

УДК 338.45:69:004.89:005.51

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.217.448-459>**Чуприна Ю.А.**

доктор економічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури

Chupryna Iurii

Dr. of Economic Sc.

Kyiv National University of Construction and Architecture

<https://orcid.org/0000-0002-4934-2058>

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ НА ЗАСАДАХ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Мета статті з'ясувати, як інтеграція цифрових технологій у систему економічного управління будівельним підприємством впливає на результативність управлінських рішень, якщо рівень інтелектуалізації контуру враховано як параметр оцінювання альтернатив. Застосовано системний і структурно-функціональний підходи, інтегральне, багатокритеріальне, нелінійне та динамічне моделювання. Сформовано архітектоніку інтелектуалізованого контуру, що поєднує операційний, тактичний і стратегічний рівні та функціонує за принципом замкненого циклу. Запропоновано індекси цифрово-інтелектуальної насиченості, міжсистемної конвергенції та інтелектуалізації, а також багатокритеріальний підхід до оцінювання альтернатив, мультиплікативна структура якого відображає взаємозалежність критеріїв. Підтверджено нелінійний характер переходу від фрагментарної цифровізації до системної інтеграції.

Ключові слова: цифрові технології, економічне управління, будівельне підприємство, інтелектуалізація управлінських рішень, цифрова конвергенція, прогнозна аналітика, економічна результативність, управлінський ризик.

INTEGRATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES INTO THE ECONOMIC MANAGEMENT SYSTEM OF CONSTRUCTION ENTERPRISES BASED ON THE INTELLECTUALIZATION OF MANAGERIAL DECISION-MAKING

The digital transformation of construction enterprises requires a transition from the fragmented automation of individual operations to an integrated economic management system capable of continuous data processing, outcome forecasting, and intelligent support for managerial decision-making. The integration of BIM, ERP, CDE, IoT, cloud technologies, business intelligence systems, artificial intelligence, machine learning, and predictive modeling creates a unified digital environment in which financial, resource, time-related, production, and risk parameters are transformed into a structured basis for economic choice. The article substantiates the principles of integrating digital technologies into the economic management of construction enterprises through the intellectualization of generating, evaluating, and selecting managerial decisions. The study applies systemic, structural-functional, and comparative methods alongside integral, multicriteria, nonlinear, and dynamic modeling. The architectonics of the intellectualized management framework encompasses the operational, tactical, and strategic levels and operates as a closed-loop cycle, in which the outcomes of implemented decisions return to the digital environment, continuously updating the information base and improving forecasting accuracy. An index of digital-intellectual saturation, a coefficient of intersystem digital convergence, and an integral level of intellectualization are proposed, accounting for technological compatibility, information-flow relevance and structural fragmentation. A multicriteria approach to evaluating managerial alternatives is developed, combining economic effect, resource efficiency, temporal sustainability, forecasting accuracy, and risk exposure; its multiplicative structure reflects the interdependence of criteria, whereby a critical deterioration of a single parameter constrains the overall performance of a decision. The risk-adjusted priority index and the optimization function enable the selection of a managerial alternative capable of maintaining economic performance under budgetary, resource, and time constraints. A composite transformational-effect index and a dynamic model of economic return confirm the nonlinear nature of this transition.

Keywords: digital technologies, economic management, construction enterprise, intellectualization of managerial decision-making, digital convergence, predictive analytics, economic performance, managerial risk.

JEL Classification: L74, O33, M10, C44, D81.

ISSN друкованої версії: 2224-6282

ISSN електронної версії: 2224-6290

© Чуприна Ю.А., 2026

Постановка проблеми. Функціонування будівельних підприємств характеризується зростанням складності економічних, виробничих, ресурсних та інформаційних взаємозв'язків, прискоренням управлінських циклів і накопиченням значних обсягів різномірних даних на всіх етапах реалізації проєктів. Коливання вартості ресурсів, порушення строків постачання та відхилення фактичних витрат від запланованих скорочують часовий інтервал для формування управлінської реакції. Традиційні моделі, орієнтовані на ретроспективне опрацювання фінансових і виробничих показників, за таких умов не забезпечують своєчасного виявлення бюджетних дисбалансів, ресурсних відхилень і календарних затримок. Водночас фрагментарне застосування BIM, ERP, CDE, IoT, хмарних технологій та систем бізнес-аналітики не гарантує цілісності економічного управління через несумісність даних, дублювання інформаційних потоків і збереження ручних процедур.

Актуальним науково-практичним завданням стає формування інтегрованого цифрового середовища, здатного забезпечувати безперервний рух економічно значущої інформації між операційним, тактичним і стратегічним рівнями та перетворювати первинні дані на прогностичні оцінки й обґрунтовані рішення. Особливого значення набуває оцінювання цифрово-інтелектуальної насиченості, міжсистемної конвергенції, прогностичної точності та ризику інформаційної дезінтеграції. Формування замкненого управлінського циклу, у якому результати реалізованих рішень повертаються до цифрового середовища та використовуються для наступних прогнозів, створює основу для переходу від реактивного реагування до адаптивного, прогностичного й ризикоскоригованого економічного управління.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Перший напрям стосується перебудови управлінської архітектури будівельного підприємства під впливом цифровізації. В. О. Алексеєнко та Ю. А. Чуприна [1] обґрунтовують цифровий реінжиніринг організаційних структур управління, трактуючи цифровізацію як чинник зміни самої архітектури управління, а не як автоматизацію окремих процедур. Ю. В. Кричевська, Г. М. Рижакова, А. В. Шпаков та В. О. Поколенко [2] переносять акцент на екосистемний рівень, розкриваючи взаємодію учасників девелопменту в спільному цифровому середовищі. В. В. Коломієць [3] опускає проблематику на операційний рівень, розкриваючи роль цифрових платформ у моніторингу та управлінні постачанням матеріалів. Ці роботи послідовно охоплюють управлінський, міжорганізаційний та операційний масштаби, проте залишаються на описовому рівні: кількісних вимірників сформованості цифрового середовища вони не пропонують.

Другий напрям формує апарат оцінювання та вибору управлінських альтернатив. А. М. Воронін та А. С. Савченко [4] обґрунтовують формалізований метод розв'язання багатокритеріальних задач на основі нелінійної схеми компромісів, що адаптується до ситуації прийняття рішення. Н. Jin, Z. Xu, W. Zhou та Z. Xu [5] розвивають цю логіку в будівельному контексті, поєднуючи нечіткий метод аналізу ієрархій із ELECTRE

III і доводячи неприйнятність повністю компенсаторного агрегування, за якого критичне погіршення одного параметра врівноважується перевагами за іншими критеріями. О. І. Кононов [6] пропонує алгоритм зведення різномірних показників до єдиної інтегральної оцінки економічної результативності. Спільним обмеженням є технологічно нейтральна постановка задачі: рівень цифрової та аналітичної підтримки управлінського контуру до складу критеріїв не входить і на розрахункову результативність альтернативи не впливає.

Третій напрям окреслює середовище цифрової трансформації та можливості її вимірювання. В. П. Залізнюк [7] розглядає управлінські аспекти цифрової економіки України, визначаючи інституційні й технологічні умови, у яких діють підприємства. А. А. Galagali, S. Sandbhor та K. Ruikar [8] показують, що BIM та ERP розв'язують спільну проблему фрагментації інформації, але охоплюють різні домени — проєктний та операційний, — а їх інтеграція через спільне середовище даних досліджена фрагментарно, без прикладних механізмів поєднання систем. Y. Han, H. Du та C. Zhao [9] переводять проблематику у площину вимірювання, формуючи п'ятимірну модель зрілості цифрової трансформації галузі; цей інструмент, однак, орієнтований на діагностику стану, а не на підтримку конкретного управлінського вибору. Т. В. Божидарнік та О. С. Колтунович [10] доповнюють картину галузевим виміром, розглядаючи інноваційно-технологічну модернізацію секторів національної економіки в умовах поглиблення інтеграційних процесів.

Невирішеною залишається частина загальної проблеми, що стосується поєднання цих напрямів. Праці про цифрову перебудову управління описують її якісно і не дають вимірників сформованості цифрового середовища, а моделі багатокритеріального вибору побудовані технологічно нейтрально: рівень цифрової та аналітичної підтримки управлінського контуру до складу критеріїв не входить і на розрахункову результативність альтернативи не впливає. Моделі цифрової зрілості діагностують стан галузі чи підприємства, але з процедурою вибору конкретного рішення не пов'язані. Отже, бракує показників, які кількісно описували б цифрово-інтелектуальну насиченість і міжсистемну конвергенцію управлінського контуру, та механізму, що вводив би ці показники безпосередньо в оцінювання управлінських альтернатив і давав змогу визначити характер трансформаційного ефекту переходу від фрагментарної цифровізації до системної інтеграції.

Мета статті: з'ясування того, як інтеграція цифрових технологій у систему економічного управління будівельним підприємством впливає на результативність управлінських рішень за умови, що рівень інтелектуалізації управлінського контуру враховується не як зовнішня обставина, а як безпосередній параметр оцінювання та вибору альтернатив.

Це передбачає кількісне вимірювання цифрово-інтелектуальної насиченості й міжсистемної конвергенції та визначення характеру трансформаційного ефекту переходу від фрагментарної цифровізації до системної

інтеграції.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів економічного аналізу. Системний і структурно-функціональний підходи використані для побудови архітектури інтелектуалізованого контуру економічного управління та встановлення взаємозв'язків між операційним, тактичним і стратегічним рівнями; метод інтегрального оцінювання — для зведення технологічних, інформаційних та аналітичних характеристик до єдиної шкали при визначенні цифрово-інтелектуальної насиченості, міжсистемної конвергенції та рівня інтелектуалізації управлінського контуру; магатокритеріальний метод у поєднанні з нелінійним моделюванням — для зіставлення управлінських альтернатив за економічним ефектом, ресурсною ефективністю, часовою стійкістю, прогнозною точністю та ризиком; ризикоскориговане оцінювання та оптимізаційний підхід — для визначення пріоритетності альтернатив і формалізації вибору за бюджетних, ресурсних і часових обмежень; метод динамічного моделювання — для відображення траєкторії накопичення економічної віддачі переходу від фрагментарної цифровізації до системної інтеграції.

Виклад основних результатів дослідження. Сучасне функціонування будівельних підприємств характеризується істотним ускладненням економічних взаємозв'язків, прискоренням управлінських циклів та зростанням обсягів різномірних даних, що формуються на всіх етапах реалізації будівельних проектів. Традиційна модель економічного управління, орієнтована переважно на ретроспективне опрацювання фінансових і виробничих показників, поступово втрачає здатність забезпечувати своєчасну реакцію на коливання вартості ресурсів, зміну строків виконання робіт, відхилення бюджетів, порушення логістичних зв'язків та трансформацію ринкових умов. За таких обставин цифрова конвергенція набуває значення системоутворювального процесу, який забезпечує поєднання інформаційних, аналітичних, технологічних та економічних компонентів у єдиний контур формування управлінських рішень.

Інтелектуалізація економічного управління передбачає якісно вищий рівень використання цифрових технологій порівняно зі звичайною автоматизацією окремих операцій. Її зміст полягає у створенні середовища,

здатного не лише накопичувати та систематизувати інформацію, а й виявляти приховані закономірності, оцінювати альтернативні сценарії, прогнозувати економічні наслідки та формувати аналітичну основу для вибору найбільш результативної управлінської дії. ВІМ-моделі, ERP-системи, цифрові платформи управління проектами, хмарні технології, алгоритми штучного інтелекту, машинного навчання та предиктивної аналітики в такій конфігурації функціонують не ізольовано, а формують взаємопов'язану цифрову інфраструктуру.

Особливого значення набуває організація безперервного руху даних між операційним, тактичним і стратегічним рівнями. На операційному рівні формуються первинні відомості щодо фактичного виконання робіт, використання матеріальних ресурсів, трудових витрат, завантаження техніки, календарного виконання та поточного стану витрат. Тактичний рівень забезпечує агрегування інформації, виявлення відхилень, оцінювання бюджетної дисципліни та коригування параметрів реалізації проектів [1]. Стратегічний рівень трансформує сформований масив даних у прогнозні оцінки, сценарії розвитку та рішення щодо структури ресурсів, інвестицій, портфеля проектів і напрямів економічного розвитку підприємства.

Логіку такої взаємодії доцільно представити через рис. 1, в якому інформаційні потоки проходять послідовні стадії цифрової консолідації, аналітичного опрацювання, інтелектуальної інтерпретації та економічної верифікації.

Структурна побудова такого контуру має базуватися на принципі замкненого управлінського циклу. Результати реалізованих рішень повертаються до цифрового середовища у формі нових фактичних даних, що забезпечує оновлення інформаційної бази та поступове підвищення точності прогнозування. Відповідно, економічне управління набуває властивостей адаптивності: система не обмежується одноразовою реакцією на виявлене відхилення, а накопичує результати попередніх управлінських впливів і використовує їх для вдосконалення наступних рішень.

Для кількісного визначення рівня сформованості такого середовища пропонується інтегральний індекс цифрово-інтелектуальної насиченості економічного управління:

$$I_{DIN} = \left[\prod_{i=1}^n (x_i^{w_i} \cdot (1 + \alpha_i a_i)) \right]^{\frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i}} \cdot \exp(-\lambda \sum_{i=1}^n w_i d_i^2), \quad (1)$$

де:

I_{DIN} — індекс цифрово-інтелектуальної насиченості економічного управління;

x_i — нормований рівень цифровізації i -го функціонального компонента;

w_i — ваговий коефіцієнт його значущості;

a_i — рівень аналітичної та інтелектуальної підтримки;

α_i — коефіцієнт чутливості компонента до інтелектуалізації;

d_i — величина інформаційного розриву між відповідним компонентом та інтегрованим цифровим середовищем;

λ — параметр штрафування структурної фрагментарності.

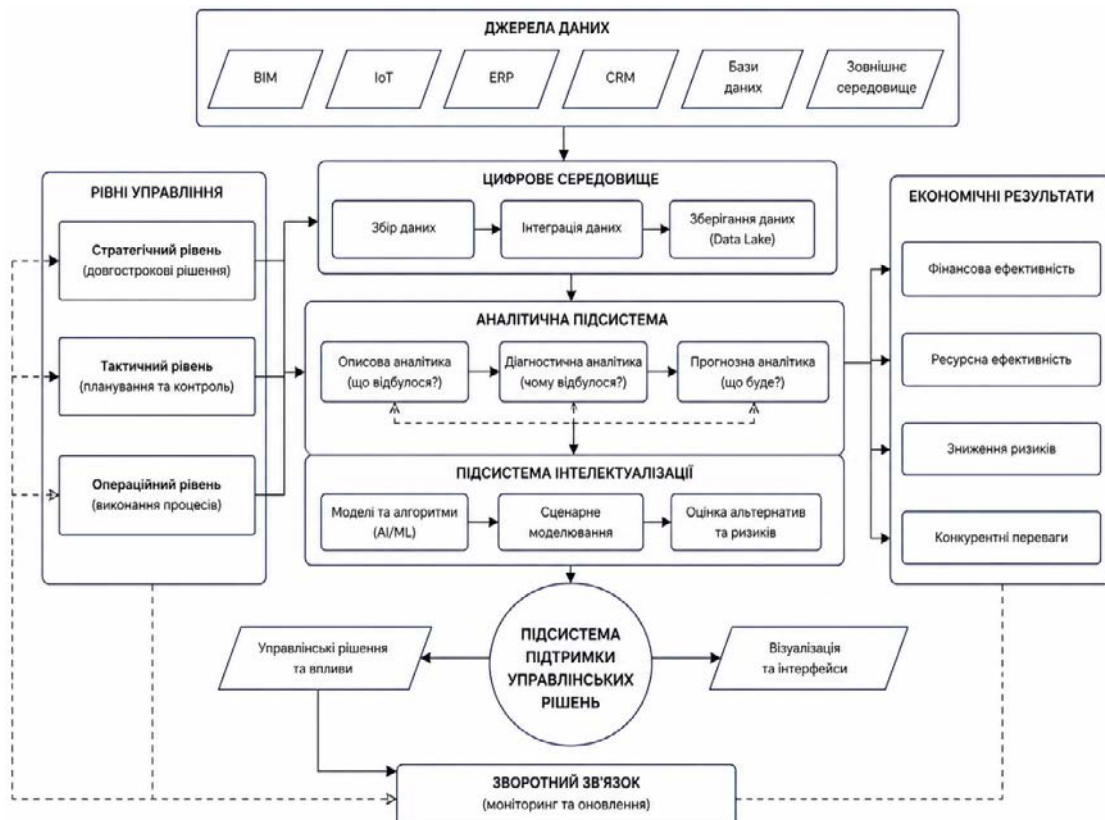


Рис. 1. Архітектура інтелектуалізованого контуру економічного управління будівельним підприємством
Джерело: складено автором за [1].

Запропонована залежність враховує не лише ступінь технологічного оснащення окремих управлінських функцій. Економічний ефект цифровізації знижується за наявності значних інформаційних розривів між системами, навіть якщо кожна з них окремо характеризується високим рівнем функціональності [2]. Експоненційне коригування відображає втрати,

спричинені несумісністю даних, дублюванням інформаційних потоків та необхідністю ручного перенесення інформації.

Функціональне наповнення цифрового середовища економічного управління може бути систематизоване у вигляді табл. 1.

Таблиця 1

Функціональна конфігурація цифрових технологій у системі економічного управління будівельним підприємством

Функціональний контур	Цифрова технологічна основа	Економічна функція	Результат інтелектуалізації
Ресурсно-виробничий	BIM, IoT, цифровий моніторинг	Контроль ресурсомісткості та виконання робіт	Раннє виявлення ресурсних відхилень
Фінансово-бюджетний	ERP, хмарна аналітика	Контроль витрат і бюджетних параметрів	Прогнозування бюджетних дисбалансів
Проектно-календарний	CDE, цифрові платформи	Координація потоків і взаємозалежних процесів	Прогноз критичних відхилень
Аналітико-прогностичний	AI, ML, Big Data	Моделювання економічних сценаріїв	Інтелектуальна підтримка вибору рішень
Стратегічний	BI, DSS, прогностичні моделі	Управління розвитком і портфелем проєктів	Підвищення обґрунтованості стратегічних рішень

Джерело: складено автором за [2].

Сам факт наявності цифрових технологій не забезпечує цілісності економічного управління. Визначальним стає ступінь їх взаємної інтеграції, який характеризує здатність різних технологічних компонентів

підтримувати безперервний рух економічно значущої інформації. Для його оцінювання пропонується коефіцієнт міжсистемної цифрової конвергенції:

$$K_{DC} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j \neq i}^m q_{ij} s_{ij} r_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j \neq i}^m q_{ij}} \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^m \tau_i \varepsilon_i}{\sum_{i=1}^m \tau_i} \right], \quad (2)$$

де:

K_{DC} – коефіцієнт міжсистемної цифрової конвергенції;

q_{ij} – інтенсивність інформаційного обміну між цифровими компонентами i та j ;

s_{ij} – рівень технологічної сумісності;

r_{ij} – коефіцієнт релевантності переданих даних для економічного управління;

τ_i – значущість інформаційного потоку;

ε_i – частка помилок, затримок або втрат даних.

Зростання K_{DC} характеризує перехід від сукупності локально автоматизованих функцій до інтегрованої цифрової системи. Водночас висока інтенсивність інформаційного обміну не розглядається як достатня характеристика ефективності, оскільки надлишкові, несвоєчасні або нерелевантні дані можуть збільшувати

інформаційне навантаження без підвищення якості рішень.

Поєднання цифрової насиченості та міжсистемної конвергенції формує основу для визначення інтегрального рівня інтелектуалізації управлінського контуру:

$$I_{IMC} = I_{DIN}^{\beta_1} K_{DC}^{\beta_2} P_A^{\beta_3} (1 - R_D)^{\beta_4} \cdot \left[1 + \gamma \ln \left(1 + \frac{V_P}{T_R} \right) \right], \quad \sum_{k=1}^4 \beta_k = 1, \quad (3)$$

де:

I_{IMC} – інтегральний рівень інтелектуалізації управлінського контуру;

P_A – точність прогнозно-аналітичних моделей;

R_D – ризик інформаційної дезінтеграції;

V_P – обсяг управлінських процесів, охоплених цифровою аналітикою;

T_R – середня тривалість формування управлінської реакції;

$\beta_1 - \beta_4$ – вагові параметри структурних складових;

γ – коефіцієнт впливу швидкості аналітичного опрацювання інформації.

Економічна логіка запропонованого показника полягає в тому, що високий рівень інтелектуалізації формується лише за одночасного поєднання цифрової насиченості, технологічної взаємопов'язаності, прогнозової точності та низького ризику інформаційної дезінтеграції. Логарифмічна складова відображає поступове зниження граничного ефекту від подальшого прискорення аналітичних процедур: після досягнення достатньої оперативності додаткове скорочення часу обробки інформації створює менший приріст управлінської результативності [3].

Характер залежності між рівнем цифрово-аналітичної інтеграції та результативністю економічного управління доцільно відобразити у вигляді рис. 2.

Цифрова конвергенція трансформує саму природу економічного управління будівельним підприємством. Відбувається перехід від дискретного опрацювання ретроспективних показників до безперервного формування цифрового образу економічного стану підприємства, в якому фактичні дані поєднуються з прогнозними оцінками та сценарними моделями. Інтелектуалізований контур забезпечує скорочення часової дистанції між виникненням економічного відхилення, його аналітичним розпізнаванням та формуванням відповідної управлінської реакції, створюючи основу для переходу до багатокритеріального моделювання результативності управлінських рішень.

Інтелектуалізація економічного управління будівельними підприємствами змінює механізм формування управлінського вибору, оскільки цифрове середовище забезпечує одночасне опрацювання фінансових, ресурсних, часових, виробничих і ризикових параметрів. Результативність рішення за таких умов визначається не максимізацією окремого економічного показника, а досягненням збалансованого співвідношення між очікуваним ефектом, необхідними витратами, швидкістю реалізації, прогнозовою надійністю та допустимим рівнем ризику.

Процес інтелектуалізованого вибору охоплює формування множини альтернатив, їх цифрову параметризацію, багатокритеріальне оцінювання, ризикове коригування та визначення пріоритетного рішення. Важливою особливістю такого підходу є динамічність оцінювання: зміна вартості ресурсів, строків виконання робіт або прогнозного ризику автоматично змінює позицію відповідної альтернативи.

Для формалізації послідовності перетворення вихідних економічних, ресурсних, часових і ризикових параметрів у обґрунтований управлінський вибір доцільно структурувати взаємозв'язок ключових процедур генерування, оцінювання та ранжування альтернатив. Відповідну логіку багатокритеріальної селекції цифрово-інтелектуалізованих управлінських рішень наведено на рис. 3 [4].

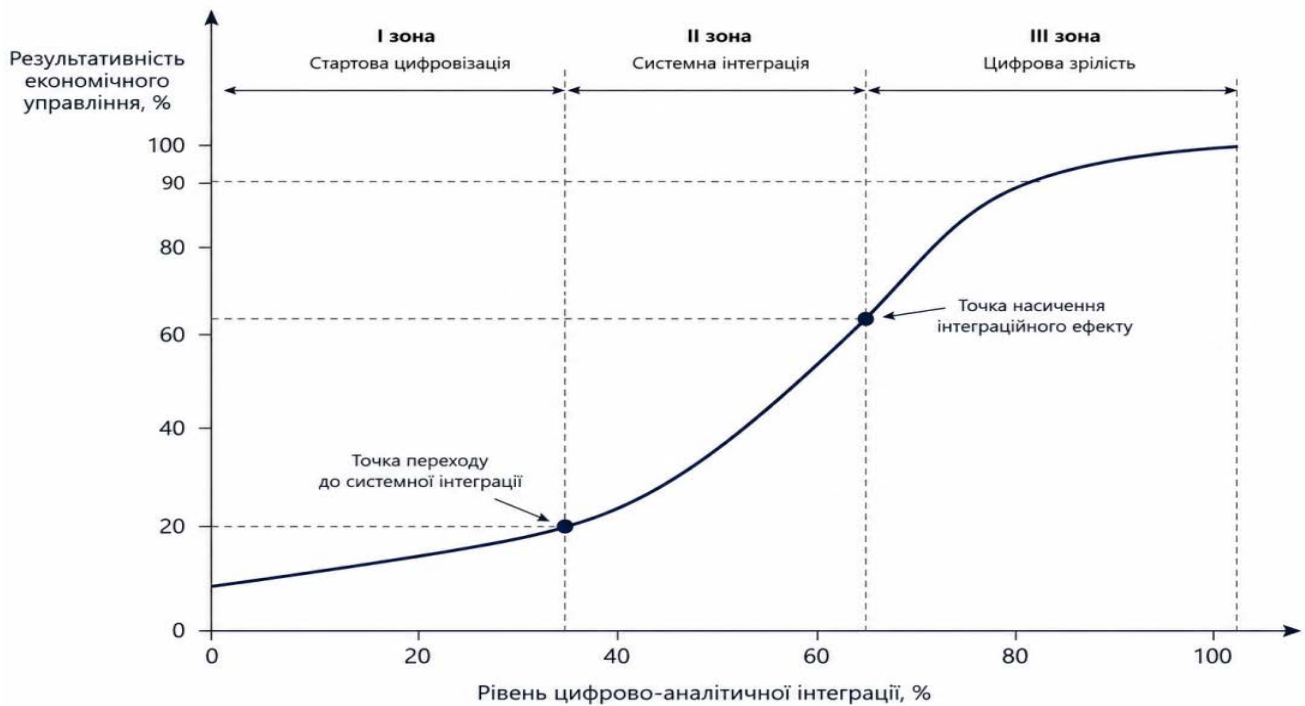


Рис. 2. Нелінійна залежність результативності економічного управління будівельним підприємством від рівня цифрово-аналітичної інтеграції
Джерело: складено автором за [3].

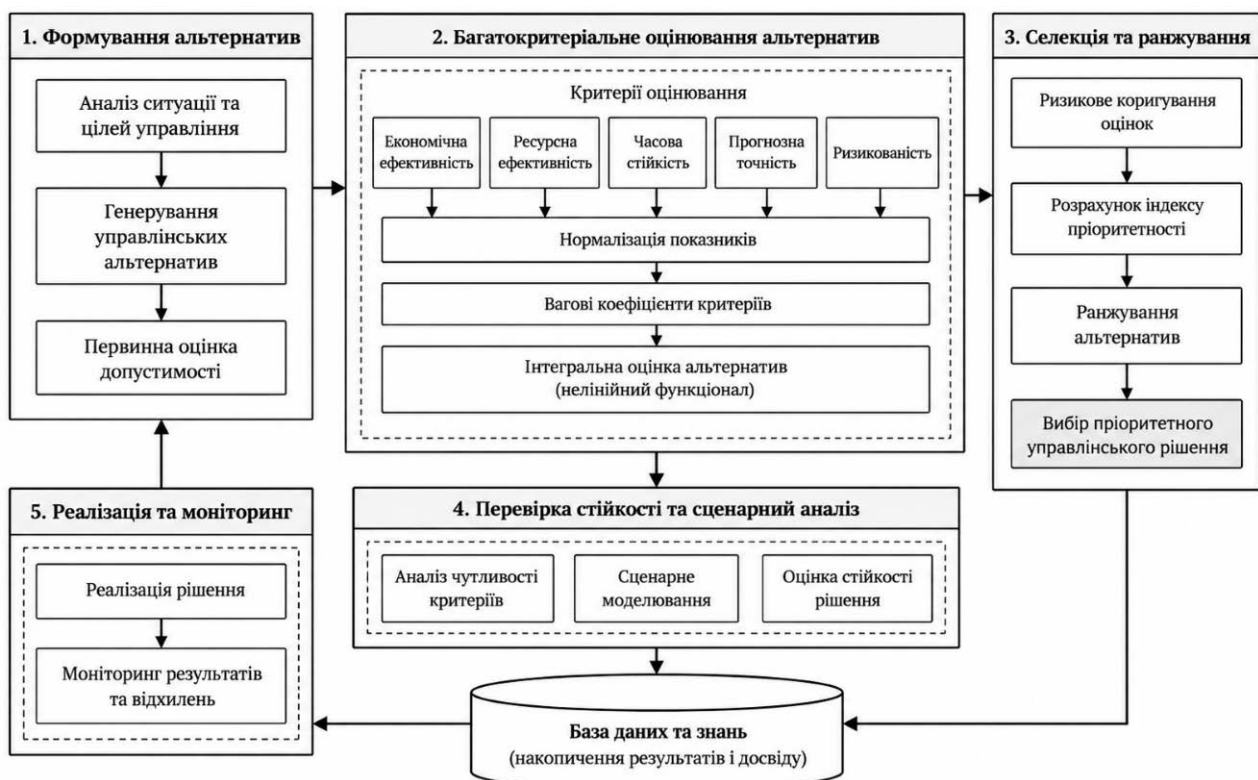


Рис. 3. Багатокритеріальна модель формування та селекції цифрово-інтелектуалізованих економіко-управлінських рішень
Джерело: складено автором за [4].

Для комплексного оцінювання альтернативи /про- результативності:
понується нелінійний функціонал економічної

$$F_j = \left[\prod_{i=1}^n (x_{ij}^{w_i}) \right] (1 + \eta I_{IMC}) \exp[-\lambda R_j - \mu D_j], \quad (4)$$

де:

F_j – комплексна результативність управлінської альтернативи;

x_{ij} – нормоване значення i -го критерію;

w_i – його вагова значущість;

I_{IMC} – рівень інтелектуалізації управлінського контуру;

R_j – інтегральний ризик;

D_j – ступінь ресурсно-часового відхилення;

η, λ, μ – коефіцієнти чутливості.

Мультиплікативна структура забезпечує врахування взаємної залежності критеріїв: критично низьке значення одного параметра обмежує загальну результативність альтернативи навіть за високих значень інших характеристик [5]. Інтелектуалізація посилює потенціал рішення завдяки підвищенню точності

прогнозування, тоді як ризикові та ресурсно-часові відхилення зменшують його підсумкову економічну цінність.

Для зіставлення альтернатив доцільно сформувати табл. 2.

Таблиця 2

Матриця параметричного оцінювання цифрово-інтелектуалізованих управлінських рішень

Альтернатива	Економічний ефект	Ресурсна ефективність	Часова стійкість	Прогнозна точність	Ризик
A ₁ – локальна цифровізація	0,68	0,72	0,65	0,70	0,24
A ₂ – інтегрована цифрова модель	0,82	0,84	0,79	0,86	0,15
A ₃ – інтелектуалізований контур	0,91	0,88	0,87	0,94	0,09

Джерело: складено автором за [5].

Вихідні параметри оцінювання відображають поступове розширення цифрової інтеграції та аналітичної підтримки управлінських процесів. Для A₃ за вагових коефіцієнтів критеріїв 0,30, 0,20, 0,20, 0,30, значення

$I_{IMC} = 0,87$, $D_3 = 0,08$, $\eta = 0,25$, $\lambda = 0,60$ та $\mu = 0,40$ після підстановки отримано:

$$F_3 = (0,91^{0,30} \cdot 0,88^{0,20} \cdot 0,87^{0,20} \cdot 0,94^{0,30}) (1 + 0,25 \cdot 0,87) e^{-(0,60 \cdot 0,09 + 0,40 \cdot 0,08)} \approx 1,02.$$

Отримане значення свідчить про компенсацію базових ризикових обмежень за рахунок високої прогнозної точності та розвинуеного рівня інтелектуалізації.

Для поглиблення оцінювання вводиться ризикоскопований індекс пріоритетності:

$$P_j = \frac{F_j \cdot P_j^{(f)} \cdot (1 + \rho S_j)}{1 + \sigma_j^2 + \theta C_j}, \quad (5)$$

де:

$P_j^{(f)}$ – прогнозна ймовірність досягнення запланованого економічного результату;

S_j – стратегічна синергія;

σ_j^2 – дисперсія прогнозованого результату;

C_j – відносна капіталомісткість;

ρ, θ – параметри чутливості.

$$\text{За } F_3 = 1,02, P_3^{(f)} = 0,94, S_3 = 0,82, \sigma_3^2 = 0,06, C_3 = 0,21, \rho = 0,20 \text{ та } \theta = 0,25:$$

$$P_3 = \frac{1,02 \cdot 0,94 \cdot (1 + 0,20 \cdot 0,82)}{1 + 0,06 + 0,25 \cdot 0,21} \approx 1,01.$$

Результат характеризує високу пріоритетність інтелектуалізованого контуру, оскільки додаткові витрати на його впровадження компенсуються прогнозовою надійністю, стратегічною синергією та зниженням

невизначеності.

Остаточний вибір може бути формалізований через оптимізаційну функцію:

$$A^* = \arg \max_{A_j \in \Omega} \{P_j(1 + \delta K_{DC}) - \varphi|B_j - B_{\max}| - \psi T_j\}, \quad (6)$$

де:

A^* – пріоритетна управлінська альтернатива;

Ω – множина допустимих рішень;

K_{DC} – рівень цифрової конвергенції;

B_j – необхідний бюджет;

$B_{\max}$ – граничний ресурсний ліміт;

T_j – час реалізації;

δ, φ, ψ – коефіцієнти управлінської чутливості.

Такий механізм забезпечує вибір не формально найприбутковішої альтернативи, а рішення, яке зберігає економічну результативність за ресурсних, часових і ризикових обмежень.

Для відображення характеру зміни економічної результативності залежно від поглиблення цифрово-аналітичної підтримки управлінських процесів доцільно

простежити динаміку відповідного інтегрального показника за різних рівнів інтелектуалізації. Така залежність дає змогу визначити етапи поступового накопичення ефекту, момент переходу до інтенсивнішого зростання та межі подальшого підвищення результативності, що відображено на рис. 4 [6].

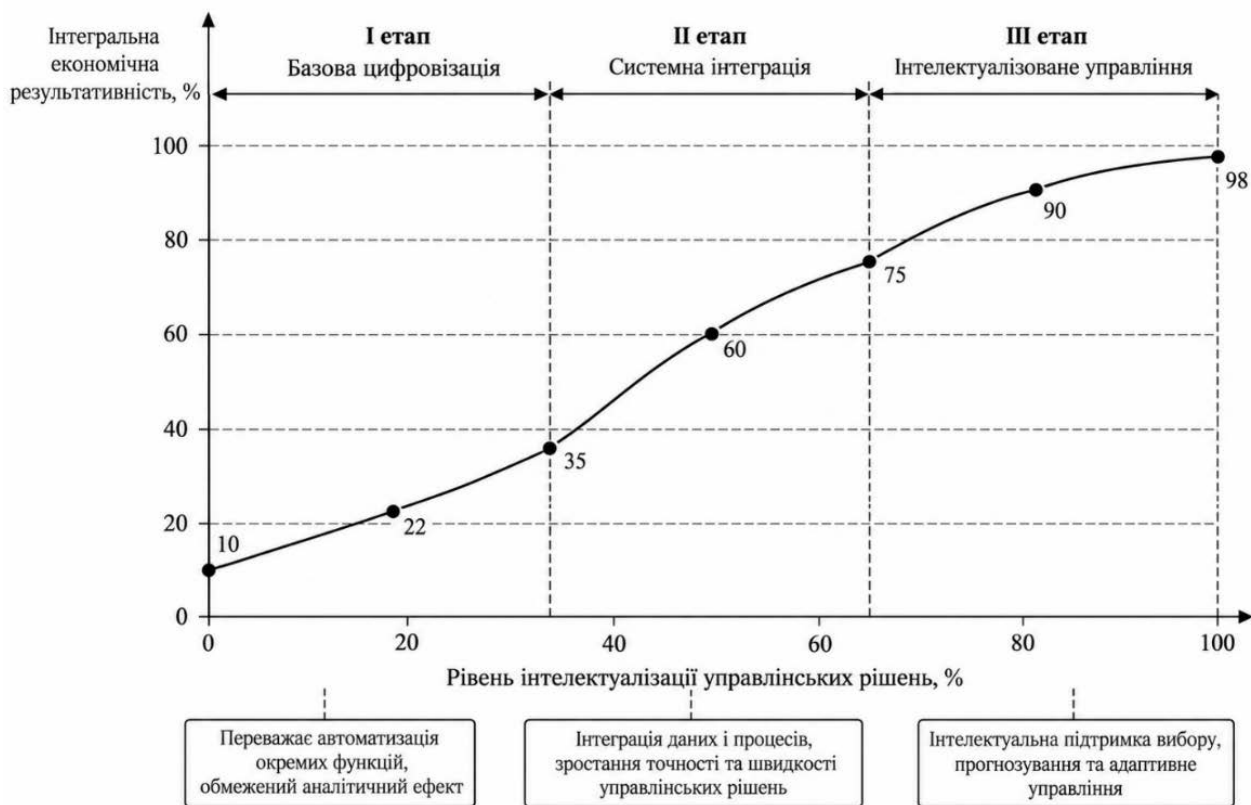


Рис. 4. Динаміка інтегральної економічної результативності за рівнями інтелектуалізації управлінських рішень

Джерело: складено автором за [6].

Багатокритеріальний механізм формує послідовний аналітичний ланцюг, у якому цифрові дані трансформуються в кількісну оцінку результативності, отримана оцінка коригується відповідно до ризику та прогнозної надійності, а сформований індекс використовується для оптимізаційного вибору. Це забезпечує перехід від реактивного економічного управління до інтелектуалізованої моделі прийняття рішень, здатної адаптувати вибір до зміни внутрішніх і зовнішніх параметрів функціонування будівельного підприємства.

Інтеграція цифрових технологій у систему економічного управління створює результат не лише у вигляді

скорочення тривалості окремих операцій або автоматизації облікових процедур. Основний ефект проявляється у зміні якості управлінської реакції, точності прогнозування, рівня використання ресурсів та здатності підприємства своєчасно коригувати параметри реалізації будівельних проєктів.

Трансформаційний ефект формується під впливом кількох взаємозалежних складових. Зростання швидкості оброблення інформації скорочує лаг між виникненням відхилення та управлінською реакцією [10]. Підвищення прогнозної точності зменшує ймовірність прийняття економічно неефективних рішень.

Для кількісної оцінки сукупного трансформаційного ефекту доцільно використати комплексний

$$I_{TE} = \left[\left(\frac{E_1}{E_0} \right)^{\omega_1} \left(\frac{R_0}{R_1} \right)^{\omega_2} \left(\frac{T_0}{T_1} \right)^{\omega_3} \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\omega_4} \right] \cdot (1 + \chi K_{DC} I_{IMC}) \cdot e^{-\nu U}, \quad (7)$$

де:

I_{TE} – комплексний індекс трансформаційного ефекту;
 E_0, E_1 – економічна результативність до та після цифрової інтеграції;
 R_0, R_1 – рівень управлінського ризику;
 T_0, T_1 – середня тривалість формування управлінської реакції;
 P_0, P_1 – точність прогнозування;
 $\omega_1 - \omega_4$ – вагові коефіцієнти;
 K_{DC} – коефіцієнт цифрової конвергенції;
 I_{IMC} – інтегральний рівень інтелектуалізації;
 U – рівень залишкової невизначеності;
 χ, ν – параметри чутливості.

Економічний зміст цієї залежності полягає у тому, що позитивний трансформаційний ефект формується одночасно через зростання результативності та точності управління, скорочення ризику і часу реакції, а також через синергетичний вплив цифрової інтеграції та інтелектуалізації. Високий рівень залишкової

невизначеності, навпаки, знижує підсумковий результат навіть за значного технологічного оснащення.

Порівняльні параметри функціонування системи економічного управління можна представити у вигляді табл. 3.

Таблиця 3

Порівняльна оцінка економіко-управлінських параметрів за різних станів цифрової інтеграції

Показник	Фрагментарна цифровізація	Системна цифрова інтеграція	Інтелектуалізоване управління
Економічна результативність, коеф.	0,68	0,82	0,94
Точність прогнозування, коеф.	0,64	0,83	0,95
Рівень управлінського ризику	0,29	0,18	0,09
Швидкість управлінської реакції, коеф.	0,57	0,76	0,92
Ресурсна ефективність, коеф.	0,66	0,81	0,90

Джерело: складено автором за [7].

Вихідні параметри характеризують поступовий перехід від локальної автоматизації до інтегрованого цифрового середовища та подальшої інтелектуалізації економічного управління. За значень $E_0 = 0,68$, $E_1 = 0,94$, $R_0 = 0,29$, $R_1 = 0,09$, $T_0 = 1,00$, $T_1 = 0,62$, $P_0 =$

$0,64$, $P_1 = 0,95$, вагових коефіцієнтів $0,30$, $0,20$, $0,20$, $0,30$, $K_{DC} = 0,89$, $I_{IMC} = 0,87$, $U = 0,08$, $\chi = 0,20$ та $\nu = 0,50$ після підстановки отримано:

$$I_{TE} \approx 1,82.$$

Отримане значення свідчить про суттєве посилення економічної результативності системи управління внаслідок одночасного зростання прогнозової точності, скорочення ризику та прискорення управлінської реакції. Значення, що перевищує одиницю, характеризує сформований позитивний трансформаційний ефект, а рівень 1,82 відображає значне посилення сукупної

економіко-управлінської ефективності.

Подальше оцінювання доцільно здійснювати не лише за статичним станом, а й за прогнозованою траєкторією розвитку. Для цього використовується динамічна модель економічної віддачі:

$$E_t = E_0 + \frac{E_{\max} - E_0}{1 + \exp[-k(t - t_c)]} \cdot I_{TE} - \zeta R_t + \xi A_t, \quad (8)$$

де:

E_t – прогнозований рівень економічної результативності в періоді t ;
 $E_{\max}$ – граничний потенційний рівень результативності;
 k – швидкість накопичення цифрового ефекту;
 t_c – момент переходу до інтенсивної фази трансформації;
 I_{TE} – комплексний трансформаційний індекс;
 R_t – поточний ризиковий тиск;
 A_t – рівень адаптивності системи управління;
 ζ, ξ – коефіцієнти впливу ризику та адаптивності.

Для відображення характеру таких змін доцільно представити рис. 5 [8].

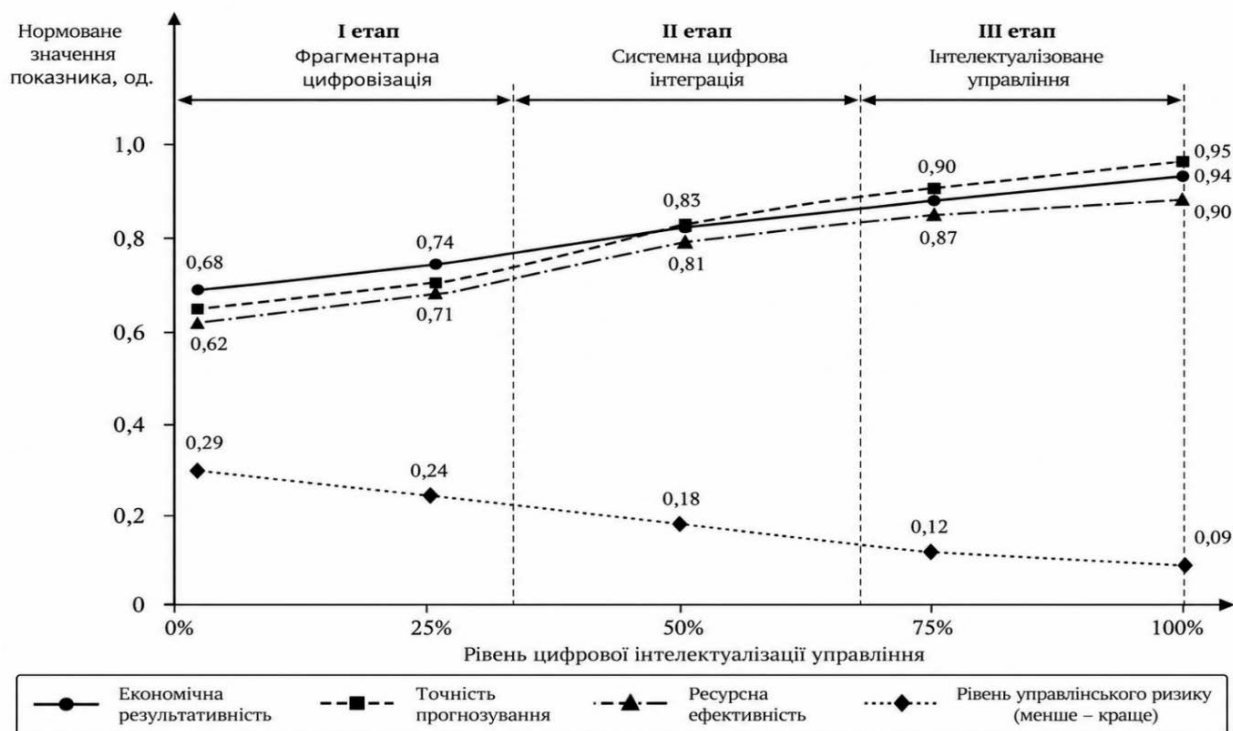


Рис. 5. Траєкторії трансформації ключових параметрів економічного управління під впливом цифрової інтелектуалізації
Джерело: складено автором за [8].

Висновки. Проведене дослідження з метою з'ясування, як інтеграція цифрових технологій у систему економічного управління будівельним підприємством впливає на результативність управлінських рішень, якщо рівень інтелектуалізації управлінського контуру враховано як параметр оцінювання альтернатив, дає підстави для таких висновків:

1. Інтеграція цифрових технологій змінює не спосіб опрацювання інформації, а логіку управління. Фактичні дані, прогнозні оцінки, сценарні моделі та ризикові параметри поєднуються безперервно в межах замкненого циклу зворотного зв'язку, тому управлінське рішення спирається не на ретроспективний зріз показників, а на їх поточний стан і прогноз.

2. Рівень цифрової трансформації не визначається кількістю впроваджених технологій. Вирішальними є цифрово-інтелектуальна насиченість, технологічна сумісність, релевантність інформаційних потоків і ризик інформаційної дезінтеграції: інформаційні розриви, дублювання даних і ручне перенесення показників знижують економічний ефект навіть за високої функціональності окремих компонентів. Міжсистемна конвергенція є передумовою цілісності управлінського середовища.

3. Досягнутий рівень інтелектуалізації доцільно включати безпосередньо до функціонала результативності управлінських альтернатив, а не розглядати як зовнішню обставину вибору. Нелінійна мультиплікативна структура оцінювання відображає взаємозалежність критеріїв, за якої критичне погіршення одного параметра обмежує результативність рішення загалом,

тому ризикоскоригований індекс пріоритетності та оптимізаційна функція обирають не формально найприбутковішу альтернативу, а таку, що зберігає економічну ефективність за ресурсних, бюджетних і часових обмежень. Для інтелектуалізованого контуру розрахунки дали $F_3 \approx 1,02$ та $P_3 \approx 1,01$, тобто високу прогнозну надійність, яка компенсує додаткові витрати на впровадження.

4. Трансформаційний ефект переходу від фрагментарної цифровізації до системної інтеграції має нелінійний характер: на початковій стадії він стримується витратами на інтеграцію, надалі посилюється завдяки синергії між даними, аналітикою і рішеннями, а після досягнення високого рівня цифрової зрілості стабілізується. Комплексний індекс трансформаційного ефекту 1,82 досягнуто одночасним зростанням економічної результативності з 0,68 до 0,94, прогнозної точності — з 0,64 до 0,95 та скороченням управлінського ризику з 0,29 до 0,09, тобто за рахунок узгодженої зміни всіх трьох параметрів, а не одного з них.

5. Практичне значення полягає у застосуванні запропонованих показників і функціонала результативності для оцінювання управлінських альтернатив з урахуванням цифрової зрілості контуру. Розрахунки виконано за параметрами однієї моделі, тому подальші дослідження доцільно спрямувати на їх верифікацію на емпіричних даних будівельних підприємств.

Декларація про використання ШІ: Під час підготовки матеріалу використовувався інструмент штучного інтелекту ChatGPT, модель GPT-5.6 Sol (OpenAI, 2026) для мовного редагування, уточнення

англомовного перекладу та структурного впорядкування тексту. Наукові положення, вихідні дані, розрахунки, результати та висновки перевірені автором.

Автор несе повну відповідальність за зміст статті, достовірність результатів та відповідність матеріалу принципам академічної доброчесності.

Список використаних джерел:

1. Алексєєнко В. О., Чуприна Ю. А. Побудова інтегрованої концепції цифрового реінжинірингу організаційних структур управління будівельними підприємствами. Формування ринкових відносин в Україні. 2026. № 4(299). С. 64–76. DOI: <https://doi.org/10.66416/2522-1620.4.2026.64-76>
2. Krychevska Y., Ryzhakova H., Shpakov A., Pokolenko V., Prykhodko D. Digital Ecosystem in Construction Development: Conceptual-Theoretical Aspects of Transformation and Management Imperatives. Управління розвитком складних систем. 2024. №. 60. С. 174–182. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182>
3. Коломієць В. В. Роль цифрових платформ у моніторингу та управлінні постачанням матеріалів. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2026. Т. 1, Вип. 57. С. 122–135. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501X.2026.57\(1\).122-135](https://doi.org/10.32347/2707-501X.2026.57(1).122-135)
4. Воронін А. М., Савченко А. С. Формалізований метод рішення багатокритеріальних задач. Проблеми керування та інформатики. 2022. № 2. С. 141–148. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PUI_2022_2_12 (дата звернення: 12.06.2026).
5. Jin H., Xu Z., Zhou W., Xu Z. A Fuzzy-Integrated Multi-Criteria Framework for Evaluating Safety Risk Control Strategies in Construction Projects. Buildings. 2026. Vol. 16, No. 1. Art. 134. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings16010134>
6. Кононов О. І. Алгоритм формування інтегральної оцінки економічної результативності промислових підприємств. Економічний вісник Дніпровської політехніки. 2022. № 4. С. 152–160. DOI: <https://doi.org/10.33271/ebdut/80.152>
7. Залізничук В. П. Цифрова економіка України: управлінські аспекти. Актуальні питання економічних наук. 2024. № 6. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14315719>
8. Galagali A. A., Sandbhor S., Ruikar K. A Survey on Enterprise Resource Planning and Building Information Modeling Integration: A Construction 4.0 Perspective. Buildings. 2024. Vol. 14, No. 10. Art. 3165. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14103165>
9. Han Y., Du H., Zhao C. Development of a Digital Transformation Maturity Model for the Construction Industry. Engineering, Construction and Architectural Management. 2025. Vol. 32, No. 7. Pp. 4384–4412. DOI: <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2023-1009>
10. Божидарнік Т. В., Колтунович О. С. Інноваційно-технологічна модернізація окремих секторів національної економіки в умовах поглиблення інтеграційних процесів. Економічний форум. 2018. № 4. С. 13–22. URL: https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-03/zb._nauk._pr._em_2018-compressed.pdf (дата звернення: 12.06.2026).

References:

1. Aleksieienko, V. O., & Chupryna, Yu. A. (2026). Pobudova intehrovanoi kontseptsii tsyfrovoho reinzhyrnirynhu orhanizatsiinykh struktur upravlinnia budivelnymy pidpriemstvamy [Development of an integrated concept of digital reengineering of organizational management structures of construction enterprises]. Formuvannia Rynkovykh Vidnosyn v Ukraini, 4(299), 64–76. <https://doi.org/10.66416/2522-1620.4.2026.64-76> [in Ukrainian].
2. Krychevska, Y., Ryzhakova, H., Shpakov, A., Pokolenko, V., & Prykhodko, D. (2024). Digital ecosystem in construction development: Conceptual-theoretical aspects of transformation and management imperatives. Management of Development of Complex Systems, (60), 174–182. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182> [in English].
3. Kolomiets, V. V. (2026). Rol tsyfrovyykh platform u monitorynhu ta upravlinni postachanniam materialiv [The role of digital platforms in monitoring and managing material supply]. Shliakhy Pidvyshchennia Efektyvnosti Budivnytstva v Umovakh Formuvannia Rynkovykh Vidnosyn, 1(57), 122–135. [https://doi.org/10.32347/2707-501X.2026.57\(1\).122-135](https://doi.org/10.32347/2707-501X.2026.57(1).122-135) [in Ukrainian].
4. Voronin, A. M., & Savchenko, A. S. (2022). Formalizovanyi metod rishennia bahatokryterialnykh zadach [A formalized method for solving multicriteria problems]. Problemy Keruvannia ta Informatyky, (2), 141–148. http://nbuv.gov.ua/UJRN/PUI_2022_2_12 [in Ukrainian].
5. Jin, H., Xu, Z., Zhou, W., & Xu, Z. (2026). A fuzzy-integrated multi-criteria framework for evaluating safety risk control strategies in construction projects. Buildings, 16(1), 134. <https://doi.org/10.3390/buildings16010134> [in English].
6. Kononov, O. I. (2022). Alhorytm formuvannia intehralnoi otsinky ekonomichnoi rezultatyvnosti promyslovykh pidpriemstv [Algorithm for forming an integrated assessment of the economic performance of industrial enterprises]. Ekonomichnyi Visnyk Dniprovskoi Politekhniky, (4), 152–160. <https://doi.org/10.33271/ebdut/80.152> [in Ukrainian].
7. Zalizniuk, V. P. (2024). Tsyfrova ekonomika Ukrainy: upravlinski aspekty [Digital economy of Ukraine: Managerial aspects]. Aktualni Pytannia Ekonomichnykh Nauk, (6). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14315719> [in

Ukrainian].

8. Galagali, A. A., Sandbhor, S., & Ruikar, K. (2024). A survey on enterprise resource planning and building information modeling integration: A Construction 4.0 perspective. *Buildings*, 14(10), 3165. <https://doi.org/10.3390/buildings14103165> [in English].

9. Han, Y., Du, H., & Zhao, C. (2025). Development of a digital transformation maturity model for the construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(7), 4384–4412. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2023-1009> [in English].

10. Bozhydarnik, T. V., & Koltunovych, O. S. (2018). Innovatsiino-tehnolohichna modernizatsiia okremykh sektoriv natsionalnoi ekonomiky v umovakh pohlyblennia intehratsiinykh protsesiv [Innovation and technological modernization of selected sectors of the national economy under the conditions of deepening integration processes]. *Ekonomichniy Forum*, (4), 13–22. https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-03/zb._nauk._pr._em_2018-compressed.pdf [in Ukrainian].

Дата надходження статті: 17.08.2026 р.

Дата прийняття статті до друку: 29.09.2026 р.

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.10.2026 р.

Стаття поширюється на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License International CC-BY.