

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.391-405

УДК 330.322:69:004.9

к.т.н., доцент **Приходько Д.О.**,

prykhodko.do@knuba.edu.ua ORCID: 0000-0002-4926-4790,

Кузьміч Я.Л.,

koozmichyaroslav2@gmail.com ORCID:0009-0009-7941-4890,

Коломієць В.В.,

Val1275@ukr.net ORCID: 0009-0009-6916-8374,

Штиль А.М.,

shtilam@gmail.com ORCID:0009-0007-3804-2926,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В умовах цифрової трансформації економіки питання ефективного оцінювання будівельних проєктів набуває нової якості, обумовленої впровадженням інтелектуальних систем, автоматизованого аналізу даних та використанням цифрових платформ у сфері управління проєктами. Традиційні методи оцінювання, які базуються на статичних фінансових показниках, виявляються недостатньо гнучкими в умовах динамічного середовища, багатofакторності проєктної реалізації та високого рівня ризиків. Окрім цього, класичні підходи не забезпечують повноцінного відображення ризикових сценаріїв, енергетичних чинників, кліматичних змін і параметрів стійкого розвитку, які все частіше стають визначальними при ухваленні інвестиційних рішень. У зв'язку з цим виникає об'єктивна потреба у модернізації підходів до оцінювання ефективності будівельних проєктів із використанням цифрових інструментів, таких як BIM-моделювання, аналітика великих даних (Big Data), платформи управління життєвим циклом проєктів та технології візуалізації. У статті здійснено систематизацію сучасних підходів до оцінювання будівельних проєктів у цифровому середовищі, проаналізовано особливості застосування цифрових індикаторів та мультикритеріальних моделей прийняття рішень. Окрему увагу приділено можливостям інтелектуалізації процесу оцінювання за допомогою штучного інтелекту та машинного навчання. Обґрунтовано доцільність переходу від локальних економічних оцінок до комплексних інтегрованих систем, здатних враховувати не лише фінансову доцільність, а й соціальні, екологічні та стратегічні ефекти. Визначено фактори, що стримують впровадження цифрових рішень в оцінювальну практику, серед яких – недостатня інтеграція інформаційних систем, відсутність стандартизованих протоколів обміну даними, обмежені

компетенції персоналу та нормативно-правова невизначеність. У статті запропоновано концептуальний підхід до побудови гнучкої системи оцінювання будівельних проєктів, що поєднує економічну аналітику, цифрове моделювання та ризик-менеджмент, з урахуванням мінливості зовнішнього середовища. Практична значущість результатів полягає у формуванні методологічної бази для впровадження адаптивних цифрових систем підтримки рішень у будівельній сфері.

Ключові слова: оцінювання ефективності; будівельні проєкти; цифрове середовище; BIM; Big Data; управління проєктами; ризик-менеджмент; інтелектуальні системи

Постановка проблеми: Цифровізація будівельної галузі формує нову парадигму управління інвестиційно-будівельними проєктами, що потребує переосмислення традиційних підходів до їх оцінювання. В умовах зростання обсягів даних, інституційної складності та мультистейкхолдерної взаємодії, класичні методи оцінки, зосереджені на розрахунку економічних показників, таких як чистий приведений дохід або термін окупності, не здатні забезпечити повноцінне управлінське рішення. Вони не враховують впливу ризиків, сценарних коливань, цифрових потоків інформації, стратегічного впливу проєкту на екосистему підприємства чи міста. Крім того, традиційні системи оцінювання не інтегровані з цифровими платформами управління, що унеможлиблює оперативне оновлення прогнозів і контроль за відхиленнями. Натомість цифрові технології, зокрема BIM-системи, аналітика великих даних, алгоритми штучного інтелекту, дозволяють створити нову архітектуру оцінювання, в якій процес ухвалення рішень ґрунтується на автоматизованому аналізі, візуалізації ризиків і моделюванні альтернатив. Проблема полягає в тому, що такі рішення ще не мають усталеної методології в українській практиці, а нормативне забезпечення значно відстає від темпів цифрового розвитку галузі. Тому необхідним є критичний аналіз сучасних підходів до оцінювання будівельних проєктів у цифровому середовищі з метою формування науково обґрунтованої адаптивної системи підтримки управлінських рішень.

Мета статті: Ціль роботи – це всебічне дослідження сучасних підходів до оцінювання ефективності будівельних проєктів в умовах цифрової трансформації, а також формування концептуальної основи для створення інтегрованої адаптивної системи оцінювання, яка об'єднує цифрові технології, економічні моделі та ризик-орієнтований аналіз. У межах дослідження передбачено здійснення порівняльної оцінки традиційних і цифрових інструментів, визначення потенціалу їх поєднання для підвищення точності

управлінських рішень, а також виявлення бар'єрів на шляху впровадження цифрових рішень в оціночну практику будівельної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Оцінювання ефективності будівельних проєктів у контексті цифровізації привертає дедалі більше уваги в сучасній науковій літературі. Зарубіжні дослідники акцентують на можливостях впровадження цифрових інструментів, таких як BIM (Building Information Modeling), систем управління життєвим циклом проєкту, штучного інтелекту та машинного навчання, як базових елементів нової архітектури оцінювання [14, 15]. Особливо активно вивчаються переваги мультикритеріального аналізу, що дозволяє враховувати не лише фінансові, а й соціальні, екологічні та управлінські параметри, включаючи критерії стійкості, цифрової зрілості та адаптивності проєкту. Водночас вітчизняні автори наголошують на проблемах інституційного характеру, зокрема фрагментарності нормативного забезпечення, відсутності уніфікованих алгоритмів цифрового аналізу та недостатній підготовці персоналу до використання новітніх платформ [16].

Низка праць окреслює потребу в інтеграції класичних економічних моделей, таких як NPV, IRR, DPP, із сучасними цифровими протоколами управління даними, візуалізації результатів і формування сценаріїв. Разом з тим, у більшості робіт бракує комплексного підходу до побудови єдиної системи оцінювання, що враховує як техніко-економічні, так і стратегічні компоненти.

Виклад основного матеріалу: Оцінювання будівельних проєктів має довгу історію розвитку, яка починається з найперших спроб людства планувати будівництво, оцінюючи витрати часу, матеріалів і праці. Вже в античні часи архітектори та інженери намагалися передбачити тривалість проєкту, кількість необхідних ресурсів і кінцеву вартість об'єкта. Проте по-справжньому систематизовані методи оцінювання почали з'являтися лише в епоху індустріалізації, коли будівництво стало масштабним і потребувало точних економічних розрахунків.

У традиційному розумінні оцінювання будівельних проєктів спиралося на фінансові моделі, що базувалися на класичних економічних показниках. Серед них особливу роль відігравали методи чистої теперішньої вартості (Net Present Value, NPV), внутрішньої норми прибутковості (Internal Rate of Return, IRR), а також метод аналізу точки беззбитковості. Ці методи дозволяли оцінити економічну доцільність реалізації проєкту, передбачити можливі ризики і визначити рівень очікуваної вигоди для інвесторів.

Проте традиційні методи оцінювання мали низку обмежень, зокрема статичність розрахунків, неврахування мінливості зовнішнього середовища, обмеженість у зборі й обробці даних, а також тривалість процедур аналізу.

Наприклад, на практиці оцінювання великих будівельних проєктів тривало місяцями, а інколи й роками, що значно уповільнювало ухвалення управлінських рішень. До того ж такі оцінки часто базувалися на експертних припущеннях, які були схильні до суб'єктивізму і помилок [1].

З початком цифрової революції у 80-90-х роках ХХ століття почала змінюватися й сама концепція оцінювання будівельних проєктів. З'явилися перші комп'ютерні системи автоматизації проєктного менеджменту, які дозволяли швидше обробляти дані, створювати фінансові моделі і прогнозувати результати. Програми на кшталт MS Project, Primavera P6 стали основними інструментами планування й оцінювання великих проєктів у будівельній сфері.

Цифровізація оціночних процесів дала поштовх розвитку концепції "цифрового двійника" будівельного проєкту. Цифровий двійник — це точна віртуальна копія об'єкта, яка дозволяє не лише моделювати будівництво, але й прогнозувати поведінку об'єкта в майбутньому. Серед науковців, які розвивали це поняття, можна відзначити Michael Grieves, який заклав теоретичні основи концепції цифрових двійників [2].

Разом із розвитком цифрових технологій виникла й потреба у нових стандартах оцінювання будівельних проєктів у цифровому середовищі. З'явилися такі документи, як ISO 19650 — міжнародний стандарт, що регулює управління інформацією у будівництві з використанням BIM. Стандартизація дозволяє забезпечити єдиний підхід до оцінювання вартості об'єктів, незалежно від того, в якій країні реалізується проєкт.

Цифровізація оцінювання вплинула й на сам характер ризиків у будівництві. Сьогодні велику увагу приділяють аналізу кіберризиків, які пов'язані з можливістю несанкціонованого доступу до цифрових моделей проєкту або викрадення даних. Це вимагає інтеграції систем кібербезпеки у цифрові платформи оцінювання [3].

Щоб краще зрозуміти етапи еволюції оцінювання будівельних проєктів, розглянемо їх узагальнення у вигляді рисунку 1, що відображає основні історичні віхи та технологічні зміни процесу. На ньому послідовно представлено ключові етапи розвитку методів оцінювання від античності до сучасної цифрової епохи.

Оцінювання будівельних проєктів у цифровому середовищі дозволяє не лише точніше планувати бюджет, але й проводити багатofакторний аналіз різних сценаріїв розвитку подій. Наприклад, за допомогою цифрових симуляцій можна змоделювати вплив різних економічних умов (зміни вартості матеріалів, коливання курсу валют) на вартість і строки проєкту.

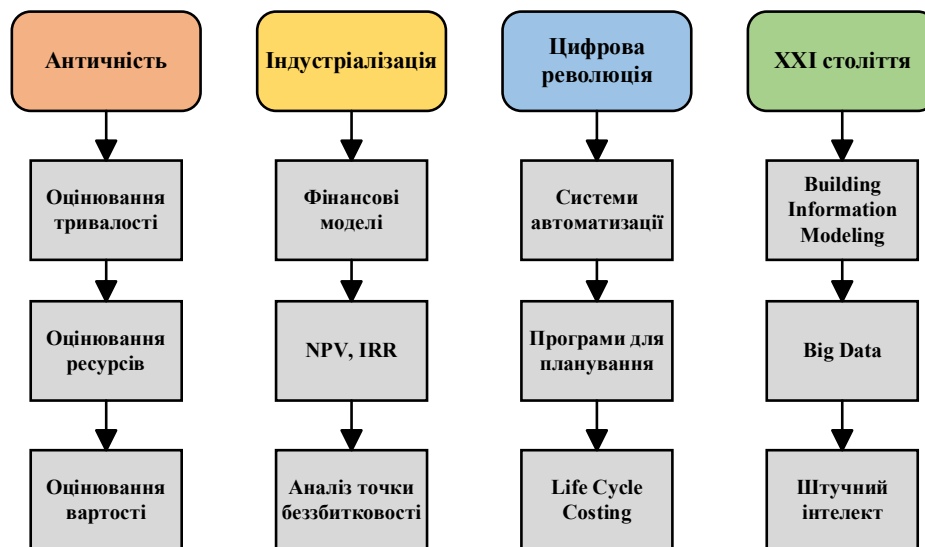


Рис.1. Еволюція методів оцінювання будівельних проєктів
(розроблено авторами на основі [3])

У міру розвитку цифрових технологій виникла потреба у принципово нових підходах до оцінювання будівельних проєктів, що поєднували б точність, гнучкість і багатовимірність аналізу. Саме на цьому етапі особливого значення набули системи Building Information Modeling (BIM), які відкрили нові можливості для цифрової трансформації процесів планування та оцінювання.

У сучасному будівельному середовищі, яке стає дедалі складнішим і багатовимірним, традиційні методи планування та оцінювання об'єктів часто виявляються недостатніми для ефективного управління проєктами. Ця проблема стала особливо очевидною на початку XXI століття, коли будівельні об'єкти почали характеризуватися значною масштабністю, підвищеною технічною складністю та необхідністю інтеграції великої кількості суміжних дисциплін. У відповідь на ці виклики було запропоновано концепцію BIM — цифрового представлення фізичних та функціональних характеристик об'єкта будівництва [4].

BIM є не просто тривимірною моделлю будівлі; це цифрова інформаційна система, що об'єднує геометричні дані, технічні характеристики матеріалів, часові аспекти виконання робіт (4D), фінансові показники (5D), дані про експлуатацію та обслуговування (6D) і навіть екологічні параметри (7D). Такий багатовимірний підхід дозволяє змоделювати життєвий цикл об'єкта від ідеї до демонтажу, а отже, і здійснити повноцінне оцінювання проєкту на всіх його стадіях.

Одним із основних переваг використання BIM у процесі оцінювання є можливість створення динамічної моделі вартості проєкту. Традиційні методи кошторисування зазвичай будувалися на статичних даних, тоді як BIM дозволяє автоматично оновлювати вартісні оцінки у разі зміни будь-яких параметрів

моделі. Наприклад, якщо змінюється площа приміщення або тип оздоблювального матеріалу, система одразу перераховує вартість без необхідності ручного втручання. Це істотно скорочує ризик помилок і пришвидшує процес ухвалення рішень.

Особливо важливою стала можливість застосування концепції 5D-BIM, яка об'єднує просторову модель об'єкта з фінансовою інформацією. У межах цього підходу формується інтерактивний бюджет будівельного проєкту, який дозволяє здійснювати оперативний аналіз вартості окремих рішень. Наприклад, зміна типу фундаменту одразу демонструє, як це вплине на загальну вартість будівництва, строки реалізації та експлуатаційні витрати в майбутньому.

Важливо зазначити, що BIM значно покращує процес управління ризиками у будівельних проєктах. Завдяки повному візуальному представленню проєкту, учасники будівельного процесу можуть заздалегідь виявити потенційні проблеми, що можуть призвести до перевищення бюджету або зриву строків. Системи координації BIM дозволяють виявляти колізії між інженерними системами, наприклад, між вентиляційними каналами і трубопроводами, ще на етапі проєктування, а не вже на будівельному майданчику, коли вартість виправлень зростає в рази [5].

Особливу увагу вчені приділяють питанню стандартизації BIM-процесів. Наприклад, існування відкритих стандартів обміну даними, таких як IFC (Industry Foundation Classes), дозволяє забезпечити сумісність між різними програмними продуктами та учасниками будівельного процесу. Це критично важливо для великих інфраструктурних проєктів, де в роботі беруть участь десятки організацій.

Не можна оминати і тему інтеграції BIM із сучасними аналітичними інструментами. Сьогодні активно розвиваються платформи, що дозволяють поєднувати BIM-моделі з даними великих обсягів (Big Data) та інструментами штучного інтелекту (AI). Це відкриває нові горизонти для оцінювання проєктів — від прогнозування дефектів до аналізу довгострокових експлуатаційних витрат будівель [6].

У практичному аспекті інтеграція BIM у процес оцінювання дозволяє знизити адміністративні витрати, покращити прозорість фінансування та забезпечити точніше управління ресурсами. Дослідження McKinsey Global Institute демонструють, що впровадження BIM може скоротити загальні витрати на реалізацію проєкту до 20% завдяки зменшенню кількості змін у проєктній документації та оптимізації планування робіт.

У рамках сучасних будівельних практик також активно розвиваються спеціалізовані модулі для оцінювання сталості проєктів на базі BIM-моделей. Зокрема, системи аналізу енергоефективності будівель (таких як Autodesk

Insight, IES VE) дозволяють на етапі проектування визначати оптимальні варіанти інженерних систем і оцінювати вплив різних конструктивних рішень на енергоспоживання об'єкта протягом усього його життєвого циклу.

Таблиця 1.

Основні функціональні можливості BIM у процесі оцінювання будівельних проектів (розроблено авторами на основі [7])

Ключова функціональність BIM	Опис	Вплив на ефективність оцінювання
Цифрове моделювання об'єкта (3D)	Створення тривимірної цифрової моделі із вбудованими фізичними й функціональними характеристиками	Підвищення точності просторових розрахунків і візуалізації проекту
Інтеграція фінансової інформації (5D)	Поєднання моделі будівлі з вартісними характеристиками кожного елемента	Миттєве оновлення бюджету проекту при зміні параметрів
Планування строків реалізації (4D)	Зв'язування будівельних етапів із часовими графіками	Оптимізація логістики й прогнозування строків будівництва
Управління ризиками через координацію моделей	Виявлення колізій між системами ще на етапі проектування	Зменшення витрат на переробки та виправлення помилок
Оцінка експлуатаційних характеристик (6D)	Аналіз майбутніх витрат на обслуговування й енергоспоживання	Підвищення довгострокової ефективності об'єкта
Використання стандартів IFC	Забезпечення сумісності даних між різними програмними платформами	Підвищення прозорості та координації між учасниками проекту
Інтеграція з аналітичними інструментами (Big Data, AI)	Збагачення моделі аналітичними прогнозами і ризик-оцінкою	Формування точних сценаріїв розвитку подій та оптимізаційних рішень
Зниження адміністративних витрат	Автоматизація розрахунків і документообігу	Скорочення термінів і вартості підготовчих робіт
Підвищення довіри інвесторів через надання BIM-моделей	Використання цифрових моделей при фінансуванні проектів	Полегшення ухвалення рішень та верифікації вартості проектів

Не слід забувати і про юридичні аспекти використання BIM. У країнах Європи та Північної Америки вже зараз активно запроваджуються вимоги щодо обов'язкового використання BIM для державних будівельних проектів. Наприклад, у Великій Британії відповідно до урядового плану BIM Level 2 використання BIM є обов'язковою вимогою для всіх державних контрактів із 2016 року. Це створює нову реальність, у якій оцінювання будівельних проектів без інтеграції BIM просто стає неможливим [7]. Щоб системно узагальнити основні переваги впровадження BIM-технологій у процес оцінювання

будівельних проєктів, нижче подано таблицю 1, яка відображає ключові функціональні можливості BIM та їх вплив на ефективність управління проєктами.

Зараз будівництво поступово трансформується із традиційно інтуїтивного процесу в одну з найбільш даних-орієнтованих галузей економіки. Зростання обсягів даних, доступних для аналізу в реальному часі, стало каталізатором зміни підходів до оцінювання будівельних проєктів. Серед ключових технологічних трендів, що визначають цей процес, варто відзначити використання концепції Big Data, яка кардинально змінює способи прогнозування ефективності будівельних робіт, оцінки вартості проєктів і управління ризиками.

Одним із ключових застосувань Big Data в оцінюванні будівельних проєктів є можливість прогнозувати вартість реалізації об'єкта на основі аналізу історичних даних про аналогічні проєкти. Збір інформації про сотні завершених об'єктів, включаючи метрики вартості, тривалості будівництва, кількості працівників, використаних матеріалів, дозволяє створювати математичні моделі прогнозування, які є значно точнішими за класичні інтуїтивні оцінки [8].

Крім того, Big Data дає змогу враховувати змінність зовнішніх факторів, які суттєво впливають на будівельні проєкти. Наприклад, аналіз погодних даних, макроекономічних індикаторів, коливань вартості сировини і транспортної інфраструктури дозволяє передбачити можливі затримки або збільшення витрат задовго до початку проблем. Завдяки цим прогнозам компанії можуть приймати проактивні рішення щодо оптимізації графіків робіт, укладання контрактів на постачання або зміни технологій будівництва.

Одним із перших учених, хто звернув увагу на потенціал Big Data у будівництві, був Chris T. Hendrickson із Carnegie Mellon University. Його праці акцентували увагу на важливості використання обчислювальних технологій для оптимізації проєктного менеджменту, включаючи моделювання витрат і ризиків на основі даних.

Окремої уваги заслуговує застосування аналітики предиктивного характеру (predictive analytics), що базується на Big Data. За допомогою предиктивної аналітики можна визначати проєкти з високим ризиком затримок ще на стадії планування. Наприклад, на основі аналізу попередніх проєктів компанії можна з'ясувати, що робота з певними постачальниками часто призводила до дефіциту матеріалів, що, своєю чергою, спричиняло затримки й збільшення витрат.

Важливим напрямом використання Big Data є також оцінка безпеки будівельних майданчиків. Аналіз даних із датчиків на касках працівників, GPS-трекерів на техніці, відеоспостереження та інших джерел дозволяє виявляти

потенційні небезпеки, попереджувати травматизм і знижувати страхові витрати компаній. Зокрема, за допомогою аналізу патернів руху працівників і техніки можна оптимізувати організацію майданчика, мінімізуючи перехрещення маршрутів та зони підвищеної небезпеки [9].

Big Data відіграє критичну роль і у прогнозуванні експлуатаційних витрат об'єкта після його введення в експлуатацію. Збір даних про енергоспоживання, витрати води, частоту проведення технічного обслуговування дозволяє створювати моделі прогнозування, що допомагають у прийнятті рішень про вибір будівельних матеріалів, систем інженерного обладнання та навіть архітектурних рішень.

Ще одна проблема — це забезпечення конфіденційності та безпеки даних. Будівельні проекти часто містять комерційно чутливу інформацію про бюджети, партнерів, постачальників. Тому захист даних від витоків і несанкціонованого доступу є ключовим завданням для компаній, що впроваджують аналітику Big Data [10].

Позитивним трендом є те, що на ринку з'являються спеціалізовані програмні рішення для обробки великих обсягів будівельних даних. Наприклад, такі платформи, як Oracle Construction and Engineering, Trimble Connect, PlanGrid активно інтегрують функції збору, аналізу та візуалізації даних у реальному часі. Це дозволяє створювати інтерактивні інформаційні панелі (dashboards), що відображають ключові метрики проекту в режимі реального часу [11].

Ще один цікавий напрям — це застосування супутникових даних та геоаналітики для оцінювання будівельних проектів. Компанії можуть використовувати знімки з космосу для контролю динаміки будівництва, перевірки фактичного прогресу та порівняння його з плановими графіками. Це особливо актуально для великих інфраструктурних об'єктів або проектів, розташованих у важкодоступних районах .

Інтеграція Big Data із BIM-платформами також відкриває нові можливості для оцінювання проектів. Наприклад, дані про фактичні обсяги використаних матеріалів, часові витрати, погодні умови інтегруються безпосередньо в модель будівлі, що дозволяє оновлювати фінансові розрахунки у реальному часі [12].

Варто також зазначити, що Big Data дозволяє будувати предиктивні моделі не лише на рівні окремого проекту, але й для портфеля проектів компанії. Це дає змогу ефективніше розподіляти інвестиції, планувати ресурсні потреби та оцінювати загальні ризики для організації в цілому. На основі аналізу сучасних підходів до використання Big Data в будівельній галузі сформовано таблицю 2, яка систематизує основні можливості та переваги інтеграції великих даних у процес оцінювання проектів.

Таблиця 2.

Основні напрями застосування Big Data в оцінюванні будівельних проєктів
(розроблено авторами на основі [12])

<i>Напря́м використання Big Data</i>	<i>Опис можливостей</i>	<i>Вплив на ефективність оцінювання</i>
Прогнозування вартості проєктів	Аналіз історичних даних про аналогічні об'єкти, створення математичних моделей	Підвищення точності бюджету, оптимізація витрат
Врахування зовнішніх факторів	Обробка даних про погодні умови, макроекономічні зміни, логістику	Раннє виявлення ризиків затримок і зростання витрат
Застосування машинного навчання та AI	Використання алгоритмів кластеризації, регресії, нейронних мереж	Виявлення прихованих закономірностей і трендів ризику
Predictive analytics	Формування прогнозів на основі моделей предиктивної аналітики	Підвищення точності планування і вибору постачальників
Оцінка безпеки будівельних майданчиків	Аналіз даних із сенсорів, відеоспостереження, GPS	Зниження виробничих травм, оптимізація організації робіт
Прогнозування експлуатаційних витрат	Моніторинг споживання ресурсів та частоти обслуговування	Раціоналізація довгострокових витрат на об'єкт
Інтеграція з BIM-моделями	Автоматичне оновлення цифрових моделей на основі фактичних даних	Актуалізація вартості, термінів та характеристик у реальному часі
Використання супутникових даних та геоаналітики	Контроль за динамікою будівництва через знімки та геодані	Підвищення об'єктивності моніторингу виконання робіт
Формування портфельних моделей оцінювання	Аналіз даних на рівні всіх проєктів компанії	Підвищення ефективності стратегічного планування інвестицій

У міру ускладнення будівельних проєктів і підвищення вимог до їх ефективності виникає необхідність у застосуванні передових технологій аналізу даних. Однією з найбільш перспективних та революційних у цьому контексті є технологія штучного інтелекту (Artificial Intelligence, AI) та його окремий напрям машинного навчання (Machine Learning, ML). Сфера будівництва, яка історично характеризувалася повільним впровадженням інновацій, наразі активно освоює потенціал AI для підвищення точності оцінювання проєктів, зменшення ризиків і оптимізації ресурсів.

Штучний інтелект у загальному розумінні — це здатність комп'ютерних систем виконувати завдання, які зазвичай потребують людського інтелекту, зокрема навчання, прогнозування, ухвалення рішень і розпізнавання шаблонів. У будівельній індустрії AI застосовується для обробки великих обсягів

інформації, автоматизації процесів планування та оцінки вартості проєктів, виявлення ризиків і навіть оптимізації проєктних рішень.

Однією з перших і найбільш очевидних сфер застосування AI у цифровій оцінці будівельних проєктів є прогнозування витрат. Традиційні методи оцінювання вартості будівництва зазвичай базуються на аналітичних моделях із обмеженою кількістю змінних. Штучний інтелект натомість здатний враховувати сотні й тисячі факторів одночасно, створюючи адаптивні моделі прогнозування, що постійно самонавчаються на нових даних. За допомогою алгоритмів регресійного аналізу, глибокого навчання (Deep Learning) і ансамблевих моделей AI може передбачати майбутню вартість проєкту з точністю, яка раніше була недосяжною [13].

Класичним прикладом є використання нейронних мереж для прогнозування бюджетних відхилень. Аналізуючи історичні дані про вартість будівельних матеріалів, строки виконання робіт, погодні умови, специфіку місцевості та особливості замовників, система штучного інтелекту може передбачити ймовірність перевищення бюджету на певному етапі реалізації проєкту. Причому такі прогнози формуються у реальному часі, що дає можливість оперативно вносити коригування.

Література

1. Трояновська О.Б., Дріль Н.В. Інвестування в будівництві: методичні вказівки для виконання контрольної роботи. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 19 с.
2. Park, M., & Peña-Mora, F. (2003). Dynamic change management for construction: Introducing the change cycle into model-based project management. *System Dynamics Review*, 19(3), 213–243. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://themys.sid.uncu.edu.ar/Industrial/DinamicaSistemas/Project%20Management/Park_et_al-2003-System_Dynamics_Review.pdf?utm_source=chatgpt.com
3. Advenser. (2024). ISO 19650: A Comprehensive Introduction to the Global BIM Standard. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.advenser.com/2024/05/13/iso-19650-a-comprehensive-introduction-to-the-global-bim-standard/>
4. Данилюк Н.Я., Чеверда А.М. Оцінка впливу BIM-технологій на курс розвитку нафтогазової індустрії // Вісник Східноукраїнського національн. університету імені Володимира Даля. – 2025. – №1 (287). – С. 21–29.
5. Building information modeling // Wikipedia. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling

6. Liu, Z., Lu, Y., & Peh, L. C. (2019). A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information Modeling (BIM) Research in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry. *Buildings*, 9(10), 210. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/buildings9100210>
7. McKinsey Global Institute. (2017). *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://surl.lu/qfbcsg>
8. H. Shpakova, I. Chupryna, I. Ivakhnenko, A. Biloshchytskyi, M. Zinchenko and N. Plys, "Tools For Assessing The Competitiveness Of A Construction Company As A Contractor In Public-Private Partnership Projects," 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2024, pp. 473-481
9. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Pokolenko, V., Prykhodko, D., & Faizullin, A. (2021). Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development. In 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST) (pp. 1–9).
10. Farhadi, F. (2023). *Big Data in Construction; Guide to 2024*. Neuroject. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://neuroject.com/big-data-in-construction/>
11. Chernyshev, D., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Petrenko, H., Chupryna, I., Reznik, N. (2023). Digital Administration of the Project Based on the Concept of Smart Construction. In: Alareeni, B., Hamdan, A. (eds) *Explore Business, Technology Opportunities and Challenges After the Covid-19 Pandemic*. ICBT 2022. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 495. Springer, Cham.
12. TimelapseLab. (2024). *Construction Site Satellite Monitoring: A Comprehensive Overview*. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://timelapselab.it/en/news/construction-site-satellite-monitoring-a-comprehensive-overview.html>
13. Roman, A., Andrii, S., Galyna, R., Iurii, C., & Hanna, S. (2022). Integration of data flows of the construction project life cycle to create a digital enterprise based on building information modeling. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12(1), 40–50.
14. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2017). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. ResearchGate. [Electronic resource]. – Access mode: <https://surl.li/awswgm>
15. Daniotti, B., Gianinetto, M., & Della Torre, S. (Eds.). (2020). *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built*

Environment. – Cham: Springer. – 512 p. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-33570-0>

16. Khan, K.A., & Alaloul, W.S. (2019). Adoption of Big Data Analytics in Construction: Development of a Conceptual Model. – Engineering, Construction and Architectural Management, 26(7), 1359–1376. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2018-0078>

Associate Professor **Prykhodko Dmytro,**
Kuzmich Yaroslav, Kolomiets Valerii, Shtyl Andrii,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO THE EVALUATION OF CONSTRUCTION PROJECTS IN A DIGITAL ENVIRONMENT

In the context of the digital transformation of the economy, the issue of effective evaluation of construction projects is acquiring a new dimension due to the introduction of intelligent systems, automated data analysis, and the use of digital platforms in project management. Traditional evaluation methods, which rely on static financial indicators, prove to be insufficiently flexible under the conditions of a dynamic environment, multifactorial project implementation, and a high level of risk. Moreover, classical approaches fail to adequately reflect risk scenarios, energy factors, climate change, and sustainability parameters, which are increasingly becoming decisive in investment decision-making. Accordingly, there is an objective need to modernize the approaches to evaluating the effectiveness of construction projects through the use of digital tools such as Building Information Modeling (BIM), big data analytics, project lifecycle management platforms, and visualization technologies.

This article presents a systematization of contemporary approaches to evaluating construction projects in a digital environment and analyzes the specific features of applying digital indicators and multi-criteria decision-making models. Particular attention is given to the potential for intellectualizing the evaluation process through artificial intelligence and machine learning. The transition from localized economic evaluations to comprehensive integrated systems is substantiated, with the capacity to account not only for financial feasibility but also for social, environmental, and strategic effects.

The study identifies factors that hinder the implementation of digital solutions in evaluation practices, including the insufficient integration of information systems, the lack of standardized data exchange protocols, limited personnel competencies, and regulatory uncertainty. A conceptual approach is proposed for building a flexible

evaluation system for construction projects that combines economic analytics, digital modeling, and risk management, while taking into account the variability of the external environment. The practical significance of the results lies in forming a methodological foundation for the implementation of adaptive digital decision support systems in the construction sector.

Keywords: performance evaluation; construction projects; digital environment; BIM; Big Data; project management; risk management; intelligent systems.

REFERENCES

1. Troyanovska O.B., Dril N.V. Investment in construction: methodological guidelines for performing control work. – Kharkiv: KhNUMG named after O.M. Beketov, 2015. – 19 p. {in Ukrainian}
2. Park, M., & Peña-Mora, F. (2003). Dynamic change management for construction: Introducing the change cycle into model-based project management. *System Dynamics Review*, 19(3), 213–243. [Electronic resource] – Access mode: https://themys.sid.uncu.edu.ar/Industrial/DinamicaSistemas/Project%20Management/Park_et_al-2003-System_Dynamics_Review.pdf?utm_source=chatgpt.com. {in English}
3. Advenser. (2024). ISO 19650: A Comprehensive Introduction to the Global BIM Standard. [Electronic resource] – Access mode: <https://www.advenser.com/2024/05/13/iso-19650-a-comprehensive-introduction-to-the-global-bim-standard/>. {in English}
4. Danylyuk N.Ya., Cheverda A.M. Assessment of the impact of BIM technologies on the course of oil and gas industry development // *Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*. – 2025. – No. 1 (287). – P. 21–29. [Electronic resource] – Access mode: <https://journals.snu.edu.ua/index.php/VisnikSNU/article/download/1024/983/1002>. {in Ukrainian}
5. Building information modeling // Wikipedia. [Electronic resource] – Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling. {in English}
6. Liu, Z., Lu, Y., & Peh, L. C. (2019). A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information Modeling (BIM) Research in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry. *Buildings*, 9(10), 210. [Electronic resource] – Access mode: <https://doi.org/10.3390/buildings9100210>. {in English}
7. McKinsey Global Institute. (2017). Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. [Electronic resource] - Access mode: <https://surl.lu/qfbcsg>. {in English}

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.391-405

УДК 330.322:69:004.9

к.т.н., доцент **Приходько Д.О.**,

prykhodko.do@knuba.edu.ua ORCID: 0000-0002-4926-4790,

Кузьміч Я.Л.,

koozmichyaroslav2@gmail.com ORCID:0009-0009-7941-4890,

Коломієць В.В.,

Val1275@ukr.net ORCID: 0009-0009-6916-8374,

Штиль А.М.,

shtilam@gmail.com ORCID:0009-0007-3804-2926,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В умовах цифрової трансформації економіки питання ефективного оцінювання будівельних проєктів набуває нової якості, обумовленої впровадженням інтелектуальних систем, автоматизованого аналізу даних та використанням цифрових платформ у сфері управління проєктами. Традиційні методи оцінювання, які базуються на статичних фінансових показниках, виявляються недостатньо гнучкими в умовах динамічного середовища, багатфакторності проєктної реалізації та високого рівня ризиків. Окрім цього, класичні підходи не забезпечують повноцінного відображення ризикових сценаріїв, енергетичних чинників, кліматичних змін і параметрів стійкого розвитку, які все частіше стають визначальними при ухваленні інвестиційних рішень. У зв'язку з цим виникає об'єктивна потреба у модернізації підходів до оцінювання ефективності будівельних проєктів із використанням цифрових інструментів, таких як BIM-моделювання, аналітика великих даних (Big Data), платформи управління життєвим циклом проєктів та технології візуалізації. У статті здійснено систематизацію сучасних підходів до оцінювання будівельних проєктів у цифровому середовищі, проаналізовано особливості застосування цифрових індикаторів та мультикритеріальних моделей прийняття рішень. Окрему увагу приділено можливостям інтелектуалізації процесу оцінювання за допомогою штучного інтелекту та машинного навчання. Обґрунтовано доцільність переходу від локальних економічних оцінок до комплексних інтегрованих систем, здатних враховувати не лише фінансову доцільність, а й соціальні, екологічні та стратегічні ефекти. Визначено фактори, що стримують впровадження цифрових рішень в оцінювальну практику, серед яких – недостатня інтеграція інформаційних систем, відсутність стандартизованих протоколів обміну даними, обмежені