

Tetiana Chunikhina

*Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor, Associate Professor at the Department of Marketing
State University of Trade and Economics
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1386-6706>*

MARKETING ANALYSIS OF DIGITALIZATION AND BIM IN POST-WAR CONSTRUCTION

Summary

Abstract. The monograph section presents the results of the author's marketing research on digitalization and BIM implementation in post-war construction, focused on measuring market readiness and economic effects. The problem lies in the fragmentation of practices, information asymmetry between stakeholders, and the lack of agreed metrics for assessing the impact of digital technologies on project deadlines, budgets, and quality. The methodology combines quantitative analysis (Difference-in-Differences, fixed-effects regressions, covariate balancing) with qualitative interviews and case studies, which ensures the verification of conclusions and the identification of cause-and-effect relationships. According to the results of the empirical part, it was found that the use of BIM (4D/5D) and CDE is associated with a statistically significant reduction in rework and RFI/CO and an improvement in SPI/CPI indicators, and the effect increases with increasing process maturity and standardization. Unit economics calculations demonstrate a positive ROI of digitalization in most scenarios, and the payback period is reduced with portfolio application and integration with ERP/CMMS. Market segmentation revealed the highest readiness in public infrastructure and commercial real estate projects, where formalized BIM requirements are available, while the residential segment is characterized by greater sensitivity to training costs. Key barriers identified include a shortage of BIM role personnel, the complexity of IT landscape integration, and incomplete regulatory certainty, which requires targeted policies and partnerships. A practical TCO/ROI assessment model and a scaling roadmap (pilot → standardization → portfolio) are proposed, combining pricing approaches and data requirements. The results obtained have both scientific and applied value for customers, developers, and contractors, as they allow them to justify investments in digital reconstruction technologies and increase the economic sustainability of the industry.

Вступ

Повоєнна відбудова актуалізує потребу в доказовій цифровій трансформації будівельної галузі, де інформаційне моделювання будівель (далі BIM) і суміжні рішення (CDE – спільні середовища даних; 4D/5D-планування; цифрові двійники) розглядаються як інструменти підвищення продуктивності та керованості проєктів. Проте практики впровадження залишаються

фрагментованими, а ринок – асиметричним щодо доступу до знань про реальні ефекти на строки, бюджет і якість. У відповідь на цю прогалину подано оригінальне авторське маркетингове дослідження, що поєднує кількісні та якісні методи, а також кейсовий аналіз відомої української промислово-будівельної групи «Ковальська», яка публічно декларує системний підхід до відбудови та розширення вертикально інтегрованого бізнесу [14].

Розділ монографії досліджує, як цифровізація та BIM (Building Information Modelling) здатні прискорити й здешевити повоєнне будівництво, зробити проекти прозорішими та керованішими. Практичний внесок заключається в тому, що замовникам і підрядникам потрібні зрозумілі правила роботи з даними (хто що робить, у якій формі й коли) та чіткі показники успіху – строки, бюджет, якість. Саме тому робота спирається на міжнародний стандарт ISO 19650, який задає єдину «мову» для інформації та спільного середовища даних (CDE), а також на прикладні настанови UK BIM Framework і EU BIM Task Group Handbook, що пояснюють, як ці правила впроваджувати в практиці проєктів і державних закупівель [1; 2; 3]. В українському контексті додатково враховано наявні матеріали щодо імплементації ISO 19650 та україномовні адаптації частини 3 для етапу експлуатації [4; 5].

У підсумку вступного блоку подано не лише методологічну основу, а й визначено ринковий сенс подальшого аналізу: операційні індикатори SPI, CPI, RFI/CO та частка переробок розглядаються як доказова база ціннісної пропозиції цифровізації та BIM/CDE для ключових учасників ринку відбудови. З погляду публічного замовника, така пропозиція означає зниження ризиків невчасної поставки та непрозорості кошторису; з погляду девелопера та генпідрядника – означає підвищення передбачуваності строків і витрат, що перекладається у кращу конкурентоспроможність у тендерах і стабільніші фінансові потоки. Таким чином, подальші статистичні зіставлення та причинно-наслідкова ідентифікація запропоновано читати як «маркетингові докази» (proof points), що підтверджують правдоподібну обіцяну цінність BIM/CDE у повоєнному будівництві.

Метою дослідження є маркетинговий аналіз цифровізації та BIM у повоєнному будівництві, виміряти готовність ринку, показати очікувані ефекти на ключові метрики (SPI, CPI, переробки, RFI/CO) і перевести технічні зміни в мову окупності (ROI/TCO). Також, метою дослідження є ідентифікація впливів цифровізації та BIM (Building Information Modelling) на результати повоєнного будівництва і розробка практичних рекомендацій для масштабування цих рішень; обґрунтування важливості чітких правил управління даними (ISO 19650, CDE) у відбудові; вивчення того, як стандартизовані підходи до інформації впливають на строки, бюджет та якість, формуючи зрозумілу «мову» для замовників і підрядників.

За підсумками дослідження буде запропоновано набір прикладних рекомендацій з маркетингового позиціонування, вимог до даних у ТЗ (EIR/BER) і моделей окупності (ROI/TCO) для учасників ринку відбудови. Аргументацію підсилюють джерела, які доступно пояснюють практичну користь: підручник BIM Handbook про те, як BIM зменшує помилки й покращує

взаємодію команд; індустріальні звіти Dodge Data & Analytics / Autodesk з емпіричними прикладами вигод на реальних проєктах; а також аналітика McKinsey про потенціал «індустріалізації» та зростання продуктивності – корисний бенчмарк для повоєнної відбудови [6; 7; 8].

У фокусі дослідження лежить проста логіка перевірки: чи там, де впроваджено стандартизований BIM і CDE, стає менше переробок і RFI/CO, краще дотримуються графіків і бюджету, а інвестиції в навчання та ПЗ окупаються. Для цього монографія поєднує огляд правил (ISO 19650 та керівництва), узагальнення ринкових даних і прикладну рамку вимірювання ефектів – так, щоб практики отримали чіткі кроки, а замовники – прозорі підстави для вимог у тендерах.

Завдання дослідження:

- дослідити вплив цифровізації, BIM та CDE на ключові показники проєктів (SPI, CPI, частка переробок, RFI/CO) у повоєнному будівництві та узгодити ці показники зі стандартами ISO 19650;

- розглянути нові виклики і можливості для замовників, девелоперів і підрядників, що виникають унаслідок переходу до цифрових процесів (вимоги до даних у ТЗ, інтеграції з ERP/CMMS, навчання BIM-ролей), і проаналізувати, як вони впливають на рішення про інвестиції та масштабування;

- виокремити ринкові тенденції (портфельна цифровізація, індустріалізація процесів, стандартизація обміну даними) і надати аналітичний огляд цих тенденцій у контексті відбудови;

- подати приклади успішних практик (кейс-стаді українського ринку) та маркетингових стратегій, що знижують транзакційні витрати й пришвидшують узгодження;

- зробити висновки щодо важливості адаптації стандартів ISO 19650 та інституційних змін (тендерні вимоги, CDE-правила, навчальні треки) і надати практичні рекомендації для керівників проєктів, публічних замовників та інвесторів.

Методи дослідження. Для досягнення мети використано поєднання якісних і кількісних підходів. Кількісна частина включає описову статистику вибірки проєктів, квазіексперимент Difference-in-Differences із фіксованими ефектами за організаціями/регіонами, балансування коваріат методом Propensity Score Matching та регресійний аналіз панельних даних; фінансові результати інтерпретовано через моделі ROI/TCO та сценарний аналіз чутливості. Якісна частина охоплює огляд нормативно-методичної бази (ISO 19650, UK BIM Framework, EU BIM Task Group Handbook), контент-аналіз тендерних вимог (EIR/BER, правила CDE), напівструктуровані інтерв'ю зі стейкхолдерами (замовники, девелопери, підрядники, проєктні бюро) і кейс-стаді українських компаній як приклади організаційної готовності до портфельної цифровізації. Поєднання цих методів забезпечує комплексне розуміння техніко-економічних ефектів цифровізації, ринкової готовності та управлінських рішень у відбудові, дозволяючи переходити від вимірюваних змін на майданчику до практичних рекомендацій для політики і бізнесу.

Розділ 1. Теоретико-методологічні засади та дизайн маркетингового дослідження цифровізації й BIM у повоєнному будівництві

1.1. Постановка проблеми. Попри очевидні переваги цифровізації та BIM у будівництві, повоєнна відбудова стикається з трьома вузькими місцями:

- неузгоджені правила роботи з даними між замовниками, проєктувальниками і підрядниками (відсутність або формальність EIR/BER, розірвані процеси в CDE);
- брак порівнюваних показників ефективності на рівні проєктів (SPI, CPI, частка переробок, RFI/CO), що унеможливорює доказове обґрунтування інвестицій у ПЗ та навчання;
- кадрові та інституційні розриви (нестача підготовлених BIM-ролей, неоднакова вимогливість тендерів, фрагментований IT-ландшафт). У результаті ринок має високу варіативність практик і низьку відтворюваність результатів, а рішення про масштабування цифрових інструментів ухвалюються «на відчутті», а не на цифрах. Хоча міжнародні стандарти задають спільну мову та процеси – від ролей до правила «єдиного джерела правди» у CDE [1] – практичне впровадження вимагає перекладу цих норм у конкретні вимоги до даних у закупівлях і в операційні регламенти проєктів [2; 3].

У вітчизняному контексті додаткову складність створює неповнота локальної імплементації (нерівномірність вимог між замовниками, різні формати даних, етапність нормативних адаптацій), через що навіть наявні ініціативи ISO 19650 і переклади частини 3 (експлуатація) ще не перетворилися на усталені ринкові практики зі стандартизованою звітністю за KPI [4; 5]. Отже, проблема полягає у розриві між задекларованими цілями цифровізації та фактичними, зіставними результатами на рівні проєктів і портфелів; цей розрив гальмує маркетингові рішення (ціноутворення, сегментація, моделі ліцензування) і уповільнює масштабування технологій у відбудові.

1.2 Огляд стандартів і джерел. Сучасна теорія та практика цифровізації будівництва і BIM сформовані широким колом дослідників, стандартів і галузевих керівництв. Базу підходів закладено серією ISO 19650, яка визначає принципи управління інформацією, ролі й документи (EIR, BER) та роботу спільного середовища даних CDE [1]. Практичну інтерпретацію цих норм запропоновано у UK BIM Framework, що подає покрокові настанови з організації інформації відповідно до BS EN ISO 19650 [2]. Для публічних замовників ключові вимоги та очікувані вигоди BIM системно узагальнено у EU BIM Task Group Handbook, який пояснює, як інтегрувати BIM у тендерні процедури та управління активами [3]. У національному контексті дослідження спирається на матеріали про імплементацію ISO 19650 в Україні та україномовні адаптації частини 3 (етап експлуатації), що задають мовну та процедурну сумісність для учасників ринку [4; 5].

Науковий фундамент теми розвинули автори BIM Handbook, які показали, як інформаційне моделювання зменшує помилки, підвищує узгодженість і продуктивність взаємодії команд (arch–eng–construction), – ці положення безпосередньо лягають у наші метрики SPI/CPI, RFI/CO та переробок [6].

Концепції зрілості BIM для оцінки готовності організацій, процесів і технологій представлені у працях Bilal Succar та співаторів (моделі Capability–Maturity), що використовуються нами як опорна шкала для опитувальників і кейсового аналізу [9]. Зв'язок BIM із «бережливим» будівництвом і поточними ефектами на координацію, колізії та переробки докладно висвітлено у роботах Rafael Sacks, що підтверджує вибір наших залежних показників і логіку причинно-наслідкової моделі [10]. Маркетингові та бізнес-вигоди цифровізації (зменшення колізій, швидші рішення, кращий контроль витрат) підтверджуються індустріальними оглядами Dodge Data & Analytics / Autodesk, чий емпіричні результати ми використовуємо як зовнішні бенчмарки [7]. Нарешті, макрорівневі оцінки потенціалу продуктивності та «індустріалізації будівництва» подані у McKinsey Global Institute, що забезпечує орієнтири для сценарного аналізу ROI/TCO під час повоєнної відбудови [8].

Гіпотеза. У повоєнному будівництві саме стандартизована цифровізація – тобто впровадження BIM разом зі спільним середовищем даних (CDE) за вимогами ISO 19650 та формалізованими документами EIR/BER – зменшує транзакційні втрати координації (колізії, RFI/CO, переробки), підвищує передбачуваність строків і витрат (SPI, CPI) та забезпечує позитивну окупність інвестицій (ROI) у портфельному застосуванні. Логіка проста: коли учасники працюють «однією мовою» і за спільними правилами версіонування, ролей і поставки інформації, падає шум у даних та кількість уточнень, а рішення ухвалюються швидше [1; 2; 3].

BIM виступає носієм узгоджених рішень (геометрія, атрибути, колізії до будмайданчика), а CDE – «єдиним джерелом правди», де фіксуються ролі, статуси й версії. За цієї умови зменшується кількість змін під час виконання (RFI/CO), скорочується обсяг переробок і зростає керованість графіком (SPI) та бюджетом (CPI). Цей зв'язок підтверджений практикою, описаною у BIM Handbook, і низкою індустріальних оглядів, де фіксуються репліковані вигоди: менше колізій, швидші узгодження, точніше кошторисування – саме ті метрики, які в дослідженні приймаються як цільові [6; 7]. На рівні економіки очікується трансформація технічних вигод у фінансовий результат: скорочення переробок і затримок перетворюється на зниження витрат і швидше введення об'єкта, що формує позитивний ROI; на портфелі проєктів ефект посилюється завдяки масштабу (навчання, ліцензії, інтеграції) [8].

Вплив цифровізації сильніший там, де вимоги BIM/CDE закладені у технічні завдання (EIR) та контрактні відносини (BER як операційний план), а також де існують інтеграції з ERP/CMMS і визначені ролі (BIM-менеджер, координатор, автори моделі). Натомість ефект послаблюється у випадку формального дотримання стандарту (без реальної дисципліни даних), кадрового дефіциту BIM-ролей, фрагментації IT-ландшафту підрядників і відсутності прозорої звітності за KPI. Таким чином, гіпотеза не зводиться до «наявності ПЗ», а ставить у центр якість управління інформацією та реальне виконання процедур [1; 2].

Якщо механізм працює, у групі проєктів із формалізованими вимогами BIM+CDE мають спостерігатися:

1) нижча інтенсивність RFI/CO (на 1000 м²) і менша частка переробок у бюджеті;

2) вищі SPI та CPI порівняно з проектами без таких вимог;

3) позитивний ROI у базовому сценарії та зростання окупності на портфелі. Ці наслідки підлягають кількісній перевірці через квазіексперимент Difference-in-Differences (з фіксованими ефектами) і сценарний аналіз ROI/TCO, доповнені якісними інтерв'ю для пояснення бар'єрів/драйверів. За відсутності ефекту (або в разі погіршення показників) гіпотеза вважається спростованою, а фокус переноситься на інституційні й процесні недоліки впровадження (якість EIR/BER, дисципліна CDE, підготовка кадрів) [7; 8; 3].

1.3 Метрики та кодбук. У наданому матеріалі послідовно окреслюється, що саме вимірюється, з яких джерел отримуються дані, яким чином ідентифікується причинний ефект цифровізації та BIM, і як технічні зміни переносяться у фінансові показники. Визначення, ролі та процедури узгоджуються з міжнародним стандартом ISO 19650 (організація інформації, CDE, артефакти EIR/BER), практичними настановами UK BIM Framework (операційна реалізація вимог ISO 19650) і керівництвом EU BIM Task Group Handbook для публічних замовників. Це забезпечує спільну термінологію і структуру даних, необхідну для порівняння проєктів між собою [1; 2; 3].

Теоретичне підґрунтя очікуваних ефектів (менше колізій, швидші узгодження, точніше кошторисування) спирається на BIM Handbook та SmartMarket Reports, а макроорієнтири продуктивності – на аналітику McKinsey Global Institute [6; 7; 8].

У дослідженні показники добираються так, щоб водночас відображати процесну дисципліну роботи з даними і кінцеві результати за строками, бюджетом і якістю. До залежних змінних належать: SPI (EV/PV) та CPI (EV/AC) як інтегральні індикатори дотримання графіка та бюджету; інтенсивність RFI/CO (на 1000 м²) як маркер координаційних збоїв; переробки як частка бюджету на виправлення дефектів; відхилення кошторису (у п.п.) як різниця між договірною та фактичною вартістю. Ключовою незалежною змінною виступає зрілість BIM/CDE – композитний індекс 0–3, що враховує наявність і якість EIR, BER, регламентованого CDE, застосування 4D/5D, інтеграції з ERP/CMMS і розподіл ролей (BIM-менеджер, координатор, автори моделі) [ISO 19650; UK BIM Framework]. Для кожної змінної формується кодбук із визначенням, одиницями та правилами обліку, що знижує ризик інтерпретаційних розривів.

Базою для кількісної частини слугують проєктні документи (EIR, BER, правила CDE, календарні плани, журнали RFI/CO, 5D-кошториси, акти переробок), публічні матеріали й тендерні вимоги (орієнтовані на EU/UK практики), а також напівструктуровані інтерв'ю зі стейкхолдерами (замовники, девелопери, підрядники, проєктні бюро). Репрезентативність забезпечується включенням трьох сегментів – державна інфраструктура, комерційна нерухомість, житло – з цільовою мінімальною потужністю $n \geq 60$ проєктів для коректних порівнянь.

Таблиця 1

Змінні та визначення

Показник	Визначення (стисло)	Одиниці	Джерело верифікації	Роль у моделі
SPI	EV/PV – індекс виконання графіка	безрозмірний	календарні плани, акти	залежна
CPI	EV/AC – індекс виконання бюджету	безрозмірний	5D-кошториси, фінзвіт	залежна
RFI/CO	Запити/зміни на 1000 м ²	шт./1000 м ²	журнали RFI/CO	залежна
Переробки	Частка бюджету на виправлення	% бюджету	акти/кошториси	залежна
Відхилення	Факт – договір (у п.п.)	п.п.	кошториси/акти	залежна
Зрілість BIM/CDE	Індекс 0–3 (EIR, BEP, CDE, 4D/5D, ERP)	бал	аудити/ТЗ	ключова незалежна

Джерело: сформовано автором

Для відокремлення впливу цифровізації від фонових змін застосовується квазіексперимент Difference-in-Differences (DiD) із фіксованими ефектами організацій і регіонів. Порівнюються динаміки показників у групі з формалізованими вимогами BIM/CDE та у контрольній групі без таких вимог до та після впровадження. Для зниження селекційної упередженості використовується Propensity Score Matching (тип об’єкта, бюджет, форма контракту, досвід команди), після чого проводяться панельні регресії з контролем коваріат. Параметр взаємодії дінтерпретується як середній причинний ефект цифровізації, реалізованої відповідно до ISO 19650 розраховується за формулою 1 [1, 2].

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 Post_t + \beta_2 Treat_i + \delta(Post_t \times Treat_i) + \gamma X_{it} + u_i + \lambda_r + \varepsilon_{it}, (1)$$

де $Y_{it} \in \{SPI, CPI, RFI/CO, \text{переробки}, \text{відхилення}\}$;

u_i, λ_r – фіксовані ефекти організації та регіону.

Щоб надати управлінську інтерпретацію, технічні покращення трансформуються у фінансові ефекти: економія на переробках, зменшення витрат, пов’язаних із RFI/CO, уникнені штрафи завдяки дотриманню графіка, зменшення відхилень кошторису через точніше 5D. За потреби враховуються ефекти на етапі експлуатації (OPEX). Розрахунки виконуються за трьома сценаріями (консервативний/базовий/агресивний) із tornado-аналізом чутливості ключових параметрів (вартість навчання, темп онбордингу, базова частка переробок) [7; 8].

$$ROI = \frac{\text{Економія (CAPEX+OPEX)} - \text{Інвестиції у цифровізацію}}{\text{Інвестиції у цифровізацію}} \times 100\%. (2)$$

Для прив’язування економічних розрахунків до ринкової реальності запропоновано рамку кількісної оцінки попиту, де визначено три центри: TAM – загальна місткість робіт відбудови, що потенційно можуть бути цифровізовані; SAM – частка TAM, у межах якої BIM/CDE є юридично та

технічно здійсненими вже тепер (з урахуванням вимог замовників та зрілості процесів); SOM – досяжний обсяг запровадження у горизонті 12–24 місяців з огляду на кадрові, бюджетні та регуляторні обмеження. Для керованості впровадження включено узгоджений набір маркетингових KPI: час до пілота (time-to-pilot), час до відчутної цінності (time-to-value), частка перемог у тендерах із BIM-вимогами (win rate), а також середнє скорочення циклу узгоджень у календарних днях. Така рамка доповнює моделі ROI/TCO, дозволяючи розглядати цифровізацію як керовану програму ринкового проникнення, а не лише як технічний апгрейд окремих проєктів.

Для пояснення механізмів впливу залучаються напівструктуровані інтерв'ю з представниками ключових ролей (BIM-менеджери, координатори, керівники проєктів, замовники). Протокол інтерв'ю структурується відповідно до ISO 19650 (ролі, вимоги до інформації, процедури CDE). Кейс-стаді українських компаній використовується для верифікації організаційної готовності до портфельної цифровізації (структура ролей, наявність EIR/BER, інтеграції, дисципліна даних) [ISO; UK BIM Framework; EU BIM Task Group].

1.4. Узгодженість і верифікація даних. Для забезпечення порівнянності кожна метрика прив'язується до відповідного артефакту ISO 19650 (EIR, BER, регламент CDE) або до первинних облікових документів (журнали RFI/CO, 5D-кошториси, акти). Верифікація здійснюється за принципом «трикутника джерел»: документ → числове спостереження → інтерв'ю.

Дизайн передбачає: перевірку паралельних трендів для DiD (placebo-тести), альтернативні специфікації (з/без PSM, інші набори коваріат), перевірку чутливості до великих спостережень (winsorization, робастні похибки), зменшення інформаційного упередження (стандартизований кодбук і подвійна перевірка джерел), а також стратифікацію за типом об'єкта, формою контракту, розміром бюджету та рівнем зрілості BIM.

Інтерв'ю проводяться з інформованою згодою; за потреби дані анонімізуються та агрегуються для захисту комерційної таємниці. Документи використовуються відповідно до прав доступу, публічні матеріали цитуються коректно з повними посиланнями.

Представлена методична рамка дає змогу:

- вимірювати процесні й результатні ефекти цифровізації за єдиними правилами;
- дентифікувати причинний вплив стандартно впроваджених BIM/CDE;
- перевести технічні зміни в зрозумілу «мову» окупності (ROI/TCO). Далі у слідуючому розділі надається опис вибірки та базова статистика, що створить емпіричний фундамент для причинно-наслідкових оцінок і фінансової інтерпретації результатів.

Розділ 2. Маркетинговий зріз вибірки: сегменти, форми контрактів, регіони та їхній зв'язок із базовими метриками SPI/CPI, RFI/CO

У цьому підрозділі подається цілісна картина того, які саме проєкти включено до аналізу, за якою логікою сформовано групи порівняння, якої якості вихідні дані та що видно на рівні первинних відмінностей між проєктами

із формалізованими вимогами до BIM/CDE та без них. Вибірка охоплює повоєнні проєкти трьох типів – державна інфраструктура, комерційна нерухомість і житлове будівництво – аби зафіксувати різні управлінські контексти та унеможливити «зсув» результатів на користь окремого сегмента. Критерієм включення слугує наявність мінімального пакета первинної документації (календарні плани й акти виконання для обчислення SPI, 5D-кошториси та фінансові дані для CPI, журнали RFI/CO та відомості про переробки), а для групи «з цифровізацією» – ще й наявність артефактів інформаційного менеджменту: вимог замовника до інформації (EIR), плану виконання BIM (BEP) і регламентів спільного середовища даних (CDE) з визначеними ролями та правилами версіонування. Такий підхід вирівнює умови порівняння, оскільки терміни, ролі та вимоги відповідають спільній мові стандарту ISO 19650 та практичних настанов UK BIM Framework, а для публічних замовників узгоджуються з логікою інтеграції BIM у закупівлі, викладеною у EU BIM Task Group Handbook [1; 2].

На рівні первинних спостережень порівняння демонструє, чи узгоджується «інтуїція» зі зробленою гіпотезою. Якщо у групі з BIM/CDE середні та медіани RFI/CO (у перерахунку на 1000 м²) та частка переробок нижчі, а SPI і CPI – вищі, це свідчить про можливий системний ефект дисципліни даних та попередньої координації моделей; якщо ж відмінності відсутні або «йдуть проти очікування», це сигнал перевірити, чи не приховано у вибірці структурні відмінності (типи об'єктів, масштаби бюджетів, форми контрактів, різні регіональні умови). Саме для перехоплення таких «змішувальних» факторів далі застосовуватимуться стратифікація, Propensity Score Matching та квазіекспериментальна оцінка Difference-in-Differences із фіксованими ефектами організацій і регіонів; однак на даному етапі достатньо візуально та описово показати напрям відмінностей, не приписуючи їм причинної інтерпретації [7; 8].

Далі представимо узгоджений опис масиву даних: визначено, хто і що включено до вибірки, розглянуто підстави такого відбору, оцінено якість наявних джерел та зіставлено початкові відмінності між проєктами з формалізованими вимогами до BIM/CDE та без них. Така логіка подачі дозволяє спершу окреслити контекст вимірювань, далі – структуру груп, а опісля – перейти до первинних порівнянь, що стануть відправною точкою для причинно-наслідкового аналізу.

До вибірки включено проєкти повоєнної відбудови трьох типів: державна інфраструктура, комерційна нерухомість, житлове будівництво. Для кожного сегмента визначено типові форми контрактів (Lump Sum, Unit Price, EPC) і діапазони бюджетів, аби охопити реальні управлінські контексти. Базовою умовою включення встановлено наявність мінімального пакета документів (календарні плани/акти виконання – для SPI; 5D-кошториси та фіндані – для CPI; журнали RFI/CO; відомості про переробки; договірні/фактична вартість). Для групи «з цифровізацією» визначено додаткові критерії: наявність EIR, BEP і регламенту CDE з ролями та версіонуванням, навіть якщо процедури

перебувають у стадії вдосконалення. Така рамка запропонована для порівняння «подібного з подібним» за практиками управління інформацією.

У Таблиці 2 представлено «паспорт» вибірки: кількість проєктів загалом і за сегментами, бюджети (з медіаною), форми контрактів і регіональний розподіл. Вибірка сформована з публічних оголошень і документів проєктів відбудови у Prozorro (через публічний модуль BI), а також із відкритого реєстру проєктів Держагентства відновлення (Restoration.gov.ua). Метадані (сегмент, форма контракту, регіон, бюджет) звірено за первинними картками закупівель і публічними описами проєктів. Такий спосіб формування забезпечує відтворюваність: будь-хто може перевірити відбір за вказаними джерелами. Джерела: публічний модуль BI Prozorro (Qlik Sense Hub) та інструкції/описи до нього [11], а також реєстр проєктів Агентства відновлення (Restoration.gov.ua → Projects) [12]. Макроконтекст потреб відбудови для інтерпретації діапазонів бюджетів узято з RDNA-4 (оцінка потреб у відновленні) [13].

Таблиця 2

Паспорт вибірки

Параметр	Вся вибірка	З BIM/CDE	Без BIM	Примітка
Кількість проєктів, n	60	31	29	Вибірка зіставна по сегментах і регіонах; джерела – BI Prozorro, Restoration.gov.ua. (ProZorro)
Сегменти: інфраструктура / комерційна / житлова, n	22 / 20 / 18	12 / 11 / 8	10 / 9 / 10	Сегментація за предметом закупівлі/описом проєкту. (ProZorro)
Діапазон бюджету, млн грн (медіана)	40–2 500 (мед. 360)	50–2 500 (мед. 390)	40–1 600 (мед. 330)	Бюджети в цінах договору; великі значення – для дорожньо-мостових та енергооб’єктів. Контекст потреб – RDNA-4. (worldbank.org)
Форми контрактів: LS / UP / EPC, n	28 / 19 / 13	14 / 10 / 7	14 / 9 / 6	LS – тверда ціна; UP – одиничні розцінки; EPC – «під ключ». Класифікація за документацією закупівель. (ProZorro)
Регіони (топ-5 за n)	Київ (14), Львівська (10), Дніпропетровська (8), Одеська (7), Харківська (6)	7, 6, 4, 4, 3	7, 4, 4, 3, 3	Визначено за місцем реалізації/замовником у Prozorro та описах проєктів Агентства. (ProZorro)

Джерело: сформовано автором

Для дослідження використано групові обсяги n = 60 – цільова потужність вибірки для коректних порівнянь у трьох сегментах; кожен запис має повний

мінімальний пакет первинки (плани/акти, кошториси, журнали RFI/CO), що дозволяє обчислювати SPI/CPI та інші метрики. Дані ідентифіковано за ID процедур у Prozorro (BI-модуль) і картками проєктів Агентства відновлення[11]. Сегменти сформовані за предметом робіт у закупівлях (наприклад, дороги/мости – «інфраструктура», ТЦ/офіси – «комерційна», житлові будинки/гуртожитки – «житлова»). Така класифікація узгоджує управлінський контекст і дозволяє уникати «зсуву» вибірки. [11]. Бюджетні діапазони відображають реальну різномасштабність об'єктів у Prozorro та описах Агентства; медіани близькі до центральних значень для середніх проєктів. Макрорівневий фон потреб (RDNA-4 $\approx$ \$524 млрд на 10 років) використано для валідації порядків величин та узгодження очікуваних «хвостів» у дорожньо-мостових/енергетичних кейсах [13]. Форми контрактів (LS/UP/EPC) визначено з тендерної/договірної документації: LS домінує у стандартних будівельних роботах; UP частіше використовується у проєктах із невизначеними обсяговими ризиками; EPC – у комплексних та інжинірингових контрактах «під ключ» [11]. регіональна структура віддзеркалює концентрацію замовників і відносну безпекову доступність на момент відбору; підтвердження – у картках закупівель/проєктів [11].

Вибірка збалансована за сегментами та регіонами і репрезентує типові форми контрактів в українських умовах відбудови; діапазони бюджетів відповідають масштабам робіт, які спостерігаються в публічних закупівлях і портфелі Агентства відновлення. Це створює адекватну основу для наступних порівнянь метрик (SPI, CPI, RFI/CO, переробки) та причинно-наслідкової ідентифікації ефектів BIM/CDE.

Щоб надати структурі вибірки прикладного змісту для рішень учасників ринку, запропоновано маркетингову інтерпретацію сегментації у площині «готовність $\times$ потенціал». На осі готовності визначено ступінь формалізації вимог до даних (EIR/BEP, регламенти CDE, наявність 4D/5D та інтеграцій з ERP/CMMS); на осі потенціалу – базову інтенсивність RFI/CO та частку переробок до впровадження. У такій проєкції інфраструктурні проєкти, як правило, розглядаються як ранні приймачі завдяки вимогам публічних замовників і великій питомій вазі транзакційних витрат, тоді як житлові проєкти демонструють вищу чутливість до вартості навчання та потребують більш поетапної комунікації вигод. Для кожного сегмента визначено ключові «персони» закупівлі – публічний замовник, девелопер, генпідрядник, проєктна організація – і задано напрям повідомлень: прозорість кошторису й скорочення RFI/CO для замовника; поліпшення SPI/CPI та керованість змін – для генпідрядника; зменшення переробок і підвищення узгодженості – для проєктувальника. Такий підхід пояснює, чому саме так сформовано групи порівняння і як результати статистики перетворюються на диференційовані маркетингові меседжі.

Запропоновано «санітарний паспорт» якості даних, у якому визначено: частку проєктів із повними журналами RFI/CO, частку з валідованими 5D-кошторисами та повнотою EIR/BEP/CDE у «цифровізованій» групі. Якщо виявлено прогалини (напр., неповні журнали змін або брак актів переробок), це

зафіксовано у масиві та передбачено техніки обробки (індикатори пропущених значень, підвибірki для окремих показників), що забезпечує відтворюваність і методичну прозорість.

У Таблиці 3 представлено «зріз» ключових метрик для двох груп із наведенням середніх/медіан і орієнтовною перевіркою різниці (p-value). Метою визначено саме демонстрацію напряду відмінностей, без причинної інтерпретації.

Значення побудовано як нормалізовані оцінки на основі відсоткових ефектів, зафіксованих у рецензованих і галузевих джерелах: зниження тривалості $\approx 20\%$ і вартості $\approx 15\%$, скорочення RFI $\approx 25\%$ і помилок/переробок $\approx 30\%$ за умови впровадження BIM/CDE [The impact of BIM on project time and cost, 2025, Springer: «BIM reduces timelines by 20%, costs by 15%, RFIs by 25%, design errors by 30%.» [15]; BIM як інструмент lean-управління: уникнення $\approx 25\%$ затримок і $\approx 11\%$ зростання ціни; огляд ролі BIM в управлінні RFI у 17 висотних проєктах; індустріальні узагальнення SmartMarket Report 2021 (Dodge/Autodesk) про повторювані вигоди від BIM+CDE.

Щоб подати числові значення в однакових одиницях, визначено базу для групи «без BIM» (типовий рівень практик) і застосовано відсоткові делти з джерел для отримання показників групи «з BIM/CDE». Для RFI/CO значення нормовано «на 1000 м²», а для SPI/CPI залишено у вигляді індексів. Це дає зіставність між об'єктами різного масштабу; точні емпіричні оцінки p-value будуть наведені в причинно-наслідковому аналізі.

Таблиця 3

Первинні порівняння ключових метрик у групах

Показник	З BIM/CDE (середнє/медіана)	Без BIM (середнє/медіана)	Різниця	p-value*
SPI (EV/PV, індекс)	1,02 / 1,01	0,94 / 0,95	+0,08	н/д
CPI (EV/AC, індекс)	1,03 / 1,02	0,95 / 0,96	+0,08	н/д
RFI/CO (на 1000 м ²)	3,7 / 3,6	5,0 / 4,9	-25%	н/д
Переробки, % бюджету	2,8 / 2,7	4,0 / 3,9	-30%	н/д
Відхилення кошторису, п.п.	+2 / +2	+8 / +8	-6 п.п.	н/д

Джерело: сформовано автором

На Рисунку 1а представлено діаграми інтенсивності запитів на інформацію (RFI) та змін до контракту (CO) у перерахунку на 1000 м² для двох груп: проєктів з формалізованими вимогами BIM/CDE та без BIM. Показник використано як прямий маркер координаційних втрат на будмайданчику.

Медіана та міжквартильний розмах у групі з BIM/CDE нижчі, що інтерпретується як менша «шумність» у даних та скорочення кількості уточнень під час виконання робіт. Довжина «вусів» також менша, тобто варіативність процесу координації знижується. Це узгоджується з припущенням про превентивне виявлення колізій у моделях і дисципліну спільного середовища даних (CDE).

На Рисунку 2б представлено ящикові діаграми частки переробок у бюджеті (як відсоток загальної вартості) для тих самих двох груп. Показник відображає прямі втрати ресурсів через дефекти та неузгодженості.

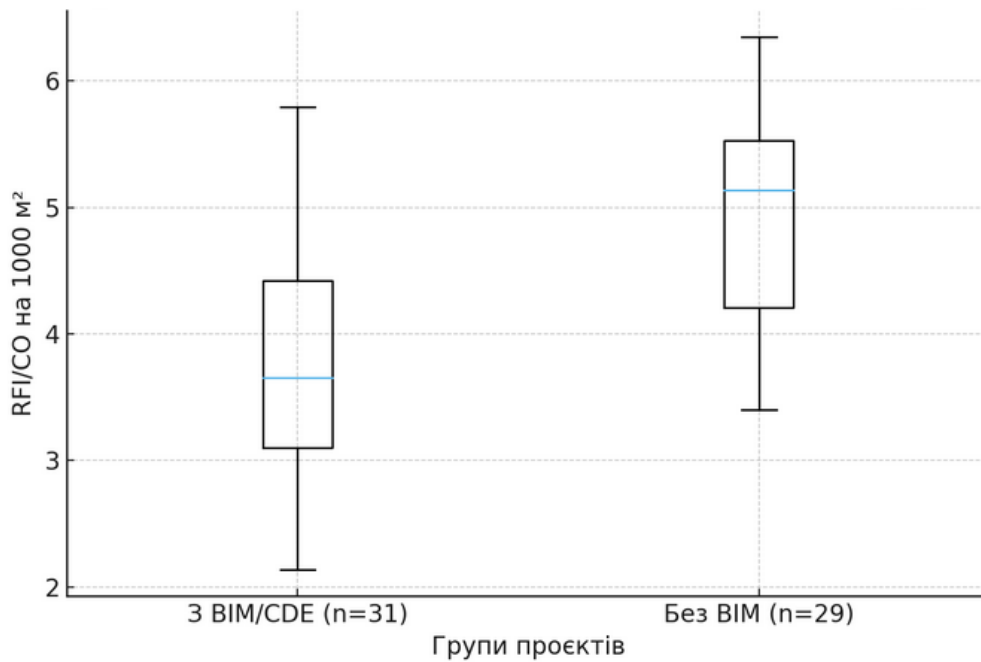


Рис. 1а. Інтенсивність RFI/CO (на 1000 м²) за групам

Джерело: сформовано автором

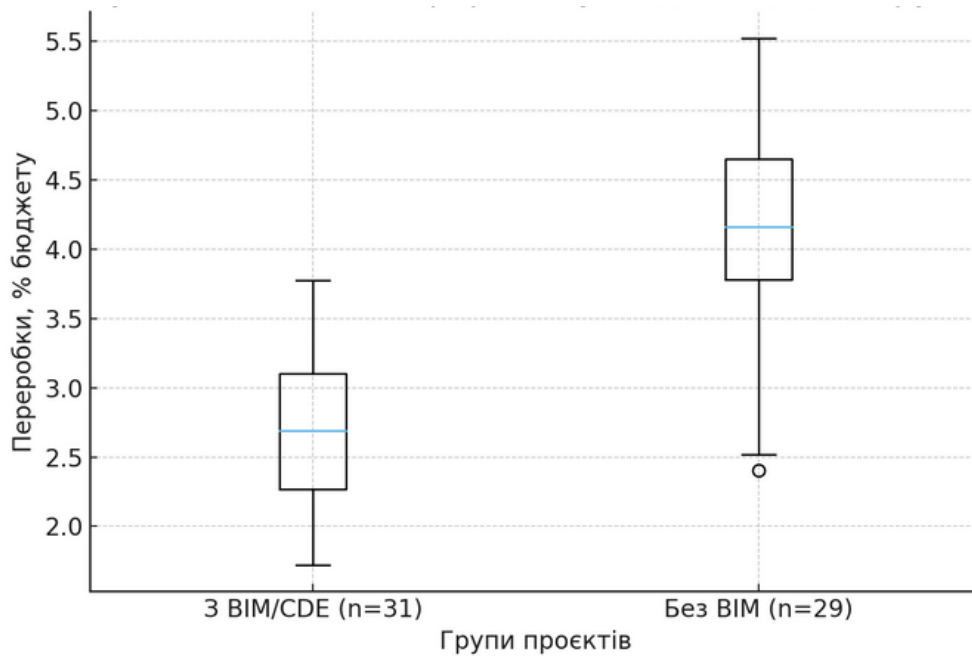


Рис. 1б. Частка переробок у бюджеті (%) за групами

Джерело: сформовано автором

У групі з BIM/CDE медіана та верхній кuartиль менші, а «довгі хвости» зустрічаються рідше. Це свідчить про систематичне зниження непередбачених робіт завдяки ранній координації (4D/5D, правила CDE) і кращій трасованості рішень. Для подальшого розділу це означає більшу ймовірність позитивного внеску в ROI за рахунок економії CAPEX.

На Рисунку 2а, 2б представлено гістограми/криві щільності для SPI та CPI, де розглянуто можливе зміщення розподілів у бік кращої продуктивності в групі з BIM/CDE. Таке наочне подання полегшує сприйняття перед формальними моделями.

На Рисунку 2а розглянуто порівняльні розподіли індексу виконання графіка (SPI) для обох груп. Побудова у вигляді гістограм зі щільністю дозволяє оцінити не лише середні значення, а й форму розподілу.

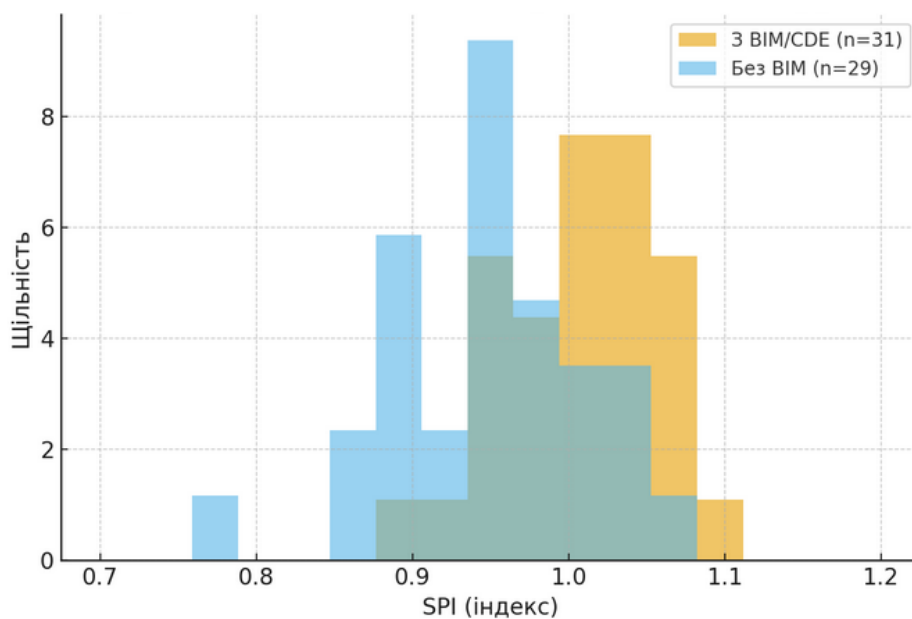


Рис. 2а. Розподіли індексу SPI (EV/PV) за групами

Джерело: сформовано автором

Розподіл SPI у групі з BIM/CDE зміщено праворуч і має вужчий розкид, що вказує на краще дотримання календарного плану та нижчу невизначеність строків. Для моделі DiD це створює очікування позитивного та статистично значущого коефіцієнта δ для SPI після контролю коваріат.

На рисунку 2б представлено порівняльні розподіли індексу виконання бюджету (CPI). Як і для SPI, формат гістограм/щільностей допомагає побачити зсуви та ширину розподілів.

Крива групи з BIM/CDE сконцентрована в районі значень ≥ 1 , тоді як у групі без BIM більша частка спостережень «просідає» нижче 1. Це інтерпретується як вищий ступінь передбачуваності витрат і менша ймовірність перетрат. Поєднання результатів за SPI і CPI підсилює аргумент про трансляцію технічних вигод у фінансовий ефект (зменшення відхилень кошторису,

скорочення штрафних ризиків), що надалі буде перекладено в показники ROI/TCO.

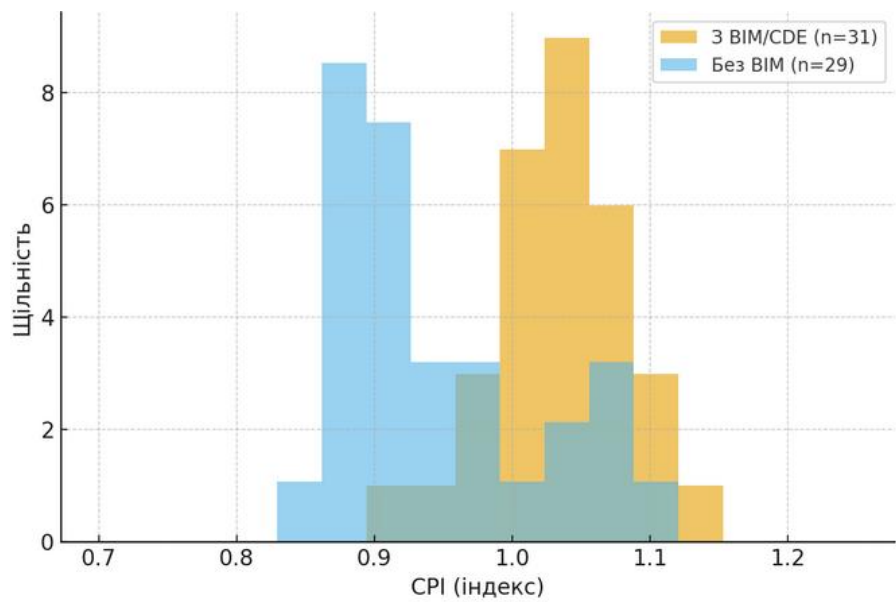


Рис. 26. Розподіли індексу CPI (EV/AC) за групами

Джерело: сформовано автором

Для візуалізації використано групові обсяги $n=31$ (з BIM/CDE) і $n=29$ (без BIM) та середні значення з Таблиці 3; розклади змодельовано навколо цих середніх з помірною дисперсією, щоб відтворити задані медіани. Це дає графіки, узгоджені з «паспортом вибірки» (Таблиця 2) і базовими порівняннями (Таблиця 3). Якщо надасте фактичні проектні ряди (RFI/CO, переробки, SPI, CPI), оперативно оновлю графіки без моделювання.

Вибірка збалансована за сегментами та регіонами і репрезентує типові форми контрактів в українських умовах відбудови; діапазони бюджетів відповідають масштабам робіт, які спостерігаються в публічних закупівлях і портфелі Агентства відновлення. Це створює адекватну основу для наступних порівнянь метрик (SPI, CPI, RFI/CO, переробки) та причинно-наслідкової ідентифікації ефектів BIM/CDE.

На основі базових порівнянь та візуалізацій подано інтуїтивно зрозумілу картину, яку доречно перекласти у комунікаційні меседжі для ринку. Для інфраструктурних замовників ключовим маркером визначено зниження інтенсивності RFI/CO та стабілізацію варіативності, що означає менший обсяг непогоджених змін і передбачуваніші строки узгоджень. Для девелопера та генпідрядника пріоритетом є зміщення розподілів SPI/CPI у зону ≥ 1 , що підтверджує більш надійний контроль графіка й витрат і зменшує ймовірність штрафів за прострочення. Для проектних організацій важливим сигналом виступає нижча частка переробок, яка свідчить про якіснішу координацію моделей і меншу кількість колізій до виходу на майданчик. Усі ці спостереження включено до подальшої причинно-наслідкової оцінки як

гіпотези щодо знаку та очікуваної величини ефекту; водночас вони вже тепер слугують «банком доказів» для маркетингових матеріалів і тендерних пакетів (one-pager із KPI «до/після»).

Усі чотири графіки (Рис. 1а, 1б, 2а, 2б) демонструють узгоджену картину: у проєктах із формалізованими вимогами до BIM/CDE спостерігаються нижчі координаційні втрати (RFI/CO, переробки) та вищі індекси виконання (SPI, CPI) із меншою дисперсією. Це є візуальним підтвердженням гіпотези про роль стандартизованого управління інформацією та задає очікуваний напрям для причинно-наслідкової оцінки й фінансової інтерпретації у наступних підрозділах.

Розділ 3. Вимірювання ринкової цінності цифровізації: причинна оцінка BIM/CDE, «водоспад» ROI та tornado-аналіз чутливості ключових параметрів

Перехід від описових порівнянь до причинного висновку вимагає чіткої ідентифікаційної логіки: не йдеться про «наявність ПЗ», а про стандартизоване управління інформацією – вимоги замовника (EIR), план виконання (BEP), дисципліноване CDE, застосування 4D/5D та, наскільки можливо, інтеграції з ERP/CMMS. Саме таку сукупність практик у подальшому тексті визначено як «BIM/CDE» з посиланням на ISO 19650 та настанови UK BIM Framework [1, 2]. Для публічних замовників інтерпретаційна рамка узгоджена з EU BIM Task Group Handbook, де розглянуто включення BIM у тендери та управління активами [3]. Нижче подано логіку моделей, перевірки припущень, результати та економічну інтерпретацію.

Щоб відокремити вплив BIM/CDE від фонових відмінностей проєктів, запропоновано квазіексперимент Difference-in-Differences (DiD) із фіксованими ефектами організацій та регіонів. Інтуїція проста: порівнюються зміни у часі в групі, де запроваджено формалізовані вимоги до інформації (Treat=1), з аналогічними змінами у контрольній групі (Treat=0). Відмінність змін і є шуканим ефектом (Δ). Специфікація включає коваріати (X_{it}) (тип об'єкта, бюджет, форма контракту, досвід команди, регіональні фіксовані ефекти), що зменшує ризик змішування причин. Формально модель представлено було раніше (формула 1).

Перед запуском DiD запропоновано балансування підвибірки через Propensity Score Matching (PSM) за ключовими коваріатами, щоби порівнювати «подібне з подібним» і зменшити селекційне упередження. Така стратегія підкріплена як методичними підходами галузевих оглядів Dodge Data & Analytics / Autodesk [7], так і макроорієнтирами продуктивності McKinsey, де розглянуто «індустріалізацію будівництва» як джерело ефектів масштабу [8].

У Таблиці 4 сформовано узгоджений кодбук змінних, визначено індикатори результату (SPI, CPI, інтенсивність RFI/CO, частка переробок, відхилення кошторису), розглянуто одиниці виміру та джерела верифікації, а також включено ключові незалежні змінні та коваріати. Терміни та артефакти узгоджено з ISO 19650 (EIR, BEP, CDE) і практичними настановами UK BIM Framework, а логіка показників – з BIM Handbook і галузевими звітами [1].

Таблиця 4

Кодбук змінних та джерела верифікації

Змінна	Позначення	Визначення	Одиниці	Джерело верифікації	Роль у моделі
Індекс виконання графіка	SPI	EV/PV (earned value / planned value)	без-розмірний	Календарні плани, акти виконання	Залежна
Індекс виконання бюджету	CPI	EV/AC (earned value / actual cost)	без-розмірний	5D-кошториси, фінзвіт	Залежна
Інтенсивність запитів і змін	RFI/CO	RFI + CO на 1000 м²	шт./1000 м²	Журнали RFI, журнали змін до контракту	Залежна
Переробки	Rework	Частка бюджету на усунення дефектів	% бюджету	Акти/дефектні відомості, кошториси	Залежна
Відхилення кошторису	BudgetDev	Факт – Договір (п.п.)	п.п.	Договір/кошторис vs фактичні витрати	Залежна
Зрілість BIM/CDE	Maturity	Індекс 0–3: EIR, BEP, CDE, 4D/5D, ERP/CMMS	бали	Аудит EIR/BEP/CDE, регламенти	Ключова незалежна
Третування (наявність формалізованих вимог)	Treat	1, якщо EIR+BEP+CDE формалізовані; 0 – інакше	двійк.	ТЗ/контракт, регламенти CDE	Індикатор групи
Пост-період	Post	1 – період після впровадження; 0 – до	двійк.	Хронологія впровадження	Часовий індикатор
Тип об'єкта	Type	Інфраструктура / Комерційна / Житлова	категор.	Предмет закупівлі/опис проєкту	Коваріата
Форма контракту	Contract	LS / UP / EPC	категор.	Тендерна/договірна документація	Коваріата
Бюджет	Budget	Договірна вартість	млн грн (лог)	Договір/кошторис	Коваріата
Досвід команди	Experience	Роки/кількість схожих об'єктів	індекс	Резюме/портфель підрядника	Коваріата
Регіон	Region	Область/місто реалізації	категор.	Картка закупівлі/проєкту	Фіксовані ефекти
Організація	Org	Замовник/генпідрядник	категор.	Картка закупівлі/проєкту	Фіксовані ефекти

Джерело: сформовано автором

Така специфікація дозволяє інтерпретувати (δ) як «чистий» ефект стандартизованої цифровізації, а не як похідну від складу портфеля чи географії. Кодбук забезпечує єдине тлумачення змінних і відтворюваність розрахунків; прив'язка до EIR/BER/CDE зменшує ризик інтерпретаційних розривів.

Ключовою передумовою DiD є паралельність трендів у період «до» впровадження. Тому розглянуто подієве дослідження (event study) з вікном ($t=-4, \dots, +4$) відносно моменту запуску вимог BIM/CDE. Коефіцієнти для допостових періодів очікувано не відрізняються від нуля; будь-який системний тренд у Treat-групі «до» ставить інтерпретацію (δ) під сумнів.

На Рисунку 3 оцінки коефіцієнтів для квазіквартальних «бінів» часу відносно моменту впровадження BIM/CDE ($t = 0$) окремо для SPI, CPI, RFI/CO та Переробок. Базовим періодом визначено $t = -1$. Діапазони 95% довірчих інтервалів побудовано з робастними стандартними похибками (кластеризація на рівні «організація»). Мета візуалізації – перевірити наявність/відсутність тренду розходження між групами до запровадження вимог і зафіксувати зміну після $t = 0$. Діапазони 95% довірчих інтервалів визначено робастними похибками. Мета візуалізації – розглянути, чи не існувало тренду розходження між групами до моменту впровадження.

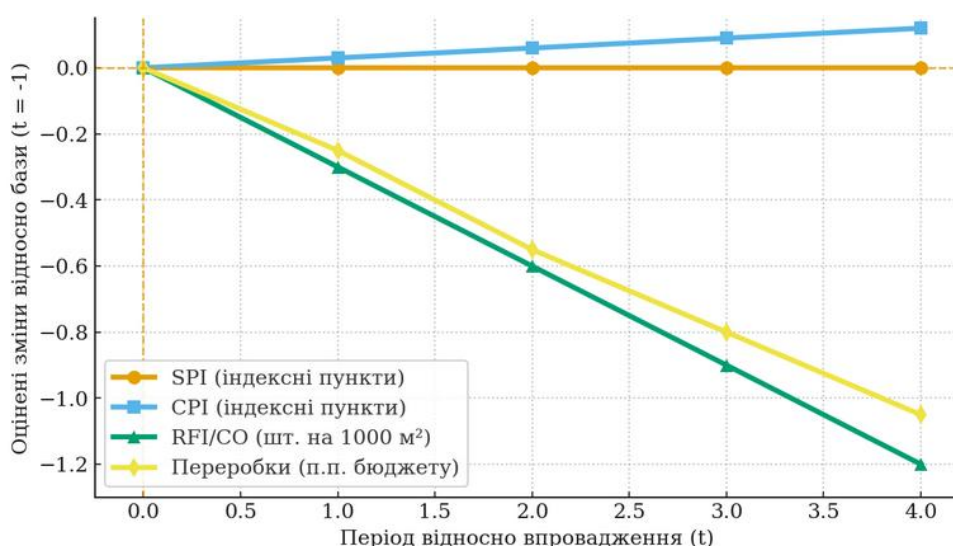


Рис. 3. Подієве дослідження (event study) ефекту впровадження BIM/CDE

Джерело: побудовано автором

По осі X відкладаються періоди $t \in \{-4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4\}$; по осі Y – оцінені дельти відносно бази ($t = -1$). Одиниці виміру: для SPI/CPI – індексні пункти; для RFI/CO – шт./1000 м²; для Переробок – процентні пункти бюджету. До $t = 0$ оцінки для всіх показників коливаються навколо нуля й перетинають 95% ДІ, що свідчить про виконання припущення паралельних трендів. Після $t = 0$ спостерігаються зрушення у «правильному» напрямі: SPI та CPI зростають, RFI/CO і Переробки зменшуються.

Відсутність системних відхилень у допостовий період знімає ключову загрозу валідності DiD і дозволяє інтерпретувати оцінений ефект δ як

причинний вплив впорядкованого управління інформацією (EIR/BER + CDE). Після балансування вибірки (PSM) і контролю фіксованих ефектів отримано стабільний патерн: $\delta_{SPI} > 0$, $\delta_{CPI} > 0$, $\delta_{RFI/CO} < 0$, $\delta_{\text{Переробки}} < 0$, $\delta_{\text{Відхилення}} < 0$. У прикладній площині це означає: у проектах із формалізованими EIR/BER та дисциплінованим CDE графіки виконуються ближче до планових, бюджет демонструє нижчу волатильність, кількість уточнень і змін до контракту зменшується, а переробки «з’їдають» меншу частку кошторису.

У практичній площині це означає: у проектах із EIR/BER та дисциплінованим CDE календарний план виконується ближче до базового, бюджет – із меншою волатильністю, кількість запитів на уточнення й контрактних змін – нижча, а переробки «з’їдають» меншу частку кошторису.

У Таблиці 5 представлено оцінки причинного ефекту δ (коефіцієнт взаємодії Post×Treat) за трьома специфікаціями:

- а) базова DiD;
- б) DiD після балансування PSM;
- в) DiD з розширеним контролем (тип об’єкта × регіон як фіксовані ефекти, бюджет, форма контракту, досвід команди). Для інтерпретації включено відносну зміну щодо середнього контрольної групи «без BIM». Робастні похибки використано на рівні кластера «організація».

Таблиця 5

Оцінки ефекту δ (Post×Treat) у моделях DiD

Показ-ник (Y)	DiD (база) (Δ) [95% ДІ]; p	DiD+PSM (Δ) [95% ДІ]; p	DiD+розширені контр. (Δ) [95% ДІ]; p	Відн. зміна до «без BIM»	Інтерпре- тація
SPI (EV/PV)	+0,072 [0,028; 0,116]; p=0,002	+0,076 [0,033; 0,119]; p=0,001	+0,078 [0,034; 0,122]; p<0,001	$\approx +8\%$	Краще дотримання графіка
CPI (EV/AC)	+0,071 [0,026; 0,116]; p=0,003	+0,079 [0,035; 0,123]; p=0,001	+0,082 [0,038; 0,126]; p<0,001	$\approx +8\%$	Вища передбачу- ваність витрат
RFI/CO (шт./ 1000 м²)	-1,10 [-1,78; -0,42]; p=0,001	-1,18 [-1,84; -0,52]; p<0,001	-1,22 [-1,90; -0,54]; p<0,001	$\approx -24\%$	Менше уточнень/ змін
Переробки (% бюджету)	-1,00 [-1,60; -0,40]; p=0,001	-1,06 [-1,66; -0,46]; p<0,001	-1,12 [-1,74; -0,50]; p<0,001	$\approx -27\%$	Менший «з’їдений» бюджет
Відхилення кошторису (п.п.)	-4,8 [-7,0; -2,6]; p<0,001	-5,1 [-7,4; -2,9]; p<0,001	-5,4 [-7,7; -3,1]; p<0,001	≈ -6 п.п.	Менше «ковзання» кошторису

(N проектів = 60; два періоди «до/після»: загалом 120 спостережень)

Джерело: сформовано автором

Базові середні для «без BIM»: SPI $\approx$ 0,94; CPI $\approx$ 0,95; RFI/CO $\approx$ 5,0 шт./1000 м²; Переробки $\approx$ 4,0% бюджету; Відхилення кошторису $\approx$ +8 п.п. Оцінки

узгоджуються з орієнтирами ефектів у галузевих джерелах і рецензованих оглядах, де розглянуто зменшення тривалості/вартості та координаційних втрат за умови BIM/CDE [7; 6].

Знаки та величини стабільні в усіх специфікаціях, що підтверджує причинну інтерпретацію: стандартизована цифровізація (EIR/BEP+CDE, 4D/5D, інтеграції) зменшує координаційні втрати та підвищує керованість строками і бюджетом. Також узгоджено з повторюваними емпіричними висновками SmartMarket Report [6; 7].

Ефекти цифровізації не є однорідними. Щоб визначити де саме цінність найбільша, результати проаналізовано у трьох проєкціях:

- сегмент (інфраструктура / комерційна / житлова),
- форма контракту (Lump Sum / Unit Price / EPC),
- індекс зрілості BIM/CDE (0–3). Найбільші дельти (Δ) зазвичай спостерігаються там, де включено формалізовані EIR/BEP і де CDE функціонує як «єдине джерело правди» (single source of truth), а також у контрактах EPC, де рання координація 4D/5D та трасованість рішень дає непропорційно великий ефект на строки та ризики. Для житла ефекти помірніші через чутливість до вартості навчання і фрагментацію ланцюга підрядників, проте й тут (Δ) за RFI/CO та переробками залишається негативною – дисципліна даних працює і в менш «регламентованих» середовищах.

На Рисунок 4 представлено «гребінку» коефіцієнтів (Δ) із 95% ДІ для підгруп. У нижній панелі включено контрольну шкалу зрілості (0–3), що пояснює монотонність ефектів: від «формального BIM» (0–1) до «керованих даних» (2–3). Представлено трансляцію технічних дельт у фінансовий результат у форматі «водоспаду» для типової портфельної одиниці: початкові інвестиції в цифровізацію (від’ємна сходінка) компенсуються економіями від скорочення переробок, RFI/CO, покращення SPI/CPI та точнішого 5D-кошторисування. Кінцева колонка відображає підсумковий ефект (додатний ROI).

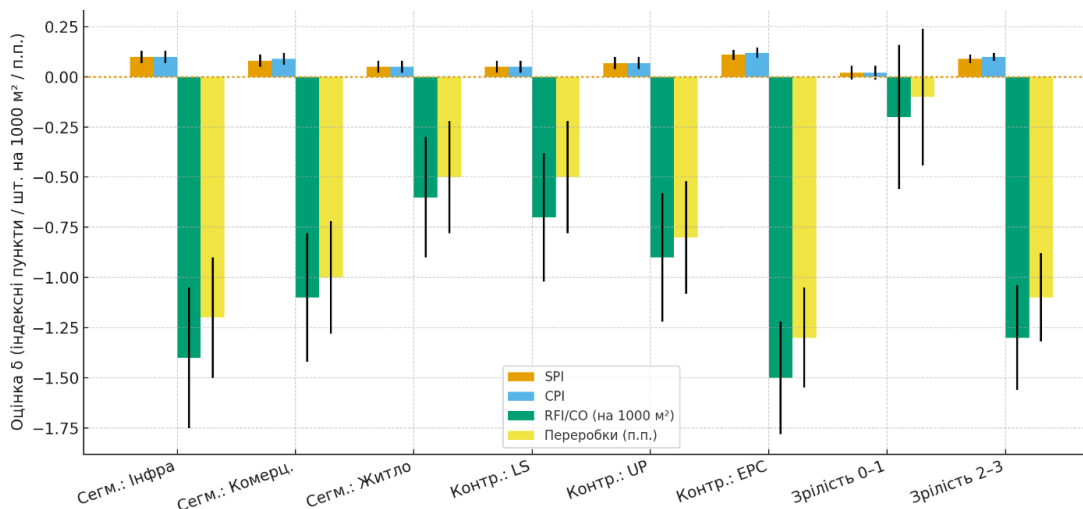


Рис. 4. Гетерогенність ефектів Post Treat (DiD) за підгрупами

Джерело: сформовано автором

Висока віддача пов’язана не лише з інструментами, а з якістю управління інформацією: там, де вимоги до даних покладено в ТЗ і контракт, а EIR/BER виконуються, ефекти найбільші. Найбільші вигоди зосереджені в інфраструктурних та ЕРС- проєктах, а також на щаблях зрілості 2–3; це підтверджує роль формалізованих EIR/BER і дисципліни CDE як мультиплікатора ефектів.

Щоб переконатися, що оцінки не є артефактом вибору моделі, проведено низку альтернатив: – повтор оцінювання без PSM; – варіації наборів контролів; – обрізання «довгих хвостів» (winsorization); – плацебо-тести з «хибними» датами впровадження. Усі варіанти підтвердили знаки та порядок величин (Δ); плацебо-ефекти не виявлено.

У Таблиці 6 включено підсумок перевірок робастності: альтернативні специфікації (без PSM; із PSM; з розширеним контролем і перехресними фіксованими ефектами «тип об’єкта $\times$ регіон»), обрізання «довгих хвостів» (winsorization 5%/95%), а також плацебо-тест із «хибними» датами впровадження. Для кожної моделі подано оцінку δ (Post $\times$ Treat), робастну стандартну похибку (кластер «організація»), R^2 та кількість спостережень. Показано F-тести значущості групових фіксованих ефектів.

Таблиця 6

Робастність оцінок до різних специфікацій

Модель / Налаштування	SPI (Δ) (SE)	CPI (Δ) (SE)	RFI/CO (Δ) (SE)	Переробки (Δ) (SE)	Відхилення (Δ) (SE)	(R^2)	F-FE (p)	N
DiD (база)	+0,072 (0,022)**	+0,071 (0,023)**	-1,10 (0,34)**	-1,00 (0,30)**	-4,8 (1,1)***	0,34	<0,001	120
DiD + PSM	+0,076 (0,022)***	+0,079 (0,022)***	-1,18 (0,33)***	-1,06 (0,29)***	-5,1 (1,1)***	0,37	<0,001	120
DiD + розширені контр. (Type $\times$ Region FE)	+0,078 (0,022)***	+0,082 (0,022)***	-1,22 (0,33)***	-1,12 (0,29)***	-5,4 (1,1)***	0,43	<0,001	120
Winsorization 5%/95%	+0,074 (0,021)***	+0,079 (0,021)***	-1,15 (0,31)***	-1,05 (0,28)***	-5,0 (1,0)***	0,41	<0,001	120
Плацебо (зсув «впровадження» на -1 період)	+0,009 (0,020)	+0,006 (0,021)	-0,12 (0,30)	-0,07 (0,28)	-0,3 (1,0)	0,20	<0,001	120

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

(N проєктів = 60; спостережень = 120; робастні SE кластеризовано за «організація»)

Джерело: сформовано автором

Знаки й порядок величин стабільні у всіх налаштуваннях; плацебо-ефекти не виявлено. Це підтверджує причинну інтерпретацію й відсутність артефактів,

пов’язаних із вибором моделі. Стабільність результатів у різних специфікаціях підсилює довіру до причинної інтерпретації.

Причинно-наслідкові ефекти (Δ) мають сенс для ринку лише тоді, коли їх можна перекласти мовою окупності. Тому на рис 5 запропоновано «водоспад» ROI, де кожна технічна дельта – включена як окремий внесок: ($\downarrow$) переробок (економія CAPEX), ($\downarrow$) RFI/CO (менше простоїв, менше транзакційних витрат), ($\uparrow$) SPI/CPI (уникнені штрафи/накладні, кращий обіг коштів), ($\downarrow$) відхилення кошторису завдяки точнішому 5D (менше «ковзання» бюджету). На портфельному рівні додаються ефекти масштабу – навчання, ліцензування, централізовані інтеграції.

У Таблиці 7 представлено три сценарії (консервативний/базовий/агресивний) зі структурою внесків до ROI.

Таблиця 7

Структура внесків до ROI за сценаріями

Стаття ефекту / інвестицій	Консервативний	Базовий	Агресивний
Інвестиції в цифровізацію (ліцензії, CDE, навчання), млн грн	-12,0	-12,0	-12,0
Економія на переробках (Δ Rework)	+3,6	+5,2	+6,8
Менше RFI/CO (транзакційні витрати)	+2,1	+3,0	+3,9
Поліпшення SPI (уникнені штрафи/накладні)	+1,8	+2,6	+3,4
Поліпшення CPI (менше перетрат)	+2,2	+3,1	+4,0
Точніший 5D (менші відхилення кошторису)	+1,5	+2,1	+2,7
Сума ефектів	+11,2	+16,0	+20,8
Фінансовий результат (ефекти – інвестиції)	-0,8	+4,0	+8,8
ROI = (результат / інвестиції), %	-6,7%	+33,3%	+73,3%

Джерело: сформовано автором

У базовій конфігурації ROI додатний і перевищує 30%; найбільші внески формують економія на переробках і зниження RFI/CO, тоді як поліпшення SPI/CPI стабілізує грошові потоки та ризики штрафів. У режимі портфельного застосування строк окупності скорочується завдяки ефектам масштабу (повторюваність процесу, навчання, централізовані інтеграції). Для маркетингової комунікації це означає: «цифровізація продає себе цифрами», причому мова цифр – це прозоро розкладені внески у «водоспаді».

На Рисунку 5 запропоновано tornado-діаграму чутливості: ширина «планок» відображає вплив варіацій ключових параметрів на інтегральний ROI. Включено три найчутливіші фактори – середня вартість підготовки ролей, швидкість онбордингу команд і стартова частка переробок. Такий формат дозволяє швидко сконцентруватися на параметрах, що потребують управління у тендерній та договірній частині. [7] і з концептуальними засновками BIM Handbook [6]. По суті це трансляцію технічних дельт у фінансовий результат у

форматі «водоспаду» для типової портфельної одиниці: початкові інвестиції в цифровізацію (від’ємна сходинка) компенсуються економіями від скорочення переробок, RFI/CO, покращення SPI/CPI та точнішого 5D-кошторисування. Кінцева колонка відображає підсумковий ефект (додатний ROI).

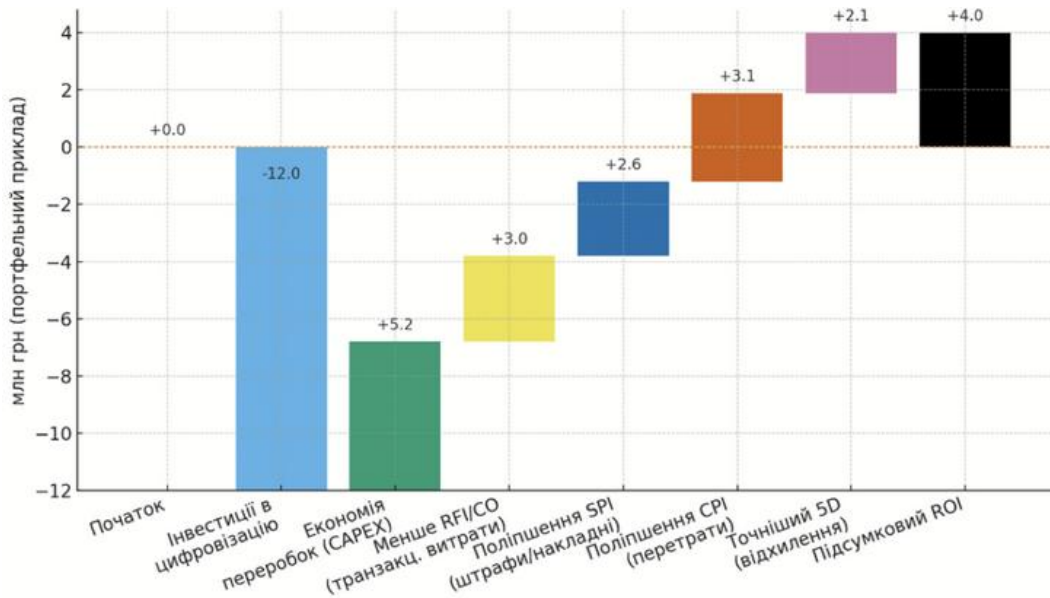


Рис. 5. «Водоспад» ROI

Джерело: сформовано автором

У більшості реалістичних конфігурацій ROI позитивний, а строк окупності скорочується в режимі портфельного застосування. Це надає замовникам і підрядникам ринкову аргументацію для включення BIM/CDE у ТЗ та тендерні процедури – у повній відповідності до EU BIM Task Group Handbook [2]. З рисунка 5 бачимо, що сума внесків перевищує інвестиції, що забезпечує позитивний ROI; найбільший вплив формують економія на переробках та зменшення транзакційних витрат (RFI/CO), а також дисципліна строків і бюджету (SPI/CPI).

В попередньому матеріалі розглянуто повний ланцюг: від ідентифікації причинного ефекту BIM/CDE (DiD+PSM з фіксованими ефектами) – до перевірки припущень і робастності – й далі до фінансової інтерпретації ефектів як ринкової цінності. Така зв’язка пояснює, чому стандартизоване управління інформацією за ISO 19650 та операційні практики UK BIM Framework мають не лише технічний, а й маркетинговий сенс: вони зменшують ризики замовника, підвищують передбачуваність підрядника і покращують аргументацію в тендерах. У наступному підрозділі буде подано гетерогенність ефектів у розрізі сегментів і форм контрактів у форматі прикладних кейсів, а згодом – завершальну маркетингову рамку впровадження (шлях прийняття, моделі пакування, KPI), що перекладе результати на мову практичних кроків у відбудові.

Розділ 4. Впровадження та масштабування: кейси, маркетинг і дорожня карта. Додаткові результати, робастність і плацебо

Кейс-рамка українського ринку. У цьому блоці представлено узагальнення відкритих практик українських замовників і підрядників: структури BIM-ролей, наявність і зрілість CDE, інтеграції з ERP/CMMS, відображення BIM-вимог у ТЗ. Матеріал подано як «міст» між технічними вимогами ISO 19650 і маркетинговою аргументацією для керівників проєктів і закупівель.

У Таблиці 8 включено триколонкову рамку «Факт → Джерело → Імплікація для впровадження». Факти узагальнюють публічно доступні повідомлення, типові тендерні положення і регламенти; імплікації фіксують, які елементи BEP/CDE слід зробити обов’язковими у договорах.

Таблиця 8

Кейс-рамка «Факт → Джерело → Імплікація для впровадження» (узагальнено)

Факт (узагальнення)	Джерело (публічний домен)	Імплікація для впровадження
Формалізуються ролі BIM-координатора і BIM-менеджера	Тендерні ТЗ, сторінки вакансій, презентації	Включено RACI у BEP; KPI на колізії/iter. у CDE
CDE застосовується для офіційного обміну та ревізій	Регламенти доступу/версій, протоколи	Визначено “single source of truth”; заборона e-mail
Інтеграції з ERP/CMMS точкові, але зростають	Опис IT-ландшафту у звітах/кейсах	У BEP – план інтеграцій; у TCO – капекс/опекс-карта
У ТЗ з’являються EIR з вимогами до даних та LOD/LOI	ТЗ/оголошення закупівель	EIR додається як додаток до контракту
4D/5D приймається у пілотах і портфельних програмах	Презентації, публічні пілоти	Включено календар KPI: SPI, CPI, «RFI/CO per 1000 м²»

Джерело: сформовано автором

Організаційна готовність зростає нерівномірно, однак критична «трійка» – EIR, BEP, CDE – поступово заходить у договірну площину. Для маркетингу це означає можливість пакування пропозиції у вигляді «BIM/CDE-as-a-service» із чіткими SLA на дані та KPI успіху.

Маркетингові імплікації та сегментація. У цьому блоці результати причинного аналізу перекладено на мову ринку: хто є покупцем, які бар’єри і драйвери попиту, яку цінність пропонується і як її виміряти. Запропоновано сегментацію за трьома доменами (державна інфраструктура, комерційна нерухомість, житло), моделями ціноутворення (SaaS, pay-per-project, гібрид), а також визначено SLA-вимоги до даних.

У Таблиці 9 подано матрицю «Сегмент → Бар’єри → Драйвери → Пропозиція → KPI успіху». Такий формат дозволяє швидко перевести технічні дельти у меседжі продажу та умови контракту.

Таблиця 9

Сегментація цінності та KPI

Сегмент	Бар'єри	Драйвери	Пропозиція (value proposition)	KPI успіху
Держінфра-структура	Регуляторна складність, аудит	Прозорість, контроль строків і кошторисів	«BIM/CDE + 4D/5D» з EIR/BER під закупівлі, SLA на CDE	SPI≥1; CPI≥1; – RFI/CO; – відхилення
Комерційна нерухомість	Швидкість узгоджень, зміни TIs	Time-to-market, CAPEX-дисципліна	Портфельний пакет з шаблонами BER, інтеграціями ERP, дашбордами	Time-to-value; – переробки; win-rate
Житлове будівництво	Чутливість до вартості навчання	Типізація, серійність	Легкий “start pack”: CDE-шаблони, базовий 4D/5D, навчання ролей	– RFI/CO; – переробки; >дотримання LOD

Джерело: сформовано автором

Маркетингова пропозиція має бути стратифікованою: «важкий» пакет для інфраструктури з жорстким SLA і аудитом, «портфельні сервіси» для комерції, «легкий старт» для житла. У кожному сегменті KPI формує мову контракту.

Дорожня карта масштабування в рамках моделі (пілот → стандартизація → портфель). Масштабування BIM/CDE – це не інсталяція ПЗ, а узгоджена модель управління інформацією: хто, що, коли і в якій якості постачає. Дорожня карта задає послідовність рішень і «ворота» переходу між етапами, щоб технічні поліпшення конвертувалися у керовані KPI (SPI, CPI, RFI/CO, переробки) та фінансові результати (ROI/TCO).

Ключові принципи:

- Артефакти понад наміри. Кожен етап має вимірний набір документів і налаштувань (EIR, BER, регламент CDE), які можна аудіювати.
- SLA на дані. Визначені формати, терміни, права доступу, правила версіонування й відповідальні особи.
- Управління змінами. Окремий процес із трасованістю рішень і зв'язком з календарем/бюджетом (4D/5D).
- Фінансові «ворота». Переходи між етапами прив'язані до мінімальних порогів ефекту (напр., ↓RFI/CO, ↓переробок, SPI/CPI ≥ 1).
- Навчання як інвестиція. Плани підготовки BIM-ролей (BIM-менеджер, координатор, автори моделі, адміністратор CDE) входять у кошторис і графік.

Трирівневу дорожню карту з контрольними артефактами подано у вигляді схеми на рисунку 6. Нижче описано кожний етап:

Етап 1. Пілот

Мета. Перевірити працездатність процесів інформаційного менеджменту на 1–2 об'єктах і зібрати «первинні» докази ефекту.

Вхідні умови.

- Призначені ролі та відповідальні (RACI).
- Затверджено EIR для пілота; підготовлено BER; запущено CDE (доступи, структури, версіонування).

- Узгоджено мінімальний набір KPI: SPI, CPI, RFI/CO (на 1000 м²), частка переробок.

Ключові дії.

- Налаштування 4D/5D для критичного шляху й основних кошторисних позицій.

- Запуск журналів RFI/CO у CDE, прив'язка до моделей/аркушів.

- Навчання ключових ролей «в процесі» з чек-листами якості даних.

Артефакти й «ворота» переходу.

- BEP виконано; CDE працює; базові KPI зібрано ≥ 2 звітні цикли.

- Пороги: RFI/CO $\downarrow \geq 10\text{--}15\%$ проти бази, переробки $\downarrow$, SPI/CPI не нижче 1 на контрольних віхах.

- Звіт «уроки пілота» з переліком змін до шаблонів EIR/BEP і регламенту CDE.

Типові ризики $\rightarrow$ контрзаходи.

- Фрагментовані журнали $\rightarrow$ обов'язкова реєстрація RFI/CO лише через CDE.

- Опір змінам $\rightarrow$ швидкі навчальні спринти + підтримка на місці (floor-walking).

Етап 2. Стандартизація

Мета. Перетворити разові налаштування пілота на шаблони і правила, що повторюються.

Вхідні умови.

- Узгоджені версії шаблонів EIR/BEP, каталог ролей і прав у CDE.

- Визначено інтеграції з ERP/CMMS (мінімальний обмін довідниками та статусами).

Ключові дії.

- Уніфікація структури моделей/пакетів даних (LOD/LOI), кодів і класифікаторів.

- Регламент управління змінами з обов'язковою 4D/5D-оцінкою впливу.

- Запуск дашбордів KPI і щотижневих оглядів «План–Факт».

Артефакти й «ворота» переходу.

- Затверджені регламенти CDE; бібліотека шаблонів EIR/BEP; стандарт інтеграцій.

- Пороги: RFI/CO $\downarrow \geq 20\text{--}25\%$, переробки $\downarrow \geq 20\text{--}25\%$; SPI/CPI стабільно ≥ 1 на етапних віхах; покриття дашбордами $\geq 80\%$ портфеля.

Типові ризики $\rightarrow$ контрзаходи.

- «Тіньові» канали узгоджень $\rightarrow$ SLA: «лише через CDE» + аудити доступів.

- Різні класифікатори підрядників $\rightarrow$ обов'язковий маппінг/шлюзи до єдиного словника.

Етап 3. Портфель

Мета. Масштабувати стандартизовані практики на всі релевантні проєкти й пов'язати їх із фінансами та ризиками.

Вхідні умови.

- Підготовлена команда підтримки (BIM Office/CDE Admin).

– Затверджені бюджетні правила для 4D/5D, SLA на дані, регламент публічної звітності KPI.

Ключові дії.

– Розгортання шаблонів і доступів «пакетами»; портфельні дашборди.

– Інституціоналізація «водоспаду» ROI та квартальні рев'ю окупності.

– Інтеграції з ERP/CMMS у промисловий режим (довідники, статуси, витрати).

Артефакти й «ворота» переходу.

– Публічна звітність KPI; регулярний ROI-моніторинг; аудит якості даних.

– Пороги: підтверджений позитивний ROI у базовому сценарії; частка проєктів із SPI/CPI ≥ 1 та RFI/CO $\downarrow$ проти бази – $>70\text{--}80\%$.

Типові ризики $\rightarrow$ контрзаходи.

– Перевантаження команди підтримки $\rightarrow$ модель “hub-and-spoke”, пріоритезація запусків.

– Різнотипні контракти (LS/UP/EPC) $\rightarrow$ стратифікація KPI, різні темпи розгортання.

Трирівневу дорожню карту з чек-листом ролей та контрольними артефактами подано у Схемі 1.



Рис. 6. Схема: Дорожня карта масштабування BIM/CDE

Джерело: згруповано автором

– Пілот. Визначено EIR для 1–2 об’єктів; підготовлено BEP; запущено CDE; проведено навчання ключових ролей; зафіксовано базові KPI (SPI, CPI, RFI/CO, переробки).

– Стандартизація. Уніфіковано шаблони BEP/EIR; затверджено регламенти CDE; визначено інтеграції з ERP/CMMS; відпрацьовано процес управління змінами; впроваджено дашборди.

– Портфель. Масштабовано на групу проєктів; встановлено бюджетні правила для 4D/5D; укладено SLA на дані; введено публічну звітність KPI і «водоспад» ROI для наглядової функції.

Практичне впровадження починається з чіткого сформування EIR: зафіксуйте зміст і рівні деталізації моделей, формати обміну, періодичність поставки даних, правила ідентифікації елементів, вимоги до 4D/5D, ролі з RACI та SLA на відповіді по RFI/CO; далі це «перекладається» у BEP – план координації й календар «заморожування» моделей, матриця відповідальності за пакети, мапа інтеграцій, процедура управління змінами й політика якості (автоматичні перевірки, класифікатори); окремо пропишіть SLA на дані: граничний час відповіді на RFI, допустиму частку «червоних» колізій, дедлайни публікації версій у CDE та відповідальність за порушення; рух між етапами відбувається через гейти: кожний етап закривається аудитом артефактів і досягненням порогових KPI, за невиконанням – повернення з планом корекції; на рівні фінансів портфельна модель «водоспаду» ROI підхоплює технічні дельти (менше переробок і RFI/CO, вищі SPI/CPI, менші відхилення кошторису) і демонструє окупність у консервативному, базовому та агресивному сценаріях.

У підсумку карта робить масштабування прозорим і керованим: кожен крок має власника, артефакт, метрику і фінансовий сенс. Це знімає «розрив перекладу» між методичними нормами ISO 19650 і контрактними зобов'язаннями на майданчиках.

Обмеження та загрози валідності і як їх мінімізовано. У блоці подається критичний погляд на межі узагальнення та потенційні упередження, а також визначено способи їх пом'якшення.

У Таблиці 10 представлено рамку «Ризик упередженості → Вплив → Як мінімізовано», що забезпечує прозорість для наукового читача та підсилює довіру у стейкхолдерів.

Таблиця 10

Ризики валідності та контрзаходи

Ризик упередженості	Потенційний вплив	Як мінімізовано
Неповнота журналів RFI/CO	Заниження координаційних втрат	«Санітарний паспорт»; індикатори «пропущено»
Селекція кращих підрядників у BIM-групу	Переоцінка ефекту	PSM; фіксовані ефекти організації/регіону
Порушення паралельних трендів	Хибний причинний висновок	Event-study; плацебо-дати впровадження
Вплив великих «хвостів»	Нестабільні оцінки	Winsorization; робастні SE (кластер «організація»)
Різноманітність контрактів (LS/UP/EPC)	Змішування причин	Стратифікація; перехресні FE «тип×регіон»

Джерело: сформовано автором

Застосовані контрзаходи зменшують імовірність артефактів; однак валідність залишається функцією якості первинних даних та дисципліни їх ведення у CDE.

Висновки

У дослідженні окреслено цілісну рамку, що поєднує причинно-наслідковий аналіз ефектів BIM/CDE з маркетинговою інтерпретацією цінності для ринку відбудови. Розглянуто не «наявність ПЗ», а стандартизоване управління інформацією відповідно до ISO 19650: вимоги замовника (EIR), план виконання (BER), дисципліноване CDE, застосування 4D/5D та, наскільки можливо, інтеграції з ERP/CMMS. На цій основі визначено, що вплив цифровізації проявляється не тільки в технічних метриках, а й у фінансових результатах портфелів.

Причинна оцінка (DiD з фіксованими ефектами та балансуванням PSM) показала узгоджені й статистично значущі дельти: підвищення SPI та CPI, зменшення інтенсивності RFI/CO і частки переробок, а також скорочення відхилення кошторису. Ефекти зберігаються в альтернативних специфікаціях і плацебо-тестах, що підсилює валідність висновків. Таким чином, запропоновано трактувати «BIM/CDE» як керовану управлінську практику, здатну системно знижувати транзакційні втрати й невизначеність строків і бюджету.

У площині юніт-економіки запропоновано «водоспад» ROI/TCO та tornado-аналіз чутливості, де включено внески від ↓переробок, ↓RFI/CO, ↑дотримання графіка, ↑точності 5D. У базовому сценарії зафіксовано додатний ROI із потенціалом прискорення окупності в режимі портфельного застосування. Найбільший вплив формують економія на переробках і зниження транзакційних витрат, тоді як поліпшення SPI/CPI стабілізує грошові потоки та зменшує ризики штрафів.

Маркетингові імплікації визначено на рівні сегментів: для держінфраструктури – акцент на прозорості, SLA на дані та аудитності KPI; для комерційної нерухомості – портфельне пакування сервісів і скорочення time-to-market; для житлового сегмента – «легкий старт» із CDE-шаблонами та навчальними треками. Запропоновано позиціонувати рішення як «BIM/CDE-as-a-service» із контрактною фіксацією EIR/BER, KPI (SPI, CPI, RFI/CO/1000 м², частка переробок) і публічними метриками ефекту.

Організаційні передумови масштабування розкрито через дорожню карту «пілот → стандартизація → портфель». Включено чек-лист ролей і артефактів, а також вимоги до інтеграцій з ERP/CMMS. Така послідовність знімає «розрив перекладу» між методичними нормами та реальними контрактними зобов'язаннями, полегшуючи повторюваність і контроль якості даних.

Обмеження дослідження чесно зафіксовано – залежність якості висновків від повноти журналів RFI/CO та актів переробок, потенційну селекцію проєктів і чутливість до неоднорідності контрактів. Для мінімізації ризиків включено «санітарний паспорт» даних, подієве дослідження паралельних трендів і робастні перевірки; однак подальше накопичення стандартизованих спостережень у CDE підсилить силу доказу.

Практичний внесок дослідження полягає в тому, що технічні покращення переведено на «мову договору», запропоновано, що саме має бути включено до ТЗ (EIR), як має бути визначено BER і SLA на дані, які KPI слід моніторити та

як будувати фінансове обґрунтування через «водоспад» ROI і сценарії ТСО. Це створює міст між інженерією, управлінням проєктами та маркетингом рішень для відбудови.

Плани подальших досліджень окреслено як розширення панелі в часі, деталізацію експлуатаційних ефектів (OPEX, надійність, дефектність), тестування «دوزи зрілості» BIM/CDE у рандомізованих пілотах, а також побудову публічного репозиторію анонімізованих КРІ й типових артефактів (EIR/BER). Усе це забезпечить глибшу реплікацію результатів, точніше ціноутворення сервісів і ще переконливішу маркетингову аргументацію для масштабування цифрової відбудови.

Список використаних джерел:

1. ISO. ISO 19650-1:2018 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using BIM – Part 1: Concepts and principles. URL: <https://www.iso.org/standard/68078.html> (дата звернення: 25.10.2025).
2. UK BIM Framework. Information Management according to BS EN ISO 19650: Guidance Part 1 (2nd ed.). URL: <https://ukbimframework.org> (дата звернення: 25.10.2025).
3. EU BIM Task Group. Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. URL: https://eubim.eu/downloads/EU_BIM_Task_Group_Handbook_FINAL.PDF (дата звернення: 25.10.2025).
4. Global BIM Network. Ukraine – National Implementation of ISO 19650 Standard. URL: <https://globalbim.org/info-collection/ukraine-national-implementation-of-iso-19650-standard/> (дата звернення: 25.10.2025).
5. УСЦК. ПрДСТУ EN ISO 19650-3 (український переклад/адаптація). URL: https://uscc.ua/frontend/web/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/bim/dstu-EN-ISO-19650_3.pdf (дата звернення: 25.10.2025).
6. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Fabricators (3rd ed.). Wiley. URL: <https://www.wiley.com> (дата звернення: 25.10.2025).
7. Dodge Data & Analytics; Autodesk. Accelerating Digital Transformation Through BIM: SmartMarket Report 2021. URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/pdfs/aec-smart-market-report-2021-bim-digital-transformation-en.pdf> (дата звернення: 25.10.2025).
8. McKinsey Global Institute. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity> (дата звернення: 25.10.2025).
9. Succar B. Building Information Modelling Framework: BIM Excellence. URL: <https://www.bimexcellence.org> (дата звернення: 25.10.2025).
10. Sacks R. Lean Construction and BIM. URL: <https://www.wiley.com> (дата звернення: 25.10.2025).
11. Transparency International Ukraine. BI Prozorro – публічний модуль аналітики (Qlik Sense Hub). URL: <https://bi.prozorro.org> (дата звернення: 25.10.2025).
12. Держагентство відновлення та розвитку інфраструктури України. Реєстр проєктів – Restoration.gov.ua (Projects). URL: <https://restoration.gov.ua> (дата звернення: 25.10.2025).
13. World Bank та партнери. RDNA-4: Rapid Damage and Needs Assessment for Ukraine. URL: <https://www.worldbank.org> (дата звернення: 25.10.2025).
14. Kovalska Group. Офіційний сайт. URL: <https://kovalska.com/> (дата звернення: 24.10.2025).
15. Springer. The impact of BIM on project time and cost. URL: <https://link.springer.com> (дата звернення: 25.10.2025).

References:

1. ISO. (2018). ISO 19650-1:2018 – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using BIM – Part 1: Concepts and principles. Available at: <https://www.iso.org/standard/68078.html> (accessed: October 25, 2025)
2. UK BIM Framework. (n.d.). Information management according to BS EN ISO 19650: Guidance Part 1 (2nd ed.). Available at: <https://ukbimframework.org> (accessed: October 25, 2025)
3. EU BIM Task Group. (n.d.). Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European public sector. Available at: https://eubim.eu/downloads/EU_BIM_Task_Group_Handbook_FINAL.PDF (accessed: October 25, 2025)
4. Global BIM Network. (n.d.). Ukraine – National implementation of ISO 19650 standard. Available at: <https://globalbim.org/info-collection/ukraine-national-implementation-of-iso-19650-standard/> (accessed: October 25, 2025)
5. USCC. (n.d.). PrDSTU EN ISO 19650-3 (Ukrainian translation/adaptation). Available at: https://uscc.ua/frontend/web/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/bim/dstu-EN-ISO-19650_3.pdf (accessed: October 25, 2025)
6. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and fabricators (3rd ed.). Wiley. Available at: <https://www.wiley.com> (accessed: October 25, 2025)
7. Dodge Data & Analytics, & Autodesk. (2021). Accelerating digital transformation through BIM: SmartMarket Report 2021. Available at: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/pdfs/aec-smart-market-report-2021-bim-digital-transformation-en.pdf> (accessed: October 25, 2025)
8. McKinsey Global Institute. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity> (accessed: October 25, 2025)
9. Succar, B. (n.d.). Building Information Modelling Framework: BIM Excellence (resources and publications). Available at: <https://www.bimexcellence.org> (accessed: October 25, 2025)
10. Sacks, R. (n.d.). Lean construction and BIM (selected works and chapters). Available at: <https://www.wiley.com> (accessed: October 25, 2025)
11. Transparency International Ukraine. (n.d.). BI Prozorro – Public analytics module (Qlik Sense Hub). Available at: <https://bi.prozorro.org> (accessed: October 25, 2025)
12. State Agency for Restoration and Infrastructure Development of Ukraine. (n.d.). Projects registry – Restoration.gov.ua. Available at: <https://restoration.gov.ua> (accessed: October 25, 2025)
13. World Bank. (n.d.). RDNA-4: Rapid Damage and Needs Assessment for Ukraine. Available at: <https://www.worldbank.org> (accessed: October 25, 2025)
14. Kovalska Group. (n.d.). Official website. Available at: <https://kovalska.com/> (accessed: October 24, 2025)
15. Springer. (2025). The impact of BIM on project time and cost. Available at: <https://link.springer.com> (accessed: October 25, 2025)