування з перевагами ІІІ на базі нейронних мереж у вирішенні та обробці завдань. Саме на цьому етапі процес навчання дозволяє майбутньому фахівцеві набути необхідних конкурентоздатних навичок, актуальних як в умовах нинішнього військового часу, так і за часів подальшої повоєнної відбудови. До таких інформаційних навчальних блоків слід віднести:

- аналіз даних щодо стану конструкцій, виявлення пошкоджень та планування відновлювальних робіт;
- можливість проведення реставраційних робіт з урахуванням специфіки відновлення пошкоджених структур за допомогою BIM;
- проєктування або поновлення інженерних систем будівель.

5. Аналіз результатів

На жаль, на сьогодні в системі вітчизняної освіти існують лише «пілотні», «флагманські» навчальні проєкти. Але впевненість в їх успішності не викликає сумнівів. Достатньо проаналізувати світовий досвід практичного застосування об'єднаних можливостей BIM та ІІІ. В таблиці ми зробили спробу пошуку спільних функцій обох складових на відомих успішних прикладах проведення поновлювальних, реконструкційних та будівельних робіт, що є нерозривними ланками в нашому вишукуванні.

Приклади успішного використання інтелектуального інформаційного моделювання

ВІМ-технології	ІІІ	Загальні функції
Реконструкція собору Паризької Богоматері після пожежі		
Створення детальної 3D-моделі (Ендрю Талон) до пожежі і актуальної ВІМ-моделі, яка відображала стан собору після катастрофи на основі лазерного сканування та фотограмметрії	Аналіз 3D-сканів і фотографій собору з метою визначення ступеня пошкодження структури, автоматична ідентифікація критичних зон, що потребували негайного втручання, аналіз старих фотографій, креслень і інших документів для точного відтворення втрачених частин	Оптимізація процесів і конструкцій на основі принципів генеративного дизайну; візуалізація проєктів; планування та координація; забезпечення високої точності робіт і збереження культурної спадщини
Проєктування та будівництво нового терміналу аеропорту в Стамбулі		
Створення єдиної інформаційної моделі терміналу; створення тривимірних моделей терміналу	Аналіз величезних обсягів даних та прогнозування можливих затримок; аналіз можливих ризиків на основі історичних даних та виявлення потенційних проблем на ранніх стадіях проєкту	Оптимізація процесів; візуалізація проєктів; планування та координація; система автоматичного контролю якості будівництва
Реконструкція історичних будівель в Європі		
Цифрове сканування і створення точних ВІМ-моделей; збереження точної геометрії і деталей будівлі	Автоматизована обробка великих обсягів даних, отриманих під час сканування: класифікація матеріалів, виявлення структурних дефектів та аналіз стану будівлі; аналіз структурної цілісності історичних будівель на основі ВІМ-моделей	Оптимізація процесів; візуалізація проєктів; оптимізація планів реконструкції; створення віртуальних моделей історичних будівель

ІІІ ідсумувавши викладене, можна зробити висновок, що такий освітній блок передбачає відкритість до нових методичних напрацювань у галузі проєктування і будівництва. Процес навчання має не наздоганяти, а випереджати запити ринку освітніх послуг. Тому необхідно створювати освітні проєкти, брати участь у студентських конкурсах за цим напрямом, спостерігати та брати участь у міжнародних освітніх проєктах. В якості актуального прикладу можна навести форум «Digital Governance & Education», який допомагає обмінюватися досвідом та дізнаватися про останні тренди у сфері ВІМ-технологій, штучного інтелекту та нейронних мереж. Також необхідний результат досягається участю в освітніх програмах, провадженням відповідних спеціалізованих освітніх програм і курсів в університетах і навчальних центрах.

Ці методи та підходи допоможуть архітекторам і будівельникам не лише оволодіти ВІМ-технологіями, а й ефективно

застосовувати їх, використовуючи сучасні досягнення у сфері нейрокомунікацій.

Інтеграція ІІІ з ВІМ-технологіями значно підвищує ефективність проєктування, будівництва та управління будівлями. ІІІ допомагає автоматизувати рутинні процеси, покращити точність прогнозів і оптимізувати використання ресурсів, що в кінцевому підсумку сприяє зниженню витрат і підвищенню якості будівельних проєктів.

Література

1. *Engineering News-Record*. The integration of BIM and AI in post-disaster reconstruction has proven to be a game-changer, enabling more efficient and accurate rebuilding processes // *Engineering News-Record*, 2023. P. 45. URL: <https://www.enr.com/topics/586-building-information-modeling-bim>.

2. *Використання ВІМ-технологій у відновленні зруйнованої інфраструктури*

дозволяє значно скоротити час та витрати на реконструкцію // Українська правда. 2023. С. 12. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/06/9/700983/>.

3. *The Role of BIM and AI in Post-Conflict Reconstruction* // Journal of Building Engineering, 2023. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11831-022-09830-8>

4. *Integrating AI with BIM for Efficient Infrastructure Restoration* // Automation in Construction, 2022.

5. *Leading universities are incorporating BIM and AI into their curricula, preparing students to tackle complex reconstruction projects with advanced technological tools* // Architectural Digest. 2023. P. 30. URL: <https://emag.archiexpo.com/artificial-intelligence-in-building-information-modeling-bim/>.

6. *Інтеграція BIM та штучного інтелекту в навчальні програми архітектурних факультетів є необхідною умовою для підготовки висококваліфікованих фахівців* // Освіта.ua, 2023. С. 8. URL: https://thedigital.gov.ua/lms_ai.

7. *Smith J. Building Information Modeling: A Comprehensive Guide*. 2021.

8. *Brown A. Artificial Intelligence in Architecture and Construction*. 2020.

9. *Proceedings of the International Conference on Construction and Building Technology. BIM and AI in Post-Disaster Recovery*. 2023.

10. *IEEE Conference on Smart Cities. Leveraging AI and BIM for Urban Reconstruction*. 2022.

11. *BuildingSMART International. BIM and AI: Transforming the Construction Industry*. 2023. URL: <https://www.buildingsmart.org>.

12. *AEC Magazine. The Future of BIM and AI in Construction*. 2023. URL: <https://www.aecmag.com>.

13. *World Bank Report. Rebuilding with Technology: The Role of BIM and AI in Post-Conflict Areas*. 2022.

14. *UNESCO Report. Innovative Technologies for Infrastructure Reconstruction*. 2023.

15.08.2024

Відомості про авторів:

Сопов Віктор Петрович — доктор технічних наук, професор, професор кафедри архітектури та інженерних вишукувань; Сумський національний аграрний університет; Суми, Україна; email: vpsovov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1908-0421>; Scopus <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56013523500>; Google Scholar

Проценко Олена Михайлівна — старший викладач кафедри цифрового моделювання та графіки; Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова; Харків, Україна; email: L696236@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2478-4781>; Scopus <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58773619800> <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57219050515>; Google Scholar.

Герасименко Володимир Віталійович — кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри цифрового моделювання та графіки; Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова; Харків, Україна; email: Volodymyr.Herasymenko@kname.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7874-1322>; Scopus; Google Scholar