

Жук Роман ВолодимировичORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1657-6281>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

Аспірант кафедри інформаційних технологій

Шкіря Сергій ВасильовичORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7129-2823>

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

Аспірант кафедри системного аналізу та теорії оптимізації

Історія статті:

Надійшла: 27.01.2026

Прийнята: 12.02.2026

Опублікована: 26.03.2026

**МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ АТРИБУТИВНОГО НАПОВНЕННЯ
BIM-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РІЗНИХ СЦЕНАРІЇВ ВИКОРИСТАННЯ**

Анотація. Сучасні BIM-моделі акумулюють значні масиви інформації, що охоплюють як геометричні параметри об'єкта, так і розширені атрибутивні дані. Проте складність структури цих даних та відсутність уніфікованих підходів до їх інтерпретації часто обмежують доступність і зрозумілість інформації для різних учасників будівельного проєкту. В результаті потенціал BIM-моделей реалізується лише частково, тоді як накопичені дані залишаються недостатньо використаними в управлінських процесах. За таких умов візуалізація інформації BIM-моделі набуває стратегічного значення, оскільки забезпечує наочне представлення даних, підвищує рівень опрацювання атрибутивних параметрів та сприяє більш усвідомленому підходу до застосування BIM-технологій. Предметом цього дослідження є цифрові інформаційні моделі (ЦІМ), база даних з атрибутивною інформацією та фотоматеріали існуючого об'єкта. Для визначення можливості реалізації різних сценаріїв використання цифрового активу використовується математичний апарат, який дає змогу обчислити показник інформаційної насиченості даних для прийняття рішення про можливість реалізації того чи іншого сценарію. Наукова новизна дослідження полягає у розробленні методу оцінювання якості атрибутивного наповнення BIM-моделей для актуальних сценаріїв використання ЦІМ. Практична значимість полягає у визначенні можливості реалізації сценаріїв використання для конкретної ЦІМ, що сприятиме підвищенню обґрунтованості та ефективності прийняття управлінських рішень, ефективності робочих процесів та досягненню кращих результатів реалізації проєктів. Інтеграція BIM-технологій із засобами аналітики даних забезпечує підвищення ефективності управління витратами та дотримання строків реалізації будівельних проєктів, а також формує передумови для застосування методів машинного навчання у вирішенні актуальних завдань будівельної галузі.

Ключові слова: BIM-модель; аналітика даних; будівельний проєкт; цифрові інформаційні моделі об'єктів будівництва; метод оцінювання якості інформації; сценарій використання

Вступ

BIM-технологія (англ. Building Information Modeling, технологія інформаційного моделювання будівель) стала потужним інструментом для управління складними будівельними проєктами, сприяючи поліпшенню комунікації між стейкхолдерами, розширенню співпраці та підвищенню якості результатів проєктів. Саме цифрові інформаційні моделі (ЦІМ) є основою для створення ефективних і дієвих наскрізних BIM-моделей, що об'єднують ключові етапи життєвого циклу (ЖЦ): вишукувальні роботи, проектування,

будівництво та експлуатація. Для реалізації ефективних BIM-моделей на початковому етапі розроблення необхідно визначити сценарій використання моделі та встановити основні вимоги до змісту ЦІМ з точки зору даних.

Одним із напрямів, у якому впровадження BIM-технологій все ще потребує подальшого розвитку, є сфера аналітики даних. Якість і повнота інформації, що генерується BIM-орієнтованими програмними комплексами, відіграють ключову роль у формуванні обґрунтованих управлінських рішень, підвищенні ефективності робочих процесів та досягненні кращих результатів реалізації будівельних проєктів.

Мета статті

Метою статті є розроблення методу оцінювання якості атрибутивного наповнення BIM-моделей для підвищення обґрунтованості та ефективності управлінських рішень на всіх етапах життєвого циклу об'єкта за різними сценаріями використання (СВ).

Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити такі завдання:

1. Сформулювати структуру даних BIM-моделі.
2. Розробити математичну модель для визначення показника якості BIM-моделі.
3. Оцінити значимість параметрів BIM-моделі для реалізації обраних сценаріїв використання методом експертної оцінки.
4. Встановити межі показника якості для оцінки адекватності даних BIM-моделі щодо реалізації обраного сценарію використання.
5. Здійснити апробацію та верифікацію запропонованого підходу на прикладі реального об'єкта.

Виклад основного матеріалу

Результативне використання методів візуалізації інформації в процесі аналізу BIM-моделей дає змогу розширити інформаційний простір будівельного проекту шляхом інтеграції даних із різних джерел [1; 2]. Проблематика даних моделі безпосередньо пов'язана з методологічними засадами та організаційними процесами BIM-

технології. На рис. 1 наведено графічне представлення динаміки накопичення та використання даних протягом життєвого циклу будівельного проекту відповідно до стандарту ISO 19650, що узагальнює склад і характер інформації, яка формується та використовується в середовищі загальних даних (СЗД) [3].

Розвиток BIM-моделей нерозривно пов'язаний з постійним накопиченням і систематизацією даних на всіх етапах життєвого циклу (ЖЦ) проекту. Цей процес надає змогу створити цифровий актив об'єкта, який включає різні типи даних:

1. Структуровані дані всередині BIM -моделі (властивості):
 - 3D-моделі: ЦІМ, що містить геометрію, атрибутивну інформацію, просторові відносини та іншу необхідну інформацію;
 - специфікації: інформація про будівельні матеріали, системи, обладнання тощо.
2. Структуровані дані поза BIM-моделлю та пов'язані з нею (графіки, деякі вимоги та дані про продукцію):
 - дані про витрати: інформація про витрати на проект, включаючи матеріали, робочу силу та обладнання;
 - відомості про планування: календарні графіки та відстеження прогресу з плином часу;
 - проектні дані: інформація про проектні рішення, такі як вибір матеріалів та специфікацій компонентів.

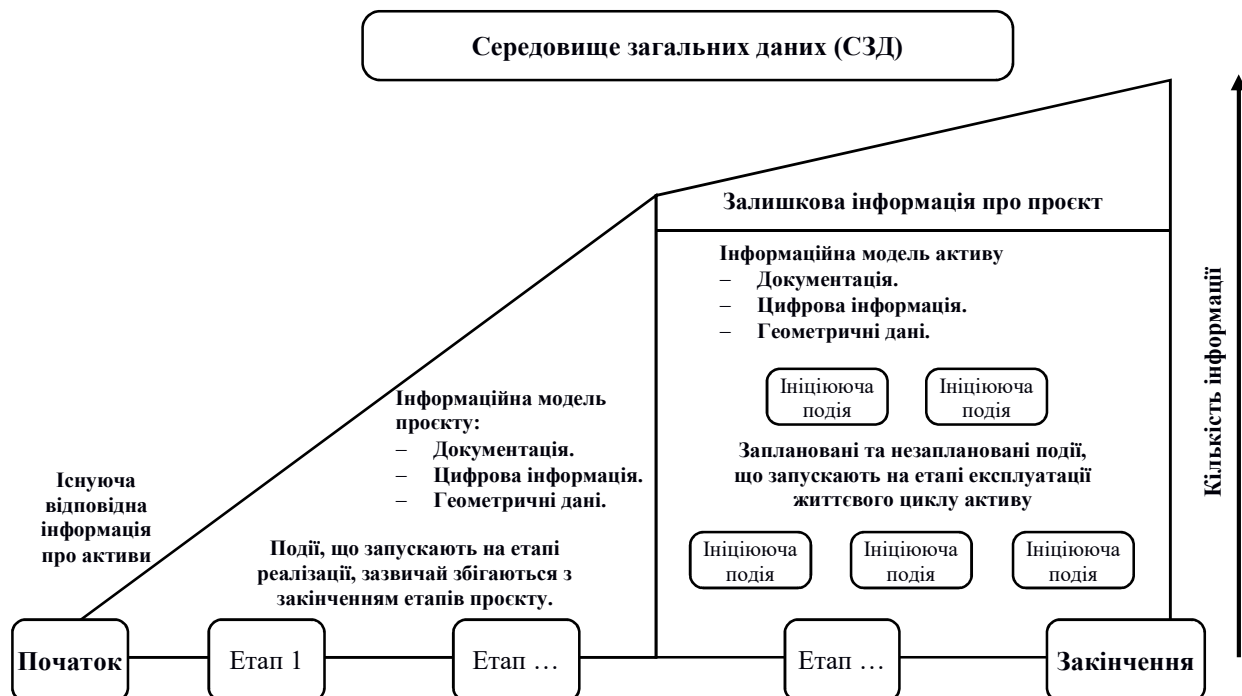


Рисунок 1 – Модель – схема накопичення даних протягом життєвого циклу будівельного проекту

3. Множина структурованих і неструктурованих даних, що не пов'язані з BIM-моделлю (електронні листи, електронні таблиці, контракти, документи):

- проєктна документація: зберігання проєктної документації, включаючи контракти, замовлення на зміни та запити інформації;
- виконавча інформація: збір виконавчих даних, включаючи зміни, внесені під час будівництва і після будівництва;
- документи: технічний паспорт будівлі та ін.

У процесі реалізації проєкту спостерігається поступове зростання обсягів даних у СЗД, що супроводжується збільшенням трудових витрат на їх обробку [4; 5]. Опрацювання значних масивів інформації є складним і невід'ємним етапом управління даними, від якого безпосередньо залежить ефективність використання інформаційних ресурсів та результативність діяльності. Цей процес (рис. 2) включає аналіз, структурування, очищення даних, оптимізацію з метою вилучення значущої інформації.

Першим етапом аналізу та візуалізації даних BIM є їх очищення й попередня підготовка. Цей процес передбачає відбір релевантної інформації, усунення дублювання та некоректних записів, виправлення помилок, а також трансформацію даних

у структурований формат, придатний для подальшого аналізу [6; 7].

Основним завданням будь-якої інформаційної системи є обробка даних, які збираються, формуються або зберігаються. Для проведення аналізу з використанням аналітичного ПЗ достатньо наявності статичної моделі у форматі IFC [8].

Формат IFC забезпечує збереження як геометричних характеристик об'єкта, так і пов'язаної з ними атрибутивної інформації. Опис геометрії супроводжується значним набором атрибутів і додаткових властивостей, що деталізують параметри елементів моделі та їх функціональні характеристики. Кожен атрибут несе в собі інформацію про певний елемент (IfcWall – стіна, IfcBeam – балка, всього 25 структурованих елементів). Крім інформації про сам об'єкт, може зберігатися інформація і про його властивості (IfcMaterial – будівельний матеріал), шари (IfcPresentationLayerAssignment) та інші характеристики, які не можуть коригуватися [9].

візуалізації, аналізу та перевірки даних об'єкта на різних етапах життєвого циклу. Це створює необхідну основу для застосування ЦІМ у відповідності до визначених сценаріїв використання [10].

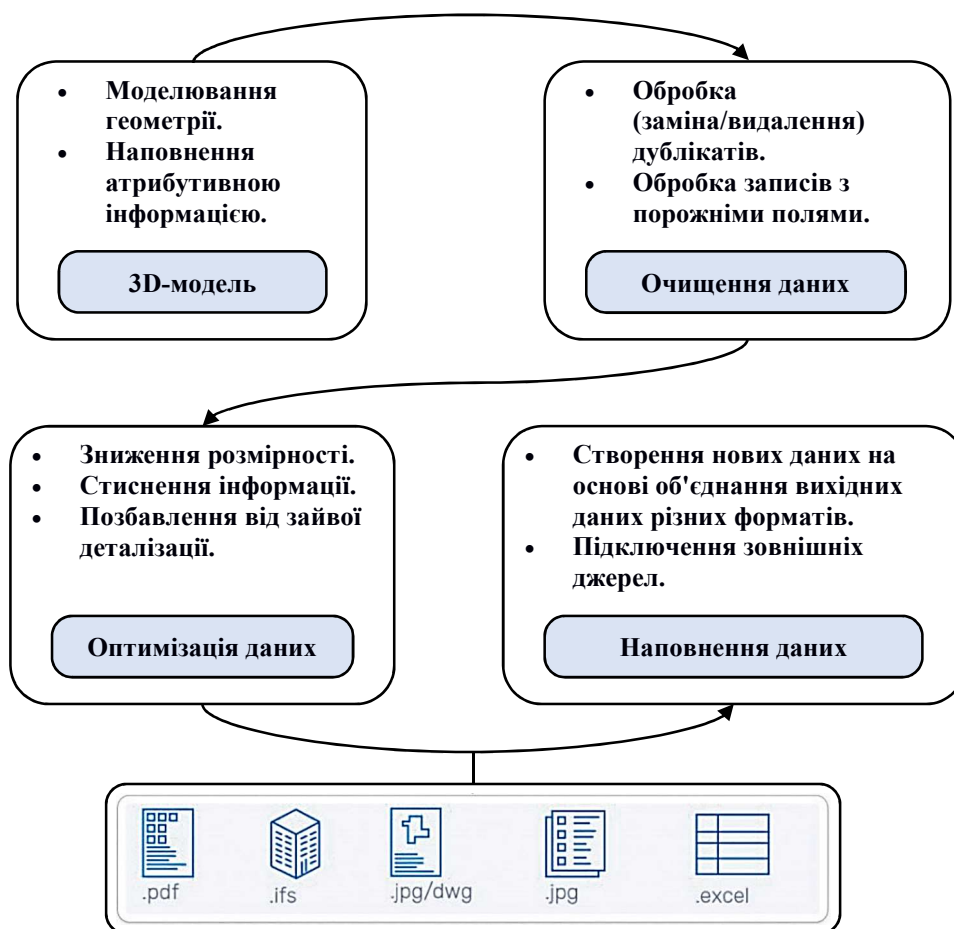


Рисунок 2 – Модель – технологічна схема опрацювання даних різних форматів

Розуміння структури файлу IFC, визначеної відповідним стандартом, є ключовим для ефективної Сценарії використання відіграють ключову роль у процесі BIM-моделювання, оскільки визначення вимог на ранніх етапах ЖЦ проекту дозволяє ефективно управляти ресурсами. Опрацювання цілей і потреб будівельного проекту дає змогу побудувати модель, адаптовану до конкретних вимог [11]. Вимоги, необхідні для реалізації сценаріїв використання, слід призначати залежно від рівнів опрацювання ЦІМ. Кожному типу ЦІМ на різних етапах ЖЦ відповідає певний рівень опрацювання ЦІМ, який являє собою сукупність вимог до геометричної деталізації та атрибутивного складу [12]. В табл. 1 наведено найпоширеніші сценарії використання моделей ЦІМ на різних етапах ЖЦ.

Одним із основних завдань аналітики даних є чітке визначення та коректне формулювання інформаційних потреб будівельного проекту з метою запобігання як надлишковості, так і нестачі даних, які здатні зменшувати результативність використання BIM-технологій [17].

Рівень потреби в інформації має бути визначено для кожного етапу ЖЦ об'єкта. Це передбачає формулювання інформаційних вимог щодо:

- 1) мінімального обсягу геометричних даних, необхідних у графічних моделях;
- 2) мінімального обсягу атрибутивної інформації, що характеризує об'єкт;
- 3) мінімального обсягу даних, що мають бути представлені у документації проекту.

Під час визначення рівня інформаційної потреби розрізняють дві базові категорії: *критичну* (мінімально необхідну) та *допоміжну* [8]. Атрибути, не заповнення яких робить цифрову інформаційну модель повністю непридатною для застосування в межах конкретних сценаріїв використання, доцільно віднести до критичних. Натомість параметри, що мають інформаційну цінність, але не є обов'язковими для функціонального застосування моделі, вважаються допоміжними. Для формалізованого опису взаємозв'язку між атрибутами моделі, необхідними для реалізації сценаріїв використання (СцВ), та показниками якості її наповнення запроваджуються такі параметри, які характеризують початкові дані:

Таблиця 1 – Сценарії використання ЦІМ на різних етапах ЖЦ

Позначення сценарію використання	Найменування сценарію використання	Опис сценарію використання
P		<i>Проектування</i>
P1	Аналіз об'ємно-планувальних рішень	Аналіз розподілу площ за різними рівнями та функціональним призначенням
P2	Візуалізація 3D-моделі	Інтерактивна 3D-модель дозволяє отримати графічне відображення об'ємної моделі з видимістю всіх її елементів.
P3	Перевірка проєктних рішень	Перевірка відповідності проєктних рішень та вимог замовника згідно ДБН
C		<i>Будівництво</i>
C1	Оцінка вартості	Визначення обсягів і витрат на кожен матеріал, що використовується в будівництві. Виявлення та аналіз матеріалів, що вносять значний внесок у загальну вартість проєкту
C2	Контроль якості будівництва	Можливість перегляду календарного графіка з аналізом виконання робіт у заплановані терміни
F		<i>Експлуатація</i>
F1	Експлуатація	Моніторинг використання просторів з відстеженням статусів зайнятості кожного приміщення
F2	Управління матеріально-технічними ресурсами	Відстеження загального енергоспоживання за допомогою датчиків. Аналіз даних з метою зниження споживання енергії та підвищення ефективності експлуатації
F3	Оцінка енергоефективності	Визначення зон, в яких потрібне додаткове регулювання освітлення та опалення

n – кількість типів елементів у моделі;
 $j = 1, 2, \dots, n$ – індекс типу елемента;
 z_j – кількість елементів типу j ;
 $k = 1, 2, \dots, z_j$ – індекс елемента типу j ;
 b – кількість варіантів використання;
 $s = 1, 2, \dots, b$ – індекс сценарію використання;
 $R_{jk\sigma}^{crit}$ – кількість критичних атрибутів для елемента k типу j СцВ s ;
 $R_{jk\sigma}^{exp}$ – кількість допоміжних атрибутів для елемента k типу j СцВ s ;
 $r_{jk\sigma}^{crit}$ – кількість заповнених критичних атрибутів для елемента k типу j СцВ σ ;
 $r_{jk\sigma}^{exp}$ – кількість заповнених допоміжних атрибутів для елемента k типу j СцВ σ ;
 $m=1, 2, \dots, r_{jk\sigma}^{exp}$ – індекс допоміжного атрибута для елемента k типу j СцВ σ .

Процес оцінки ВІМ-моделі складається з таких кроків:

1. Перевірка наповненості критичних атрибутів окремих елементів.
2. Оцінка якості наповненості допоміжних атрибутів окремих елементів.
3. Оцінка якості насичення допоміжних атрибутів за елементами одного типу (вікна, двері тощо).
4. Оцінка якості наповненості атрибутів всієї моделі.

Пропонується перевірку наповнення критичних атрибутів та оцінки насичення елемента допоміжними атрибутами описати такою математичною залежністю:

$$\theta_{jk\sigma} = \left[\frac{r_{jk\sigma}^{crit}}{R_{jk\sigma}^{crit}} \right] \cdot \sum_{m=1}^{R_{jk\sigma}^{exp}} (r_m^{exp} \cdot \vartheta_m), \quad (1)$$

де $\theta_{jk\sigma}$ – відносний показник якості за повнотою заповнення атрибутів елемента k типу елемента j СцВ σ ; ($\theta_{jk\sigma} \in [0; 1]$); v_m – ваговий коефіцієнт, що складається з експертної оцінки значущості параметра p в ЦІМ.

Слід зазначити, що при незаповненості хоча б одного параметра з категорії «критичні» оцінка елемента k анулюється ($\theta_{jk\sigma} = 0$), оскільки неможливо реалізувати СцВ.

Контрольовані параметри, представлені в математичній моделі, можуть мати різну ступінь важливості при формуванні остаточної оцінки. Прикладом такого параметра є оцінка важливості атрибуту m для конкретного СцВ. Значимість конкретного атрибуту можна встановити за допомогою вагових коефіцієнтів. Ваговий коефіцієнт встановлює перевагу критерію i над іншими критеріями в кількісному вимірі.

Поширений і зручний спосіб визначення вагових коефіцієнтів – це метод експертних оцінок. Він має кілька варіацій, з яких найчастіше виділяють метод присвоєння балів, як оптимальний при роботі з великою кількістю параметрів. Метод полягає в присвоєнні балів кожному параметру кожним експертом за певною шкалою (як правило, від 1 до 10). Параметри можуть оцінюватися як цілими, так і дробовими значеннями в обраній шкалі.

Ваговий коефіцієнт розраховується за формулою:

$$f_{dm} = \frac{c_{dm}}{\sum_{m=1}^{R_{jk\sigma}^{exp}} c_{dm}}, \quad (2)$$

де f_{dm} – вага атрибуту m , визначена експертом d ; $d = 1, 2, \dots, h$ – індекс експерта; h – кількість експертів; c_{dm} – бал експерта d за атрибуту m .

Підсумкові вагові коефіцієнти модулів визначаються за формулою:

$$\vartheta_m = \frac{\sum_{d=1}^h f_{dm}}{\sum_{m=1}^{R_{jk\sigma}^{exp}} \sum_{d=1}^h f_{dm}}, \quad (3)$$

Причому сума вагових коефіцієнтів повинна дорівнювати одиниці:

$$\sum_{m=1}^{R_{jk\sigma}^{exp}} \vartheta_m = 1, \quad (4)$$

Наступний етап оцінки за типом елементів описується формулою:

$$\theta_{j\sigma} = \frac{\sum_{k=1}^{z_j} \theta_{jk\sigma}}{z_j}, \quad (5)$$

де $\theta_{j\sigma}$ – відносний показник якості насичення допоміжними атрибутами типу елементів j ($\theta_j \in [0; 1]$); θ_σ – відносний показник якості насиченості моделі експлуатаційними атрибутами для реалізації сценарію використання відбувається за залежністю ($\theta_\sigma \in [0; 1]$).

$$\theta_\sigma = \sum_{j=1}^{n_j} \theta_{j\sigma} \cdot \omega_j, \quad (6)$$

де ω_j – ваговий коефіцієнт типу елементів j щодо загальної кількості елементів моделі:

$$\omega_j = \frac{z_j}{\sum_{j=1}^n z_j}, \quad (7)$$

Причому:

$$\sum_{j=1}^{n_j} \omega_j = 1, \quad (8)$$

Після визначення підсумкового показника якості θ_σ ВІМ-моделі необхідно проаналізувати його значення щодо заданих граничних умов.

Алгоритм оцінки значення підсумкового показника якості ВІМ-моделі представлений на рис. 3.



Рисунок 3 – Алгоритм оцінки значення показника якості BIM-моделі

За цим алгоритмом (рис. 3) встановлюються межі показника якості для оцінки адекватності даних BIM-моделі щодо реалізації обраного сценарію використання:

– при значеннях $\theta_\sigma \geq 0,8$ BIM-моделі присвоюється статус «такої, що забезпечує необхідний рівень наповненості моделі інформацією для реалізації СцВ σ »;

– при значеннях $\theta_\sigma < 0,8$ BIM-моделі отримує статус «не забезпечує необхідний рівень наповненості моделі інформацією для реалізації СцВ σ » і відправляється на повне коригування відображеної атрибутивної інформації з подальшим повторним розрахунком відносного показника якості типу елементів.

Результати дослідження

Для верифікації та апробації запропонованого підходу обрано реальний об'єкт – існуючу будівлю навчального корпусу архітектурного факультету КНУБА. Цифрова інформаційна модель представлена на рис. 4. Розглянемо застосування розробленого методу оцінювання якості атрибутивного наповнення BIM-моделей для сценарію використання F2 «Управління матеріально-технічними ресурсами» етапу ЖЦ «Експлуатація».

Критичні та допоміжні атрибути, необхідні для обраного сценарію використання, представлені в табл. 2. Незаповненість хоча б одного критичного параметра анулює значення відносного показника якості за повнотою наповнення атрибутів елемента через неможливість реалізації сценарію використання.

Вплив допоміжних параметрів на підсумкову оцінку розраховується за допомогою вагових коефіцієнтів методом експертних оцінок. До складу експертної групи було запрошено 10 експертів будівельних компаній з таким досвідом роботи в сфері інформаційного моделювання: 1-3 роки – 3 особи, 3-7 років – 3 особи, 7 і більше років – 4 особи. Таким чином, 10 експертів провели незалежну оцінку за 8 критеріями за 10-бальною шкалою.



Рисунок 4 – ЦІМ архітектурного корпусу КНУБА

Результати опитування щодо необхідності застосування допоміжних атрибутів при реалізації конкретного сценарію використання представлені в табл. 3.

В результаті обчислень за формулами (2) та (3) відбувається формування нормованих значень оцінок допоміжних параметрів, що відповідають інтервалу $[0; 1]$, в яких мінімальне значення відповідає найменш бажаному результату верифікації параметра, а максимальне – найбільш бажаному.

Таблиця 2 – Перелік атрибутів реалізації обраного сценарію використання

Тип атрибутів	Критичні атрибути	Допоміжні атрибути	Параметр допоміжного атрибуту
Атрибути приміщень	ID приміщення	Висота стелі	r_1^{exp}
	Назва	Функціональне призначення	r_2^{exp}
	Фактичні розміри	Цільове використання	r_3^{exp}
	Фактична площа	–	–
Атрибути з бази даних	Номер групи приміщень за технічним паспортом	Код підрозділу	r_4^{exp}
	Номер приміщень за технічним паспортом	Фотографії приміщення	r_5^{exp}
	Площа приміщень за технічним паспортом	Технічний стан	r_6^{exp}
	Підрозділ	Статус	r_7^{exp}
	–	Матеріальні точки	r_8^{exp}

Таблиця 3 – Експертні оцінки допоміжних параметрів

Експерти	Бали за модулями								Сума
	r_1^{exp}	r_2^{exp}	r_3^{exp}	r_4^{exp}	r_5^{exp}	r_6^{exp}	r_7^{exp}	r_8^{exp}	
1	1	6	4	8	7	7	8	7	48
2	3	4	4	5	5	8	5	8	42
3	3	4	2	8	4	7	7	6	41
4	4	5	3	9	6	9	7	8	51
5	5	2	3	8	5	9	7	9	48
6	4	6	6	9	5	9	6	9	54
7	3	4	4	7	5	8	7	8	46
8	3	4	2	7	4	8	7	7	42
9	4	3	5	8	6	7	7	8	48
10	2	3	5	8	6	9	8	8	49
Сума	32	41	38	77	53	81	69	78	–
Ваговий коефіцієнт v_m	0,068	0,087	0,081	0,164	0,113	0,173	0,147	0,166	1

Обчислення вагового коефіцієнта необхідне для розрахунків відносного показника якості за повнотою заповнення атрибутів елементів категорії «Приміщення» сценарію використання «Управління матеріально-технічними ресурсами» за формулою (1). Підсумкове значення відносного показника якості моделі зведено в табл. 4.

Відповідно до даних табл. 4 значна кількість приміщень не пройшли перевірку через незаповнення критичних параметрів, що істотно позначається на підсумковому значенні відносного показника $\theta_{j\sigma} = 0,013$.

Для визначення загальної оцінки наповненості ЦІМ моделі необхідний розрахунок вагових коефіцієнтів, що відображають частку кількості елементів обраного типу щодо кількості елементів в

межах моделі. В рамках обраного сценарію використання перевірка здійснюється для елементів категорії «Приміщення».

Коефіцієнти ω_j обчислюються за формулою (7) з перевіркою за умовою (8). Розрахунок вагових коефіцієнтів за всіма типами елементів представлений у табл. 5.

Результатом розрахунків є визначення підсумкового показника достатності даних у рамках виконання сценарію використання «Управління матеріально-технічними ресурсами» за формулою (6) $\theta_1 = 0,15$.

Підсумком поетапного аналізу значень показників якості є статус ВІМ-моделі корпусу як «такої, що потребує коригування та повторного контролю наповненості».

Таблиця 4 – Відносний показник якості типу елементів «Приміщення»

$\theta_{j\sigma}$	z_j	$\theta_{jk\sigma}$	$r_{jk\sigma}^{crit}$	$R_{jk\sigma}^{crit}$	$R_{jk\sigma}^{exp} = \sum_{m=1} (r_m^{exp} \cdot \vartheta_m)$	$R_{jk\sigma}^{exp}$	Рівень
0,15	21	0,686	8	8	0,686	8	Укриття
	2	0	7	8	0,522	8	Укриття
	1	0,454	8	8	0,454	8	Укриття
	77	0,686	8	8	0,686	8	Поверх 1
	17	0	7	8	0,522	8	Поверх 1
	76	0,686	8	8	0,686	8	Поверх 2
	12	0	7	8	0,522	8	Поверх 2
	36	0,686	8	8	0,686	8	Поверх 3
	11	0	7	8	0,522	8	Поверх 3
46	0,686	8	8	0,686	8	Поверх 4	

Таблиця 5 – Відносний показник якості типу елементів «Приміщення»

Коефіцієнт за кількістю елементів у модулі ω_j	Тип елементів	Кількість елементів, необхідних для сценарію використання $z_{j\sigma}$	Кількість елементів у типі z_j
0	Корпус	0	1
0	Поверх	0	1
1	Приміщення	310	310
0	Дах	0	1
0	Стіна	0	45
0	Плита	0	6
0	Сходовий майданчик	0	6
0	Вікно	0	120
0	Двері	0	203
0	Балка	0	0
1	Сума вагових коефіцієнтів		

Результати обчислень математичних моделей доцільно доповнити візуалізацією даних за допомогою хмарних сервісів бізнес-аналітики. Сучасними інструментальними засобами є Power BI, Google Data Studio, Tableau та інші, які допомагають користувачам краще сприймати інформацію та приймати обґрунтовані рішення на основі аналізу даних. Такі звіти надають можливість отримувати інформацію про об'єкт з різних джерел шляхом зв'язку між даними книги Excel з ЦІМ і проаналізувати отримані значення за допомогою візуальних екранів, а також задати діапазон допустимих значень і вивести значення, що не відповідають гранично допустимим. Візуальна перевірка дає можливість полегшити і прискорити процес управління активами об'єкту.

На рис. 5 наведено звіт щодо заповнення атрибутів, необхідних для реалізації сценарію «Управління матеріально-технічними ресурсами».

При виборі певного сценарію використання звіт в Power BI реалізує фільтрацію параметрів, залишаючи на екрані лише відповідні. Крім того, він виділяє іншим (в даному випадку червоним)

кольором незаповнені комірки, що означає необхідність заповнення. Результат аналітики даних, проведеного в рамках обраного сценарію, представлений у вигляді показника якості $\theta_1 = 0,585$.

Такий аналітичний звіт може допомогти детально проаналізувати всі дані, які знаходяться в ЦІМ, а також перевірити якість заповнення атрибутів в ВІМ-моделі, що є суттєвою перевагою по відношенню до математичної моделі.

Висновки

В результаті проведених досліджень розроблено та апробовано метод оцінювання якості атрибутивного наповнення ВІМ-моделей із застосуванням математичного апарату, а також визначення потенціалу візуалізації даних ВІМ-моделей для підвищення обґрунтованості та ефективності управлінських рішень на всіх етапах життєвого циклу об'єкта за різними сценаріями використання. Доведено, що для необхідності розширення набору інформації про проект, отримання можливості для аналітики та вирішення завдань у будівельній галузі доцільним є використання звітів аналітики даних.

Навчальний корпус архітектурного факультету КНУБА

Управління матеріально-технічними ресурсами		ID приміщення	Найменування	Закріплено	Підрозділ	ID підрозділу	Площа
Сценарій використання		АФ_03_A301	Комп'ютерний клас	ІСІ	Кафедра архітектурних конструкцій	1853	35
Критичні параметри id приміщення (закріплено) підрозділ назва	Експлуатаційні параметри Висота стелі Мат. точки Функц. Призначення	АФ_02_K250	Коридор			0	351
		АФ_01_K159	Коридор			0	178
Номер групи приміщень	Показник якості насиченості моделі експлуатаційними атрибутами 0,585 разом	АФ_03_K335	Коридор			2302	176
		АФ_03_K337	Коридор			2302	161
		АФ_04_K454	Коридор			ІСІ	Кафедра основ архітектури
		АФ_02_K216	Коридор			0	146
		АФ_01_K101	Коридор			0	145
		АФ_04_A3406	Актова зала	ІСІ	АФ	1858	535
		АФ_01_LBP08	Лабораторія віртуальної реальності	ІСІ	Кафедра дизайну	1868	135
		АФ_03_K336	Коридор			2302	123
		АФ_04_K455	Коридор				

Рисунок 5 – Аналітичний звіт про заповнення параметрів і розрахунок підсумкового показника повноти даних для сценарію використання

Розглянуто застосування розробленого методу для сценарію використання «Управління матеріально-технічними ресурсами» етапу «Експлуатація» ЖЦ для ЦІМ навчального корпусу архітектурного факультету КНУБА. Здійснено порівняльний аналіз перевірки даних запропонованим математичним апаратом та засобами аналітики даних: показник якості, виконаний за допомогою математичної моделі, $\theta_1=0,15$, показник якості, отриманий за допомогою візуалізації даних $\theta_1=0,585$. В результаті апробації було виявлено, що ЦІМ навчального корпусу була класифікована як «така, що потребує коригування та повторного контролю наповненості даними», що свідчить про неможливість реалізації сценарію використання «Управління матеріально-технічними ресурсами» на даній ЦІМ.

Якість моделі визначається її спроможністю інтегрувати дані з різних джерел і забезпечувати контроль їхньої коректності засобами візуального представлення. Таким чином, для ефективного

впровадження сценаріїв використання ЦІМ необхідним є формування чітких і формалізованих вимог до якості наповнення ВІМ-моделей. Такий підхід забезпечить створення якісних ЦІМ, здатних надійно підтримувати різні сценарії використання та гарантувати високий рівень аналітичної достовірності результатів застосування ВІМ-технології.

Конфлікт інтересів. Автори підтверджують відсутність фінансових, особистих чи інших інтересів, що можуть розглядатися як потенційний конфлікт інтересів щодо публікації цієї статті.

Фінансування. Дослідження було проведено без фінансової підтримки.

Доступність даних. Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті рукопису.

Використання штучного інтелекту. Автори підтверджують, що при створенні даної роботи вони не використовували інструментальні засоби штучного інтелекту.

Список використаних джерел / References

- 1 Dahake Prof.H. (2023). BIM data analysis and visualization workflow. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 11(5), 2806–2810. DOI: 10.22214/ijraset.2023.52159 URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.52159>
- 2 Correa F. (2015). Is BIM big enough to take advantage of big data analytics? *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC)*. DOI: 10.22260/isarc2015/0019 URL: <https://doi.org/10.22260/isarc2015/0019>
- 3 Salzano A., Parisi C.M., Acampa G. (2023). Existing assets maintenance management: Optimizing maintenance procedures and costs through BIM tools. *Automation in Construction*, 149, 104788. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104788 URL: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104788>
- 4 Hu Y., Li J., Han X. (2018). Development based on Unity3D virtual campus roaming system. *E3S Web of Conferences*, 53, 03047. DOI: 10.1051/e3sconf/20185303047 URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185303047>

- 5 Su T., Li H., An Y. (2021). A BIM and machine learning integration framework for automated property valuation. *Journal of Building Engineering*, 44, 102636. DOI: 10.1016/j.jobbe.2021.102636 URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102636>
- 6 Yin M., Tang L., Webster C. (2023). An ontology-aided, natural language-based approach for multi-constraint BIM model querying. *Journal of Building Engineering*, 76, 107066. DOI: 10.1016/j.jobbe.2023.107066 URL: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107066>
- 7 Gomes A.M., Azevedo G., Sampaio A.Z. (2023). BIM in structural проект: Interoperability analyses and data management. *Applied Sciences*. URL: <https://doi.org/10.3390/app13106124>
- 8 Yang T., Xu J., Nie X. (2022). Analysis of data exchange between BIM design software and performance analysis software based on Revit. *Journal of Physics: Conference Series*, 2185(1), 012070. DOI: 10.1088/1742-6596/2185/1/012070 URL: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2185/1/012070>
- 9 Chen S., Zeng Y., Majdi A. (2023). Potential features of building information modelling for application of project management knowledge areas as advances modeling tools. *Advances in Engineering Software*, 176, 103372. DOI: 10.1016/j.advensoft.2022.103372 URL: <https://doi.org/10.1016/j.advensoft.2022.103372>
- 10 Dolhopolov S., Honcharenko T., Savenko V. (2023). Construction site modeling objects using artificial intelligence and BIM technology: A multi-stage approach. *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 174-179. DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223543 URL: <https://doi.org/10.1109/SIST58284.2023.10223543>
- 11 Ryzhakova G., Honcharenko T., Predun K. (2023). Using of fuzzy logic for risk assessment of construction enterprise management system. *2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, 208-213. DOI: 10.1109/SIST58284.2023.10223560 URL: <https://doi.org/10.1109/SIST58284.2023.10223560>
- 12 Honcharenko T. (2020). Cluster method of forming metadata of multidimensional information systems for solving general planning problems. *Management of Development of Complex Systems*, 42, 93–101. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.93-101> [in Ukrainian]

Roman ZhukORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1657-6281>*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine*

Postgraduate Student at the Department of Information Technologies

Sergii ShkiriaORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7129-2823>*Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine*

Postgraduate Student at the Department of System Analysis and Optimization Theory

**METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF ATTRIBUTIVE CONTENT
IN BIM MODELS FOR THE IMPLEMENTATION OF VARIOUS USE CASES**

Abstract. Modern BIM models accumulate significant amounts of information, covering both the geometric parameters of an object and extended attribute data. However, the complexity of these data structures and the lack of unified approaches to their interpretation often limit the accessibility and clarity of information for various construction project participants. Consequently, the potential of BIM models is only partially realized, while the accumulated data remains underutilized in management processes. Under such conditions, the visualization of BIM model information acquires strategic importance, as it provides a clear representation of data, improves the level of attribute parameter processing, and promotes a more conscious approach to the application of BIM technologies. The subject of this study is digital information models (DIM), databases containing attribute information, and photographic materials of an existing facility. To determine the feasibility of implementing various digital asset use cases, a mathematical apparatus is employed, which allows for the calculation of the data information density indicator to support decision-making regarding the possibility of implementing a specific scenario. The scientific novelty of the study lies in the development of a method for evaluating the quality of the attribute content of BIM models for current DIM use cases. The practical significance consists in determining the feasibility of implementing use cases for a specific DIM, which will help increase the validity and efficiency of management decisions, enhance workflow productivity, and achieve better project implementation results. The integration of BIM technologies with data analytics tools ensures improved cost management and adherence to construction project deadlines, while also creating the prerequisites for applying machine learning methods to solve current challenges in the construction industry.

Keywords: BIM model; data analytics; construction project; digital information models of construction objects; information quality assessment method; use case

Посилання на публікацію

- APA Zhuk, R., & Shkiria, S. (2026). Method for assessing the quality of attributive content in BIM models for the implementation of various use cases. *Management of Development of Complex Systems*, 65, 163–172. dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.163-172.
- ДСТУ Жук Р. В., Шкірія С. В. Метод оцінювання якості атрибутивного наповнення ВІМ-моделей для реалізації різних сценаріїв використання. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2026. № 65. С. 163 – 172. dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2026.65.163-172.