

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-84-164>

УДК 330.1

ВІМ У 11 ВИМІРАХ: ВІД ПРОСТОРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДО АВТОНОМНОГО УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИМИ ПРОЄКТАМИ

BIM IN 11 DIMENSIONS: FROM SPATIAL MODELING TO AUTONOMOUS MANAGEMENT OF INVESTMENT PROJECTS

Третякова Алевтина Ігорівна
доктор філософії в області економіки,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1652-6482>

Tretiakova Alevtyna
PhD (Economics)

У даній статті досліджуються можливості багатовимірного підходу Building Information Modeling (BIM), що охоплює 11 вимірів – від базового просторового моделювання до автономних систем управління інвестиційними проєктами. З позиції економічної ефективності, було проаналізовано вплив розширення BIM-вимірів на вартісно-часові параметри будівельних проєктів, точність фінансового планування та зниження ризиків в умовах невизначеності. Особливу увагу приділено взаємозв'язку BIM-вимірів із ключовими економічними індикаторами, зокрема NPV, IRR, LCC та EVA, а також впливу цифрової інтеграції на маржинальність і капіталізацію інфраструктурних активів. В статті обґрунтовано, що перехід до 10D-11D BIM, який передбачає інтеграцію управління стійкістю, соціально-економічними ефектами та автономною аналітикою на основі штучного інтелекту, може сформувати нову парадигму прийняття інвестиційних рішень у цивільному будівництві. Отримані результати свідчать, що багатовимірний BIM трансформується з інструменту проєктування в економічний механізм стратегічного управління, що здатний забезпечити синергетичний ефект у будівельних процесах та масштабування інвестицій у цивільне будівництво.

Ключові слова: BIM, багатовимірне моделювання, інвестиційні проєкти, економічна ефективність, життєвий цикл проєкту, цифрова трансформація, автономне управління, управління ризиками, цивільне будівництво.

The article explores the potential of the multidimensional Building Information Modeling (BIM) framework encompassing eleven dimensions – from basic spatial modeling to autonomous systems for managing investment projects. From an economic perspective, the study examines how the expansion of BIM dimensions influences cost-time parameters, enhances the accuracy of financial planning, and reduces risks under conditions of uncertainty and market volatility. Particular attention was given to the relationship between BIM dimensions and key economic indicators such as NPV (Net Present Value), IRR (Internal Rate of Return), LCC (Life Cycle Cost) and EVA (Economic Value Added), as well as to the impact of digital integration on project profitability, financial resilience, and the capitalization of infrastructure assets. The research further investigates how higher BIM dimensions enable the integration of lifecycle cost analysis, real-time data processing, and predictive analytics, which significantly improves the quality of investment decision-making. It is substantiated that the transition to 10D-11D BIM, incorporating sustainability management, socio-economic impact assessment, and AI-driven autonomous analytics, contributes to the formation of a fundamentally new investment paradigm in civil construction. The study also emphasizes the role of BIM as a platform for coordinating stakeholders, improving transparency of financial flows, and ensuring effective resource allocation throughout the project lifecycle. A conceptual model for applying 11D BIM is proposed to optimize financing structures, increase cost transparency, shorten the project life cycle, and strengthen investor confidence in large-scale infrastructure initiatives. The results demonstrate that multidimensional BIM is transforming from a design tool into comprehensive economic mechanism of strategic management, capable of generating a synergistic effect in post-war recovery processes and facilitating the scaling of investments in civil construction.

Keywords: BIM, multidimensional modeling, investment projects, economic efficiency, LCC, digital transformation, autonomous management, risk management, civil construction.



Постановка проблеми. Сучасні інвестиційні проекти у сфері цивільного будівництва характеризуються високим рівнем складності, значними обсягами даних та зростаючими вимогами до точності фінансового планування, управління ризиками та забезпечення стійкості. Традиційні підходи до моделювання та управління проектами залишаються фрагментованими і часто не забезпечують належного рівня інтеграції між технічними, економічними та управлінськими процесами.

Попри те, що впровадження BIM-технологій істотно підвищило ефективність проектування та координацію будівельних робіт, на практиці більшість компаній обмежуються використанням базових вимірів BIM (3D-5D), не реалізуючи потенціалу багатовимірного підходу для комплексного економічного аналізу та стратегічного управління інвестиціями. У результаті BIM часто використовується як інструмент візуалізації та кошторисного контролю, а не як повноцінна платформа прийняття інвестиційних рішень.

Водночас трансформація BIM у 11-вимірну модель, що охоплює управління життєвим циклом, ризиками, стійкістю, експлуатаційними витратами та автономною аналітикою на основі штучного інтелекту, відкриває нові можливості для підвищення економічної ефективності інвестиційних проектів. Однак на сьогодні відсутні системні дослідження, які б комплексно розкривали економічний зміст кожного з вимірів BIM, їхній взаємозв'язок із фінансовими індикаторами (NPV, IRR, LCC, EVA) та роль у формуванні нової моделі управління інвестиційними проектами в умовах цифрової трансформації та післявоєнного відновлення. Це формує наукову прогалину та зумовлює актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У науковій літературі BIM здебільшого розглядається як багатовимірна інформаційна платформа, де базові виміри 3D-5D відповідають геометричному моделюванню, календарному плануванню та вартісному аналізу проекту, а 6D-7D пов'язуються з оцінкою життєвого циклу (LCC), стійкістю та управлінням експлуатацією об'єкта [5]. У низці праць описано поступовий перехід від 3D до 7D BIM, з акцентом на час, вартість, енергоефективність, експлуатаційні витрати та експлуатаційне управління об'єктами, а також показано, що застосування 6D-7D BIM здатне забезпечувати суттєву економію витрат на етапі експлуатації та зменшення сукупної вартості життєвого циклу будівель [7; 8].

Окремий напрям досліджень фокусується на використанні BIM, як інструменту для моделювання витрат життєвого циклу в поєднанні з концепціями циркулярної економіки, де BIM розглядається, як джерело даних для прийняття рішень щодо повторного використання матеріалів, проектування «на демонтаж» та оптимізації повного життєвого циклу (LCC) у довгостроковій перспективі. В роботах, присвячених оцінюванню економічних ефектів впровадження BIM, авторами наголошується, що поєднання 4D-6D вимірів дозволяє підвищити точність кошторисних розрахунків, скоротити терміни будівництва, знизити кількість колізій і, відповідно, зменшити непрямі витрати й ризик перевищення бюджету [1, с. 55].

Останнім часом активно розвивається напрям інтеграції BIM із штучним інтелектом, де останній (ШІ) розглядається як інструмент підвищення якості управлінських рішень, автоматизації аналізу ризиків, прогнозування вартості та оптимізації ресурсів. Дослідження демонструють, що поєднання BIM і ШІ створює передумови для розроблення цифрових систем підтримки прийняття рішень, здатних аналізувати великі масиви даних, моделювати сценарії грошових потоків та оцінювати віддачу інвестицій (ROI) на основі інтегрованих показників NPV, IRR, LCC та інших фінансових індикаторів [4].

Водночас у більшості робіт ШІ-компонента розглядається переважно, як технічне розширення BIM (автоматизація проектування, оптимізація графіків, виявлення колізій), тоді як її потенціал для автономного управління інвестиційними портфелями та динамічного перерозподілу фінансування між проектами лишається недостатньо дослідженим.

У контексті відновлення інвестиційного клімату у будівельному секторі, низка досліджень наголошує на критичній ролі BIM у прискоренні реконструкції наявної інфраструктури, підвищенні прозорості будівельних процесів та залученні міжнародних інвестицій. Підкреслюється, що впровадження BIM-орієнтованих підходів може стати ключовою передумовою для побудови стійких, енергоефективних і економічно обґрунтованих об'єктів у житловому та громадському будівництві. Втім, попри наявність робіт, присвячених окремим вимірам (3D-7D) та їх зв'язку із вартістю, часом і стійкістю, залишається недостатньо опрацьованим цілісний економічний підхід до трактування 8D-11D BIM як інструментів автономного управління інвести-

ційними проектами, інтеграції ESG-критеріїв, соціально-економічних ефектів та ризик-орієнтованої реконфігурації інвестиційних потоків в умовах відновлення залучення інвестицій.

Мета статті. Метою статті є обґрунтування концепції багатовимірного BIM-моделювання у форматі 11-D як інтегрованого економіко-цифрового інструменту управління інвестиційними проектами цивільного будівництва, а також дослідження впливу розширення BIM-вимірів на ефективність прийняття інвестиційних рішень в умовах цифрової трансформації та післявоєнного відновлення.

Для досягнення поставленої мети у статті передбачено:

- розкрити економічний зміст кожного з вимірів BIM (від 3D до 11D) та їх роль у формуванні вартісно-часових і фінансових параметрів проекту;

- дослідити взаємозв'язок BIM-вимірів із ключовими фінансово-економічними індикаторами (NPV, IRR, LCC, EVA) на різних етапах життєвого циклу інвестиційного проекту;

- обґрунтувати можливості інтеграції BIM із методами аналізу ризиків, сценарного моделювання та штучного інтелекту для підвищення автономності управлінських рішень;

- запропонувати концептуальну модель застосування 11D BIM як платформи стратегічного управління інвестиціями, оптимізації структури фінансування та підвищення прозорості і довіри з боку інвесторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних умовах Building Information Modeling трансформується з інструменту просторового проектування у комплексну цифрову платформу управління інвестиційними проектами цивільного будівництва. Еволюція BIM від базових вимірів до багатовимірних моделей зумовлена зростанням складності будівельних проектів, підвищенням вимог до економічної ефективності та необхідністю прийняття рішень в умовах невизначеності. Багатовимірний підхід до BIM передбачає послідовне нарощування інформаційного наповнення моделі, де кожен новий вимір розширює функціональні можливості управління. Він не замінює попередні, а інтегрує технічні, часові, вартісні, фінансові та стратегічні аспекти інвестиційного процесу всередину.

Базові виміри BIM (3D-5D) формують цифрову основу інвестиційного проекту, забезпечуючи просторову координацію, календарне планування та вартісний контроль. Використання 3D BIM дозволяє знизити кількість проектних колізій і помилок, що безпосередньо впливає на скорочення непрямих витрат та ризиків перевищення бюджету. Інтеграція часового виміру у 4D BIM створює можливості для аналізу сценаріїв реалізації проекту, оптимізації послідовності будівельних робіт і мінімізації затримок, які мають істотний фінансовий ефект. 5D BIM забезпечує зв'язок між

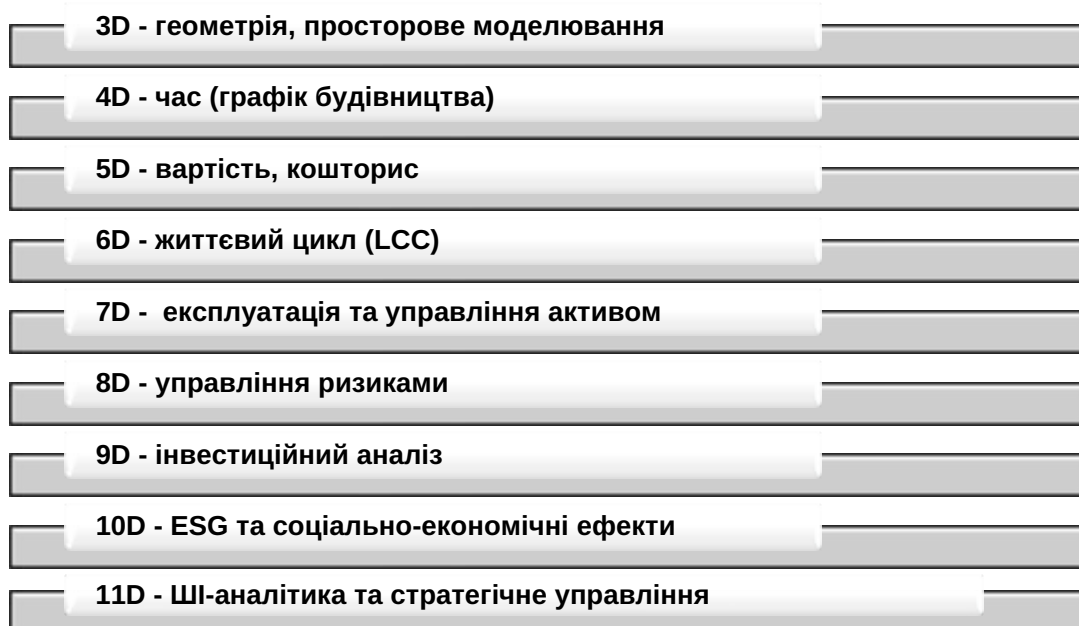


Рис. 1. Еволюція BIM-вимірів (3D-11D) у системі управління інвестиційним проектом

Джерело: сформовано автором на основі [1; 6]

обсягами робіт, ресурсами та кошторисними показниками, перетворюючи інформаційну модель на інструмент фінансового моніторингу, здатний відображати динаміку витрат і вплив часових змін на загальну вартість проєкту. Водночас застосування BIM лише в межах 3D-5D не дозволяє оцінити довгострокові економічні наслідки інвестиційних рішень у повній мірі [10].

Розширення BIM до вимірів 6D-7D спрямовується на управління життєвим циклом об'єкта та його експлуатаційну ефективність. Інтеграція аналізу життєвих витрат у 6D BIM дозволяє оцінювати не лише початкові капітальні вкладення, а й сукупні витрати протягом усього періоду експлуатації, що є критично важливим для інвесторів, орієнтованих на довгострокову дохідність активів. 7D BIM забезпечує інформаційну підтримку експлуатаційної фази, формуючи цифровий паспорт об'єкта, який використовується для управління активами, планування технічного обслуговування та прогнозування операційних витрат. У результаті BIM починає виконувати функції інструменту стратегічного управління вартістю активу протягом усього життєвого циклу.

Принципово новий рівень функціональності BIM формується при переході до 8D-9D вимірів, де в інформаційну модель інтегруються ризики та інвестиційний аналіз. 8D орієнтований на моделювання невизначеності та сценаріїв розвитку проєкту, що досягається шляхом поєднання BIM із ймовірнісними методами аналізу, зокрема симуляцією Монте-Карло. Такий підхід дозволяє оцінювати варіативність грошових потоків, чутливість показників NPV та IRR до змін ключових параметрів і формувати управлінські рішення, що будуть ризик-орієнтованими. 9D розширює модель до рівня комплексного інвестиційного аналізу, у межах якого фінансові індикатори безпосередньо пов'язуються з технічними та організаційними параметрами проєкту. Це забезпечує прозорий зв'язок між проєктними рішеннями, структурою фінансування та очікуваною економічною ефективністю інвестицій [3; 9].

Подальший розвиток BIM до 10D-11D вимірів формує нову парадигму управління інвестиційними проєктами, орієнтовану на стійкість, соціально-економічні ефекти та автономність управлінських рішень. 10D передбачає інтеграцію оцінювання екологічних, соціальних та управлінських аспектів проєкту, що дозволяє враховувати ESG-критерії та довгострокові

соціально-економічні ефекти при формуванні інвестиційних стратегій. 11D базується на використанні штучного інтелекту як аналітичної надбудови над багатовимірною інформаційною моделлю, що забезпечує автоматизацію аналізу даних, прогнозування фінансових результатів і формування рекомендацій щодо управління інвестиційними портфелями. У такому форматі BIM переходить від ролі інструменту підтримки прийняття рішень до елементу автономного управління, здатного адаптувати параметри фінансування, графіки реалізації та ресурсні потоки відповідно до змін зовнішнього середовища [4].

Запропонований у статті підхід до трактування BIM у 11 вимірах, дозволяє розглядати багатовимірну інформаційну модель, як інтегровану економіко-цифрову систему, що об'єднує технічні, фінансові, ризикові та стратегічні аспекти інвестиційного проєкту. Така система створює передумови для збільшення життєвого циклу проєктів, підвищення прозорості витрат, зниження інвестиційних ризиків і формування синергетичного ефекту від поєднання цифрових технологій, фінансового аналізу та автономної аналітики. У контексті післявоєнного відновлення цивільної інфраструктури, багатовимірний BIM може розглядатися як ключовий економічний інструмент стратегічного управління інвестиціями та масштабування фінансування будівельних проєктів.

У межах дослідження доцільно проаналізувати взаємозв'язок BIM-вимірів із ключовими фінансово-економічними індикаторами ефективності інвестиційного проєкту на різних етапах його життєвого циклу. BIM-технології, які інтегрують просторові, часові, вартісні та експлуатаційні параметри проєкту (зокрема 3D-7D та розширені виміри цифрового моделювання), створюють інформаційну основу для більш точного прогнозування та оцінювання економічних результатів реалізації інвестиційних рішень. Зокрема, на етапі планування і проєктування, BIM-моделі забезпечують формування обґрунтованих прогнозів грошових потоків, що дозволяє більш достовірно розраховувати показники чистої приведеної вартості (NPV) та внутрішньої норми прибутковості (IRR). На стадії будівництва і введення об'єкта в експлуатацію, інтеграція BIM із вартісними та часовими параметрами сприяє оптимізації витрат і контролю бюджету проєкту, що безпосередньо впливає на показники економічної доданої вартості (EVA). Водночас застосування експлуатаційних вимі-

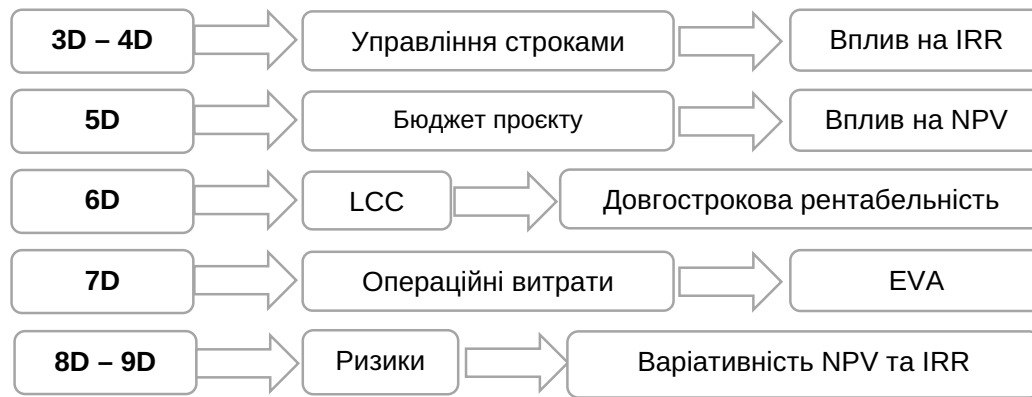


Рис. 2. Інтеграція BIM-вимірів з фінансовими індикаторами ефективності

Джерело: сформовано авторами

рів BIM дозволяє оцінювати повну вартість життєвого циклу об'єкта (LCC), враховуючи витрати на експлуатацію, обслуговування та модернізацію інфраструктури. Таким чином, інтеграція BIM-вимірів із фінансово-економічними індикаторами забезпечує комплексну оцінку ефективності інвестиційного проєкту та підвищує обґрунтованість управлінських рішень у сфері інвестиційного забезпечення цивільного будівництва [6].

У дослідженні розглянуто вплив цифрової інтеграції інформаційних систем управління проєктами на маржинальність і капіталізацію інфраструктурних активів. Використання багатовимірних BIM-моделей забезпечує консолідацію технічних, фінансових, часових та експлуатаційних параметрів проєкту в єдиному цифровому інформаційному середовищі, що створює передумови для більш точного прогнозування вартості активів, оптимізації витрат протягом життєвого циклу об'єкта та підвищення ефективності управлін-

ських рішень. У цьому контексті автор пропонує концептуальну модель застосування 11D BIM як інтегрованої платформи стратегічного управління інвестиціями в інфраструктурні проєкти. Такий підхід передбачає поєднання просторових, часових, фінансових, експлуатаційних та аналітичних вимірів цифрового моделювання з інструментами фінансово-економічного аналізу, що дозволяє оптимізувати структуру фінансування, підвищити якість оцінювання інвестиційної ефективності та забезпечити прозорість управління проєктом. Застосування 11D BIM формує цілісне інформаційне середовище для прийняття стратегічних рішень, сприяє зростанню довіри з боку інвесторів і фінансових інституцій та створює передумови для підвищення інвестиційної привабливості і капіталізації інфраструктурних активів.

Висновки. У результаті проведеного дослідження, було обґрунтовано доцільність розгляду Building Information Modeling не лише

Таблиця 1

Взаємозв'язок BIM-вимірів та економічних показників

BIM-вимір	Функція	Економічний індикатор
3D	просторове моделювання	зниження помилок
4D	планування	оптимізація строків
5D	кошторис	NPV, IRR
6D	життєвий цикл	довгострокові витрати
7D	управління активами	операційні витрати (ОРЕХ)
8D	ризики	Варіативність чистої приведеної вартості
9D	інвестиційний аналіз	IRR, EVA
10D	ESG	Соціально-економічний ефект
11D	ШІ-аналітика	Стратегічна оптимізація

Джерело: сформовано автором на основі [1; 2]

як інструменту цифрового проєктування, а і як багатовимірної економіко-управлінської платформи, що здатна забезпечувати комплексне управління інвестиційними проєктами цивільного будівництва протягом усього життєвого циклу. Показано, що еволюційне розширення BIM від базових просторових, часових і вартісних вимірів до моделі 11D, формує нову логіку прийняття інвестиційних рішень, у межах якої технічні, фінансові, ризикові та стратегічні параметри інтегруються в єдину цифрову систему управління проєктом.

Автор проаналізував, що застосування BIM у межах 3D-5D вимірів сприяє підвищенню точності проєктних рішень, скороченню термінів реалізації будівництва та зниженню ризику перевищення бюджету. Водночас, використання BIM лише на цих рівнях не дозволяє повною мірою оцінити довгострокові економічні наслідки інвестиційних рішень. Інтеграція вимірів 6D-7D розширює функціональні можливості системи за рахунок урахування повної вартості життєвого циклу об'єкта, підвищення ефективності експлуатації та управління активами, що сприяє зростанню капіталізації інфраструктурних об'єктів і зниженню сукупної вартості проєкту.

Доведено, що перехід до 8D-9D BIM створює передумови для формування ризик-орієнтованої моделі інвестиційного управління, у межах якої фінансово-економічні індикатори ефективності (NPV, IRR, LCC, EVA) безпосередньо пов'язуються з параметрами інформаційної моделі та сценаріями реалізації проєкту. Поєднання BIM з імовірнісними

методами аналізу та фінансовим моделюванням забезпечує підвищення обґрунтованості інвестиційних рішень, а також зменшує вплив невизначеності на результати реалізації інфраструктурних проєктів.

Обґрунтовано, що розвиток BIM до вимірів 10D-11D формує нову парадигму управління інвестиційними проєктами, орієнтовану на принципи сталого розвитку, врахування соціально-економічних ефектів та підвищення автономності управлінських рішень. Інтеграція ESG-критеріїв та інструментів штучного інтелекту в багатовимірну BIM-модель трансформує її з інструменту підтримки прийняття рішень у комплексну аналітичну систему, що здатна адаптувати структуру фінансування, графіки реалізації проєкту та ресурсні потоки до змін зовнішнього середовища.

Отримані результати свідчать, що концепція 11D BIM може розглядатися як перспективний економічний інструмент стратегічного управління інвестиційними проєктами у сфері цивільного будівництва. Подальше застосування даної концепції може сприяти підвищенню прозорості інвестиційних процесів, зростанню довіри з боку інвесторів та підвищенню ефективності використання фінансових ресурсів. У контексті післявоєнного відновлення цивільної інфраструктури впровадження багатовимірного BIM-інструментарію створює передумови для масштабування інвестиційної діяльності, зниження ризиків реалізації проєктів та формування синергетичного ефекту від поєднання цифрових технологій, фінансового аналізу та інтелектуальної аналітики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. (2011) *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2nd ed. Hoboken. John Wiley & Sons.
2. Succar B. (2009) *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Automation in Construction. Vol. 18, Iss.3. P. 357–375. DOI: 10.1016/j.autcon.2008.10.003.
3. Volk R., Stengel J., Schultmann F. (2014) *Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs*. Automation in Construction. Vol. 38. P. 109–127. DOI: 10.1016/j.autcon.2013.10.023.
4. Lu Q., Xie X., Parlikad A.K., Schooling J. (2020) *Digital twin-enabled anomaly detection for built asset monitoring in operation and maintenance*. Automation in Construction. Vol. 118. Art. 103277. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103277.
5. Abanda F.H., Tah J.H.M., Cheung F.K.T. (2017) *BIM in off-site manufacturing for buildings*. Journal of Building Engineering. Vol. 14. P. 89–102. DOI: 10.1016/j.job.2017.10.002.
6. Borrmann A., König M., Koch C., Beetz J. (eds.) (2018) *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*. Cham. Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-92862-3.
7. Marzouk M., Othman A. (2020) *Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS*. Sustainable Cities and Society. Vol. 57. Art. 102120. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102120.
8. Sacks R., Girolami M., Brilakis I. (2020) *Building Information Modelling, Artificial Intelligence and Construction Tech*. Developments in the Built Environment. Vol. 4. Art. 100011. DOI: 10.1016/j.dibe.2020.100011.

9. World Economic Forum. *Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology*. Geneva. 2016. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report__.pdf (accessed 25.02.2026)

10. BIM dimensions, maturity and levels of development. Designing Buildings Wiki. URL: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_dimensions,_maturity_and_levels_of_development (accessed 16.03.2026)

Дата надходження статті: 20.03.2026

Дата прийняття статті: 14.04.2026

Дата публікації статті: 20.04.2026