

Андрій ШТИЛЬ,
аспірант кафедри організації та управління будівництвом
ORCID: 0009-0007-3804-2926

Костянтин НАУМЕНКО,
аспірант кафедри організації та управління будівництвом
ORCID: 0009-0005-3690-6175

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

СТРУКТУРНО-АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ АНАЛІЗУ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

Структурно-аналітичне осмислення цифрових інструментів аналізу будівельних проєктів набуває особливої значущості в умовах інтенсивної цифрової трансформації галузі. Сучасне будівельне управління формується як інтегроване інформаційне середовище, у якому поєднуються платформи інформаційного моделювання (BIM), системи планування ресурсів підприємства (ERP), спільні середовища даних (CDE) та інструменти бізнес-аналітики. Їх взаємодія забезпечує перехід від ізольованої автоматизації процесів до цілісної аналітичної координації життєвого циклу об'єкта, із синхронізацією технічних, економічних і організаційних параметрів у єдиному цифровому контурі управління.

Розкрито функціональні ролі цифрових платформ та визначено їх фазову домінантність залежно від стадії реалізації проєкту. Показано, що BIM формує параметричну модель об'єкта і створює основу для візуально-аналітичного аналізу; ERP-системи координують фінансові й ресурсні потоки; CDE забезпечує консолідацію, актуалізацію та простежуваність інформації; аналітичні інструменти реалізують прогнозування, сценарне моделювання та оцінювання ризиків.

Обґрунтовано доцільність формалізації ефективності інтеграції цифрових платформ через використання інтегральних показників активності, індексу якості інформаційного потоку та моделей оцінювання надійності реплікації даних. Проаналізовано конфігураційні типи інформаційних архітектур (централізована, мережева, лінійна, гібридна) та визначено їх вплив на латентність обміну, точність аналітики та рівень узгодженості даних.

Підкреслено, що сучасне цифрове середовище будівельного проєкту набуває ознак адаптивної системи, здатної до реконфігурації залежно від зміни параметрів зовнішнього та внутрішнього середовища. Забезпечення семантичної сумісності, стандартизації форматів обміну та мінімізації інформаційної надлишковості розглядається як необхідна умова підвищення керованості.

Інтеграція цифрових інструментів формує концептуальну основу передбачувального та ризик-орієнтованого управління, у якому дані виступають стратегічним ресурсом і ключовим фактором прийняття обґрунтованих управлінських рішень.



Ключові слова: *BIM, ERP, CDE, цифрова інтеграція, інформаційні потоки, бізнес-аналітика, життєвий цикл проєкту, прогнозне управління.*

Вступ. Цифрова трансформація будівельної галузі визначає якісно нові підходи до організації управління проєктами. Зростання складності об'єктів, багаторівневість коопераційних зв'язків і динамічність ринкового середовища зумовлюють потребу в інтегрованих інформаційних рішеннях, здатних забезпечити цілісність, прозорість і аналітичну керованість процесів.

Традиційні моделі управління, орієнтовані на ізольоване використання програмних продуктів, виявляються недостатніми для забезпечення системної координації. Натомість сучасна практика передбачає формування єдиного цифрового контуру, у якому BIM, ERP, CDE та аналітичні інструменти функціонують як взаємопов'язані елементи.

У межах такого контуру відбувається синхронізація геометричних, фінансових, ресурсних та управлінських даних. Це створює передумови для переходу від реактивного управління до прогнозного, заснованого на моделюванні сценаріїв і оцінюванні ризиків у реальному часі. Особливої ваги набуває питання структурної узгодженості цифрових платформ. Відсутність інтеграції між ними призводить до дублювання інформації, втрати актуальності даних та зростання управлінських ризиків. У цьому контексті актуалізується необхідність наукового осмислення архітектури цифрових інструментів аналізу будівельних проєктів та визначення принципів їх ефективної взаємодії.

Актуальність дослідження зумовлена переходом будівельної галузі до моделі управління, заснованої на даних. У сучасних умовах ефективність реалізації проєктів визначається не лише технічними рішеннями, а й якістю інформаційного забезпечення, швидкістю обміну даними та можливістю прогнозування наслідків управлінських дій.

Наявність окремих цифрових систем не гарантує досягнення високої результативності. Ключовим чинником стає рівень їх інтеграції та здатність формувати єдину аналітичну екосистему. Особливої значущості набуває мінімізація інформаційної латентності, забезпечення простежуваності змін і формування цифрового сліду управлінських рішень.

З огляду на це, дослідження структурної взаємодії BIM, ERP, CDE та аналітичних платформ має важливе теоретичне й практичне значення для підвищення керованості, прозорості та адаптивності будівельних проєктів.

Постановка проблеми. Незважаючи на активне впровадження цифрових технологій у будівельній сфері, інтеграція інформаційних платформ часто здійснюється фрагментарно. Кожна система функціонує в межах власної логіки, що ускладнює формування цілісного аналітичного середовища.

Проблема полягає у відсутності узгодженої структурної моделі, яка забезпечувала б синхронізацію даних, балансування функціональної активності платформ у різних фазах життєвого циклу та мінімізацію ризиків інформаційної розбалансованості.

Необхідним є розроблення підходу, що дозволяє оцінювати ефективність цифрової взаємодії, визначати оптимальні конфігурації інформаційних потоків та забезпечувати адаптивність архітектури управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. У наукових працях, присвячених цифровізації

будівництва, розглядаються окремі аспекти впровадження BIM-технологій, ERP-систем та платформ спільного доступу до даних. Зокрема, дослідження А. Клочка, робочої групи EU BIM зосереджені на методичних і технологічних засадах інформаційного моделювання [1, 6]. Праці В. Песцов і С. Лавриненко аналізують аналітичні можливості ERP-систем [2, 11]. С. Да Сілва та Д. Савицький акцентують увагу на ролі CDE у консолідації інформації [3, 13].

Разом із тим, у більшості досліджень відсутній комплексний підхід до аналізу взаємодії зазначених платформ як єдиної динамічної системи. Недостатньо розробленими залишаються питання математичної формалізації інтеграційної ефективності та оцінювання якості інформаційних потоків у межах цифрового контуру.

Метою цієї статті є обґрунтування структурно-аналітичної моделі інтеграції цифрових інструментів аналізу будівельних проєктів із визначенням їх функціональних ролей, фазової домінантності та показників ефективності взаємодії. Дослідження спрямоване на формування концептуальних засад створення єдиного цифрового управлінського контуру, здатного забезпечити синхронізацію даних, прогнозування ризиків та адаптивну реконфігурацію інформаційних потоків упродовж життєвого циклу проєкту.

Виклад основної інформації. У сучасному будівельному середовищі цифровізація не є лише трендом або технологічним досягненням – вона формує нову парадигму управління, проєктування та аналітики. Сучасні девелоперські компанії все частіше орієнтуються на системи, які не лише автоматизують процеси, а й забезпечують їх аналітичну інтерпретацію в реальному часі. Інтеграція цифрових інструментів дозволяє перейти від фрагментованого управління до єдиного інтелектуального простору, де кожен процес аналізується, оптимізується та проєктується у відповідності до параметрів ефективності та ризик-менеджменту.

Серед ключових цифрових систем виділяються чотири базові категорії: інформаційне моделювання будівель (BIM), планування ресурсів підприємства (ERP), спільне середовище даних (CDE) та системи аналітики даних. Кожна з них виконує окрему функцію, однак їхня сила виявляється у взаємній інтеграції, коли дані, згенеровані в одній системі, безперешкодно передаються в іншу, формуючи наскрізну цифрову архітектуру управління будівельним проєктом. Ці інструменти не є лише програмними рішеннями, а виступають у ролі «структурних аналітичних агентів», які впливають на стратегічні, тактичні та операційні рівні управління [1].

Для систематизації функціональних зв'язків і ролей кожного інструмента у структурі управління будівельним проєктом доцільно представити рис. 1. Він дозволяє візуалізувати, як кожен інструмент формує окрему підсистему аналізу, але водночас інтегрується у спільний цифровий контур підприємства. Також він демонструє логіку наскрізної цифрової аналітики, яка починається із створення геометричної та функціональної моделі (BIM), трансформується в систему контролю через CDE, доповнюється фінансово-ресурсними параметрами ERP і завершується прогнозною аналітикою на базі Data Analytics. Такий підхід дозволяє не просто управляти проєктом, а керувати ним на основі моделювання майбутніх станів, що є основою концепції «predictive construction management».

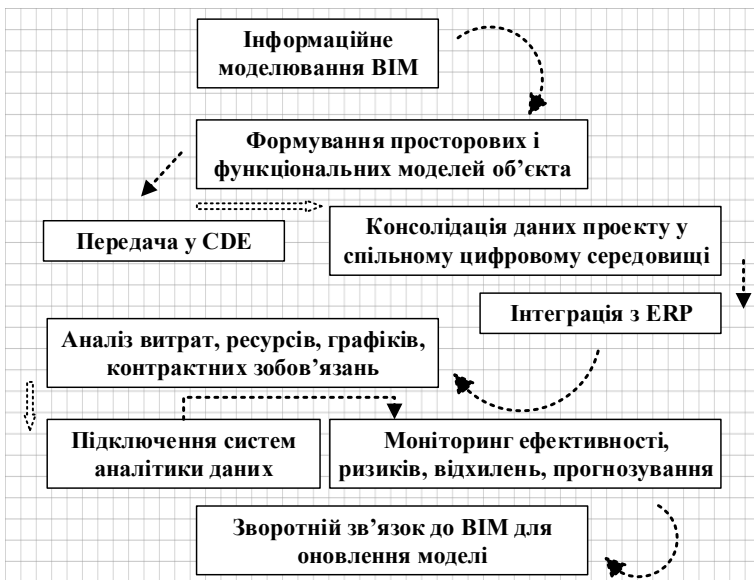


Рис. 1. Структура цифрових інструментів аналізу в будівельному проєкті (розроблено автором на основі [1])

Інформаційне моделювання будівель (BIM) виконує роль центрального ядра цифрової взаємодії. ERP-системи, за дослідженнями В. Песцов, трансформують фінансове управління у формат активного сценарного аналізу. Вони не лише забезпечують облік витрат, а й моделюють наслідки змін у проєкті в реальному часі, що дозволяє ефективно прогнозувати точки ризику та приймати рішення на випередження [2].

Важливу роль у цій архітектурі відіграють платформи CDE (Common Data Environment), які забезпечують єдину точку доступу до актуальної інформації про проєкт. Це виключає дублювання даних, знижує ризики помилок, а також формує основу для аналітичного аудиту відповідності фактичних даних плановим. Завдяки роботам С. Да Сілва, було доведено, що інтеграція CDE з BIM зменшує витрати на змінне проєктування до 35%.

Системи аналітики даних (Business Intelligence, AI-based predictive systems) завершують цей цикл, оскільки забезпечують не лише діагностику поточного стану, але й аналітичну реконструкцію майбутніх варіантів. В умовах високої волатильності будівельного середовища такі інструменти стають не розкішшю, а критичним інфраструктурним активом.

Загалом, цифрові інструменти не лише автоматизують процеси, а й утворюють аналітичну конфігурацію управління проєктом. Вони виступають як платформи для прийняття рішень, на основі повного інформаційного забезпечення, безперервного моніторингу та прогнозного моделювання. Саме таке бачення цифрової аналітики

визначає наступний етап еволюції девелоперських компаній у бік комплексної інтелектуалізації управлінської діяльності.

У сфері управління будівельними проєктами поступова цифрова трансформація зумовила необхідність створення інтегрованої архітектури, яка б забезпечувала ефективний обмін даними між основними інформаційними платформами. У сучасній практиці до таких платформ належать BIM (Building Information Modeling), ERP (Enterprise Resource Planning) і CDE (Common Data Environment). Їх взаємодія формує цифровий контур, що охоплює всі фази життєвого циклу об'єкта будівництва – від концептуального проєктування до експлуатації.

Робоча група EU BIM обґрунтувала системне значення BIM як джерела структурованої геометричної та аналітичної інформації про об'єкт, вказуючи на необхідність взаємодії з ERP-системами через стандартизовані формати (наприклад, IFC). Його підхід став основою багатьох моделей цифрової координації в інженерно-будівельному середовищі [6].

З математичної точки зору, ефективність такої інтеграції можна представити через інтегральну функцію залежності вагових коефіцієнтів і часової активності кожної платформи:

$$E_{total} = \int_0^T \sum_{i \in \{BIM, ERP, CDE\}} w_i \cdot \phi_i(t) dt, \quad (1)$$

де E_{total} – інтегральний коефіцієнт ефективності управлінської взаємодії, w_i – ваговий коефіцієнт, що характеризує значущість системи, $\phi_i(t)$ – функція активності платформи в часі t , T – період реалізації проєкту.

Застосування наведеної формули дозволяє не лише кількісно оцінити ступінь залученості кожної з цифрових платформ до управління проєктом, але й визначити критичні моменти, коли взаємодія між системами стає недостатньо ефективною. У разі суттєвого дисбалансу між активністю окремих платформ, наприклад, надмірної концентрації на BIM без належної синхронізації з ERP або CDE, можуть виникнути ризики інформаційної фрагментації, повторного введення даних або втрати управлінських орієнтирів [3].

З аналітичного погляду, інтегральний підхід до оцінювання ефективності цифрового контурного управління дозволяє виявити не лише залежність між платформами, але й їхню динамічну відповідність фазам проєктного циклу. Це особливо важливо в умовах багатофакторного середовища будівельного ринку, де часові, ресурсні та технологічні змінні тісно переплетені між собою.

Для ілюстрації ролі кожної цифрової платформи у межах відповідного етапу життєвого циклу проєкту, далі наведено таблицю 1.

Кожна з платформ виконує специфічну роль, але їх сукупна дія створює наскрізну систему контролю, яка адаптивно змінюється залежно від фази проєкту. Завдяки такій структурі забезпечується підвищення точності, прозорості рішень та адаптивності до ризиків.

Сучасна парадигма цифрового будівництва переходить від роз'єднаних систем до організованої, взаємозалежної аналітичної структури. Інтеграція BIM, ERP і CDE у єдиний управлінський контур створює нову якість управління – не лише оперативну, але й передбачувальну, що базується на даних і аналітичних закономірностях [5].

Функціональний розподіл цифрових платформ у структурі інтегрованого будівельного управління

| Етап життєвого циклу | BIM | ERP | CDE |
|----------------------|-------------------------------------|--|--|
| Концепція | Створення 3D/4D моделі об'єкта | Попередній кошторис, оцінка інвестицій | Створення спільного середовища для сценаріїв |
| Проектування | Деталізація креслень, класифікація | Бюджетування, планування ресурсів | Збереження та обмін моделями, перевірка версій |
| Будівництво | Віртуальне будівництво, логістика | Контроль витрат, угоди, графіки постачання | Реєстрація змін, журналізація рішень |
| Завершення | Акт завершення, план обслуговування | Звіти про витрати, аналіз ефективності | Архів управлінських дій, фінальний аудит |

Джерело: розроблено автором на основі [3]

Цифрова трансформація в будівельному секторі не є лінійним процесом, а набуває фазового характеру, в якому роль окремих інструментів значно варіюється залежно від стадії життєвого циклу проекту. У фазі ініціації основна аналітична функція зосереджується навколо моделювання концепцій, валідації рішень та оцінки інвестиційної доцільності. Саме на цьому етапі інструменти BIM починають виконувати роль візуального та параметричного симулятора, дозволяючи аналізувати просторові сценарії майбутнього об'єкта. У свою чергу, системи ERP використовуються для попереднього бюджетування та фінансового прогнозування, тоді як CDE надає первинне середовище для збереження стратегічних документів і архітектурних концепцій [4].

У роботах робочої групи EU BIM, особливо в посібнику з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, наголошується, що початкові етапи мають найвищий рівень невизначеності, тому саме BIM виконує тут функцію «інформаційного гіпермаркєру» для наступних рішень. Н. Польова підкреслює, що вже на етапі передпроектного аналізу починається формування синергетичних зв'язків між вартісними модулями ERP та геометричними моделями BIM. С. Лавриненко та ін., аналізуючи управління будівельними контрактами, підкресливали, що на стадії реалізації саме ERP стає системою домінантного контролю, яка акумулює дані з BIM і CDE для формування динамічної картини витрат, постачання та відповідальностей [6, 7, 11]. Щоб представити фазову еволюцію функцій систем, доцільно використовувати рис. 2.

У кожній фазі відбувається перерозподіл пріоритетності цифрових інструментів. Змінюється не лише функціональна домінанта, а й глибина інтеграції. Для відображення цього процесу може бути використана модель динамічної вагової активності:

$$\alpha_i(t) = \frac{\phi_i(t)}{\sum_{j=1}^n \phi_j(t)}, i \in \{BIM, ERP, CDE\}, \quad (2)$$

де $\phi_i(t)$ – ступінь активності системи i у момент часу t , $\alpha_i(t)$ – нормалізована вага впливу платформи у часовому перетині.

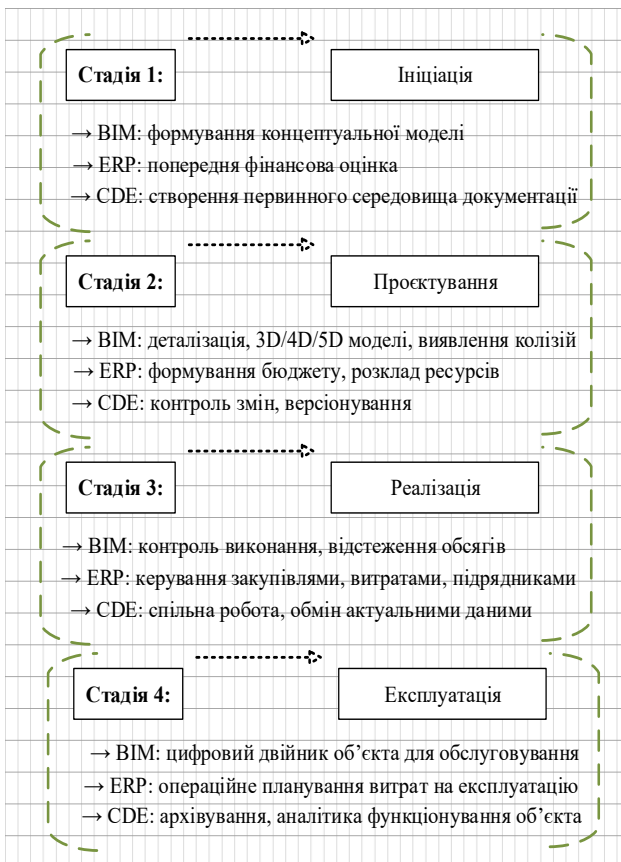


Рис. 2. Еволюція ролей цифрових інструментів на стадіях життєвого циклу будівельного проекту (розроблено автором на основі [7])

Ця формула дозволяє здійснювати порівняльну оцінку активності платформ у часі, виявляючи моменти пікової концентрації функціонального навантаження. Наприклад, у фазі реалізації найбільше значення має ф_{ERP}, оскільки саме ця система координує більшість виробничих і фінансових показників.

Результати кількісного аналізу впливу цифрових платформ на загальну керованість будівельного проекту свідчать про те, що адаптивність, прозорість і ефективність рішень прямо корелюють із тим, наскільки злагоджено працюють ці цифрові компоненти. Особливо важливим є питання даних – лише через CDE можлива консолідація управлінських рішень у формі доступного цифрового сліду, що стає основою для подальшої бізнес-аналітики. Це положення доводить, зокрема, С. Да Сілва у дослідженнях цифрової трансформації будівельного ланцюга.

У сучасних будівельних проєктах інформативні потоки формують основу операційного та стратегічного управління. Саме масивність, цілісність та

своєчасність даних визначають, наскільки ефективними будуть рішення, пов'язані з ресурсами, ризиками та бюджетами. У працях українських дослідників, підкреслюється, що головна мета архітектури потоку – зменшення латентності даних та підтримка принципу «одноразового введення – багаторазового використання». Його підхід наголошує на оптимізації горизонтальних і вертикальних зв'язків між системами, мовами даних і модулями [7].

Дослідження демонструють, що найбільш інтегровані архітектури:

1. Зоряний тип (hub-and-spoke), де CDE виконує роль центрального хаба;
2. Лінійні/ланцюгові, що підходять для простих, малих завдань.

Щоб представити типову конфігурацію інформаційного потоку, наведемо таблицю 2.

Таблиця 2

Конфігураційні моделі інформаційних потоків у цифровому будівництві

| Тип архітектури | Характеристика | Переваги | Обмеження |
|------------------------|------------------------------------|---|---|
| Hub-and-spoke | Центральний CDE – ядро взаємодії | Висока цілісність, центральний контроль | Єдиний вузол – ризик збоїв |
| Mesh (мережева) | Повна взаємодія між всіма вузлами | Максимальна гнучкість, стійкість | Складність синхронізації, зростання трафіку |
| Лінійна | BIM → CDE → ERP | Простота, вузький канал | Обмежена масштабованість |
| Гібридна | Мережеве ядро + специфічні зв'язки | Баланс гнучкості з ефективністю | Складна для реалізації, потребує стандартизації |

Джерело: розроблено автором на основі [8]

Далі, для формалізації якості потоку використовуємо індекс Q, що оцінює його ефективність через співвідношення інформаційної латентності (L), точності (P) і об'єму (V):

$$Q = \frac{P}{L} \times \ln(1 + V), \tag{3}$$

де P – середня точність даних (від 0 до 1), L – середня затримка обміну, V – обсяг переданих сутностей за одиницю часу.

У моделі було показано, що система Hub-and-spoke демонструє максимальний Q, а мережева – стабільно високий, але змінний залежно від складності синхронізації. Це приватне дослідження підтверджує тенденцію до вибору конфігурацій із низькою латентністю і зрозумілими навантаженнями [12].

Для безпечного управління ризиками, особливо при зміні версій документів або моделей, доцільно використовувати модель реплікаційного оновлення:

$$R = 1 - e^{-k \cdot n}, \tag{4}$$

де R – ймовірність коректної реплікації, n – число вузлів у потоці, k – коефіцієнт якості синхронізації.

Ці формули дозволяють оцінити архітектуру не лише з точки зору продуктивності, але й з точки зору управління ризиками при масштабуванні.

Продовжуючи логіку розгляду структурних конфігурацій інформаційних потоків, слід детальніше зупинитися на взаємозв'язках між аналітичними платформами, цифровими репозитаріями та обліковими системами в умовах девелоперської діяльності. У сучасному будівництві ключову роль у підтримці інформаційної цілісності відіграють не лише стандартні канали обміну (наприклад, XML чи IFC), але й механізми інтеграції через API-зв'язки, які забезпечують синхронну передачу даних між BIM-моделлю, ERP-модулем та платформою спільного доступу CDE [9].

За результатами досліджень О. Хоменка, реалізація багатоагентної аналітики можлива лише за умови розмежованої передачі даних – тобто коли сенсорно-збірні дані (IoT, SCADA) обробляються в окремому обчислювальному контурі, а структуровані дані про об'єктні властивості моделі BIM – в іншому. Це дозволяє уникнути перевантаження каналів та підтримувати актуальність візуальної інформації. Такі конфігурації вже впроваджуються в практиках компаній Hines та Balfour Beatty, де відбувається сегментація потоків відповідно до критичності інформації, яку вони транспортують [8].

Іншою важливою деталлю є простежуваність змін у потоці: кожна система має генерувати так званий «цифровий слід» – набір ідентифікованих подій, які можуть бути автоматично проаналізовані для виявлення аномалій. Як зазначає Д. Савицький, саме CDE-середовища із розширеною функціональністю (таких як Trimble Connect, Aconex чи Autodesk Construction Cloud) стають базисом для створення прозорих інформаційних трас, що є передумовою ефективного управління ризиками на основі історичних даних [13].

Сьогодні аналітика в будівництві поступово переходить від статичних форм до динамічних, що реагують на зміну контексту. При цьому вивчається можливість використання стохастичних моделей адаптації інструментів – тобто система не лише реагує на вхідні дані, а й змінює свою архітектуру під впливом результатів попередньої обробки. Таким чином, цифрове середовище стає не просто носієм інформації, а активним учасником операційного циклу. Важна валідація між BIM і ERP зменшує рівень похибки у прогнозуванні на понад 27%, особливо в проєктах з високим рівнем багатопрофільної кооперації.

Ще одним важливим аспектом є автоматичне узгодження потоків у масштабах корпоративних мереж. Ідеться про вбудовані політики обміну даними, які відповідають за обмеження доступу, черговість обробки, верифікацію об'єктів і передачу відповідальності між ролями. Для цього в системах ERP (зокрема SAP, Oracle) створюються правила маршрутизації, що базуються на логіці процесуальних шаблонів. Ця логіка все частіше виражається у вигляді онтологій (наприклад, з використанням OWL), що дозволяє узгоджувати терміни, структури та логічні залежності між сутностями навіть у мультиагентних середовищах.

У контексті цифрової трансформації структурних потоків виникає також проблема надлишковості інформації. Надмірна деталізація або дублювання сутностей призводить до збільшення часу на обробку, спотворення результатів аналітики, а іноді – до хибних рішень. Відповідно, на перший план виходять методи семантичної агрегації та редукції даних, які дозволяють залишити тільки релевантні сегменти потоку. Тут особливо актуальними є методики, описані І. Дебела, де для агрегування показників ризику використовується кластерно-байєсівська модель зі зважуванням факторів залежно від фази проєкту [14].

Висновок. У результаті дослідження встановлено, що цифрові інструменти аналізу будівельних проєктів формують багатокomпонентну інтегровану систему, у

якій кожна платформа виконує чітко визначену функцію. Ефективність управління залежить від узгодженості їх взаємодії та здатності до динамічного перерозподілу функціональних пріоритетів залежно від стадії реалізації проєкту.

Доведено, що інтеграція BIM, ERP, CDE та аналітичних платформ створює передумови для переходу до прогностичного управління, у якому рішення приймаються на основі консолідованих даних та математично формалізованих показників. Формалізація інтегральної ефективності, індексу якості інформаційного потоку та ймовірності реплікації даних дозволяє здійснювати кількісну оцінку цифрової архітектури.

Визначено, що оптимальна конфігурація інформаційних потоків має забезпечувати баланс між централізацією контролю та гнучкістю взаємодії. Водночас надмірна складність архітектури може зумовлювати зростання латентності та ризиків синхронізації.

Список літератури:

1. Ключко А. Цифрові технології в галузі архітектури і будівництва. *Управління розвитком складних систем*, 2021, 48, 61–68. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.61-68>.
2. Песцов В. ERP-системи в управлінні ресурсами малих і середніх аграрних підприємств: сутність, функції та переваги. *Економіка та суспільство*, 2024, 68. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-147>.
3. Da Silva S., Boton C. Digital Integration in Construction: A Case Study on Common Data Environment Implementation for a Metro Line Project. *Infrastructures*, 2025, 10(10), 266. <https://doi.org/10.3390/infrastructures10100266>.
4. Кричевська Ю., Рижаківа Г., Шпаков А., Поколенко В., Приходько Д. Цифрова екосистема в будівельному девелопменті: концептуально-теоретичні аспекти трансформації та управлінські імперативи. *Управління розвитком складних систем*, 2024, 60, 174–182. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182>.
5. Трач Р.В. Когнітивні механізми управління будівельними проєктами на основі BIM технологій: автореф. дис. ... д-р техн. наук: 05.13.22. Київ: КНУБА, 2021. 44 с.
6. Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, створений Європейським державним сектором. Стратегічні дії щодо роботи будівельного сектору: рушійна цінність, інновації та зростання. URL: <https://eubim.eu/>
7. Shpakova H., Churyrna I., Ivakhnenko I., Biloschytskyi A., Zinchenko M., Plys N. Tools For Assessing The Competitiveness Of A Construction Company As A Contractor In Public-Private Partnership Projects. *2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, Astana, Kazakhstan, 2024, pp. 473–481. DOI: 10.1109/SIST61555.2024.10629561.
8. Хоменко О.М. Організаційно-економічні основи цифрової трансформації адміністрування будівельними підприємствами: автореф. дис. ... д-ра екон. наук: 08.00.04. Київ: КНУБА, 2025. 40 с.
9. Kazado D., Kavcic M., Eskicioglu R. Integrating Building Information Modeling (BIM) and sensor technology for Facility Management. *Journal of Information Technology in Construction*. 2019, 24, 440–458.
10. Польова Н. Цифровізація процесів реалізації інвестиційно-будівельних проєктів. *Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету*. Серія: Економічні науки. 2025. Т. 26 № 76(3). С. 96–108. DOI: [https://doi.org/10.24025/2306-4420.76\(3\).2025.342589](https://doi.org/10.24025/2306-4420.76(3).2025.342589)

11. Лавриненко С., Кравчук І., Буднік О. Сучасні ERP-технології - ефективна складова системи менеджменту організацій. *Економіка та суспільство*, 2024, 62. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-62-37>.

12. Ползіков М.О. Архітектура цифрових платформ підтримки мультипроектного управління в будівельних компаніях. *Управління розвитком складних систем*, 2025, 64, 109–119. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.109-119>.

13. Савицький Д. Стратегічний аналіз Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ). URL: <https://blog.savitsky.com.ua/2025/08/03/edeclaruvannya/>

14. Дебела І. Байєсовський метод оцінки альтернативних рішень. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, 2021, 8, 76-81. <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2021.8.11>.

Andrii SHTYL, Kostiantyn NAUMENKO

Structural and analytical description of digital tools for construction project analysis

A structural and analytical understanding of digital tools for construction project analysis acquires particular significance under conditions of intensive digital transformation of the industry. Contemporary construction management is evolving into an integrated information environment that combines Building Information Modeling (BIM) platforms, Enterprise Resource Planning (ERP) systems, Common Data Environments (CDE), and business analytics tools. Their interaction ensures the transition from isolated process automation to comprehensive analytical coordination throughout the entire life cycle of a construction asset.

The functional roles of digital platforms are identified, and their phase dominance is determined depending on the stage of project implementation. BIM forms a parametric model of the facility and provides the basis for visual and analytical assessment; ERP systems coordinate financial and resource flows; CDE ensures consolidation, updating, and traceability of information; analytical tools enable forecasting, scenario modeling, and risk assessment.

The expediency of formalizing the effectiveness of digital platform integration through the use of integral activity indicators, an information flow quality index, and data replication reliability models is substantiated. Configurational types of information architectures (centralized, network-based, linear, and hybrid) are analyzed, and their impact on data latency, analytical accuracy, and consistency levels is determined.

It is emphasized that the modern digital environment of a construction project is acquiring the features of an adaptive system capable of reconfiguration depending on changes in internal and external parameters. Ensuring semantic compatibility, standardization of data exchange formats, and minimization of information redundancy are considered necessary conditions for enhancing manageability.

The integration of digital tools forms the conceptual foundation of predictive and risk-oriented management, in which data function as a strategic resource and a key factor in making well-grounded managerial decisions.

Keywords: BIM, ERP, CDE, digital integration, information flows, business analytics, project life cycle, predictive management.

Дата надходження статті: 12.01.2026

Дата прийняття статті: 18.02.2026