УДК 338.45:69:004.9:005.332.1; JEL class. C13, L74, M15, Q01 DOI: https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-33

Онофрійчук Олег Петрович, к.е.н., доцент, декан економічного факультету, ПВНЗ «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука»

Onofriichuk Oleh, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Economics, Academician Stepan Demianchuk International University of Economics and Humanities, https://orcid.org/0009-0008-3458-7926

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОНОМІКО-ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ БІОСФЕРОСУМІСНОГО БУДІВНИЦТВА

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF ECONOMIC-DIGITAL MODELS FOR BIOSPHERE-COMPATIBLE CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT

Онофрійчук О. П. Методологічні засади оцінювання ефективності економіко-цифрових моделей управління проєктами біосферосумісного будівництва. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2025. Том 10. № 4. С. 172 – 176.

Onofriichuk O. Methodological foundations for assessing the effectiveness of economic-digital models for biosphere-compatible construction project management. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. 2025. Volume 10. № 4, pp. 172 – 176.

У статті обґрунтовано необхідність перегляду традиційних підходів до управління будівельними проєктами в умовах цифрової трансформації, сталого розвитку та посилення мережевої взаємодії стейкхолдерів. Доведено, що класична модель оцінювання результативності за показниками вартості, строків і якості є недостатньою для проєктів біосферосумісного будівництва, у яких результати формуються як багатовимірна сукупність економічних, екологічних, соціальних і цифрово-управлінських ефектів протягом життєвого циклу об'єкта. Біосферосумісне будівництво інтерпретовано як системний тип проєктної діяльності, що інтегрує ресурсно-енергетичну ефективність, мінімізацію екологічного впливу, соціальну результативність, екосистемну координацію стейкхолдерів, цифрову керованість процесів і резильєнтність управлінських рішень. Розкрито сутність економіко-цифрових моделей управління як інтегрованих екосистемних механізмів та запропоновано їх систематизацію за домінуючими управлінськими функціями й цифровим інструментарієм. Розроблено методологію багатовимірного оцінювання ефективності на основі інтегрального показника з нормуванням індикаторів і ваговим зважуванням, апробовану на публічному інвестиційному проєкті в системі DREAM, що підтвердило її практичну придатність для управлінської діагностики.

Ключові слова: *біосферосумісне будівництво, економіко-цифрові моделі управління, управління проєктами, цифрова трансформація, сталий розвиток, інтегральна оцінка ефективності, резильєнтність, стейкхолдерна координація.*

The article substantiates the need to revise traditional approaches to construction project management in the context of digital transformation, the implementation of sustainable development imperatives, and the growing role of network-based stakeholder interaction. It is demonstrated that the classical performance assessment model, focused on cost, time, and quality indicators, is methodologically insufficient for biosphere-compatible construction projects, where outcomes are a multidimensional combination of economic, environmental, social, and managerial-digital effects throughout the entire life cycle of an asset. Biosphere-compatible construction is understood as a systemic project activity that integrates resource and energy efficiency, minimization of environmental impacts, social performance, ecosystem-based stakeholder coordination, digital control of processes, and the resilience of managerial decisions. The paper reveals the essence of economic–digital management models for biosphere-compatible construction projects as integrated ecosystem mechanisms, combining financial planning and control instruments with digital platforms for data collection, processing, and analytical decision support. A typology of such models is proposed based on dominant managerial functions and digital toolsets (platform-based, BIM-oriented, process-digital, and data-driven models), accounting for the specific features of managing complex biosphere-compatible projects. A multidimensional methodology for assessing the effectiveness of economic–digital management models is developed by integrating qualitative structuring and quantitative evaluation through a system of criteria and indicators across six key effectiveness dimensions. The methodology applies an integrated performance indicator, normalizes indicators, and uses weighted aggregation via the Analytic Hierarchy Process, ensuring comparability of results and preserving managerial interpretability. The approbation of the proposed methodology, as applied to a public investment energy-efficiency and heat-recovery project registered in the DREAM digital system, confirms its practical applicability and analytical value for managerial diagnostics and evidence-based decision-making in the field of biosphere-compatible construction.

Keywords: *biosphere-compatible construction; economic–digital management models; project management; digital transformation; sustainable development; integral effectiveness assessment; resilience; stakeholder coordination.*

Вступ

У сучасних умовах цифровізації, декарбонізації та переходу до моделей сталого розвитку управління інвестиційно-будівельними проєктами істотно ускладнюється. Проєкти біосферосумісного будівництва реалізуються в середовищі підвищеної невизначеності, множинності стейкхолдерів і жорстких екологічних обмежень, що знижує ефективність підходів до управління, орієнтованих переважно на контроль вартості, строків і якості.

Попри активне впровадження економіко-цифрових моделей управління з використанням BIM, цифрових платформ і аналітики даних, інструментарій оцінювання їх ефективності залишається фрагментарним і методологічно неузгодженим. Існуючі підходи здебільшого ізольовано аналізують економічні, екологічні або соціальні результати, не враховуючи системну взаємодію управлінських, цифрових і стейкхолдерних компонентів.

За таких умов актуалізується потреба у формуванні комплексної методології оцінювання ефективності економіко-цифрових моделей управління проєктами біосферосумісного будівництва, яка забезпечує багатовимірну, порівнювану та інтерпретовану оцінку результатів управління й створює підґрунтя для обґрунтування управлінських та інвестиційних рішень у процесах сталого розвитку будівельного сектору.

У наукових дослідженнях з управління будівельними проєктами тривалий час домінував підхід до оцінювання ефективності, зосереджений на фінансово-економічних показниках, дотриманні строків і якості робіт. Однак в умовах цифрової трансформації та переходу до сталого й біосферосумісного розвитку такі підходи дедалі більше втрачають аналітичну повноту, оскільки не відображають складності управлінських взаємозв'язків, багатовимірності результатів і ролі цифрових технологій у формуванні управлінської ефективності. Значний масив наукових праць присвячено цифровій трансформації будівельного девелопменту та формуванню цифрових екосистем управління, у межах яких BIM, ERP, IoT і цифрові двійники забезпечують інтеграцію стейкхолдерів, синхронізацію процесів і підвищення прозорості прийняття рішень, сприяючи скороченню витрат, зменшенню екологічного впливу та підвищенню якості управління [1]. Подальші дослідження розвивають ці ідеї через цифровізацію операційних систем і використання платформ, Big Data та гнучких методологій управління, що формує передумови для резильєнтних і екологічно орієнтованих будівельних екосистем [2; 3]. Паралельно у сфері сталого та біосферосумісного будівництва активно застосовуються мультикритеріальні методи прийняття рішень і гібридні підходи, зокрема поєднання MCDM і LCA, які дозволяють інтегрувати економічні, екологічні та соціальні критерії протягом життєвого циклу об'єкта [4; 5; 6; 7; 9; 10]. Водночас аналіз наявних публікацій засвідчує фрагментарність підходів і відсутність цілісної методології оцінювання ефективності економіко-цифрових моделей управління у

© Онофрійчук Олег Петрович, 2025

проєктах біосферосумісного будівництва, здатної інтегрувати цифрові, економічні, екологічні та стейкхолдерні виміри в єдину систему, що й зумовлює актуальність і наукову новизну дослідження.

Формулювання цілей статті

Метою дослідження є обґрунтування методологічних засад оцінювання ефективності економіко-цифрових моделей управління проєктами біосферосумісного будівництва та визначення їх ролі як ключового інструменту забезпечення збалансованості економічних, екологічних і соціальних результатів упродовж життєвого циклу об'єкта.

Виклад основного матеріалу дослідження

У сучасних умовах трансформації будівельної галузі дедалі більшої ваги набуває перегляд підходів до управління проєктами з урахуванням імперативів сталого розвитку, цифровізації та мережевої взаємодії стейкхолдерів. Практика свідчить, що моделі управління, зосереджені на «класичній тріаді» результативності (вартість–строки–якість), не забезпечують достатньої пояснювальної й управлінської спроможності в проєктах, де результат визначається не лише економічними параметрами, а й екологічними та соціальними наслідками протягом усього життєвого циклу об'єкта [3; 7]. Зазначене особливо релевантне для проєктів біосферосумісного будівництва, в яких досягнення цілей розвитку потребує одночасного узгодження ресурсної ефективності, екологічної збалансованості та соціальної прийнятності управлінських рішень [6; 9]. У таких умовах підвищується роль економіко-цифрових моделей управління як інтегрованих механізмів координації, моніторингу та аналітичного супроводу управлінських дій [1; 2].

Біосферосумісне будівництво доцільно розглядати як системний тип проєктної діяльності, спрямований на узгодження техногенних рішень із природними системами та формування довгострокової екологічної й соціально-економічної цінності протягом життєвого циклу об'єкта; на відміну від вузько орієнтованих «зелених» підходів, воно інтегрує екологічні, економічні, соціальні та управлінські виміри в єдину логіку управління проєктом [7; 9]. Для методологічного оцінювання ефективності економіко-цифрових моделей управління біосферосумісність проєкту доцільно ідентифікувати за сукупністю взаємопов'язаних ознак елементів: 1) ресурсно-енергетична ефективність і циркулярність; 2) мінімізація екологічних впливів за життєвим циклом; 3) соціальна результативність і безпека; 4) екосистемна стейкхолдерна координація;5) цифрова керованість процесів і прозорість даних; 6) резильєнтність і ризикостійкість.

З огляду на багатовимірний характер біосферосумісного будівництва та різнорідність цілей, що реалізуються в межах таких проєктів, постає необхідність переходу від концептуального визначення цього явища до його операціоналізації в управлінському вимірі. Саме операціоналізація дозволяє трансформувати узагальнені принципи біосферосумісності у конкретні управлінські вимоги та інструменти їх реалізації в процесі проєктного управління. Щоб забезпечити практичну застосовність визначених елементів, необхідно встановити їх відповідність управлінським вимогам та цифровим інструментам реалізації. У цьому контексті доцільним є виокремлення ключових елементів біосферосумісного будівництва та встановлення їх відповідності управлінським завданням і цифровим інструментам, що забезпечують досягнення екологічних, економічних і соціальних цілей. Такий підхід створює методологічну основу для ідентифікації економіко-цифрових моделей управління проєктами біосферосумісного будівництва та є передумовою подальшого формування системи показників і методів оцінювання їх ефективності, що відображено у таблиці 1. Таблиця відображає, що досягнення біосферосумісних цілей у будівельних проєктах можливе лише за умови інтеграції екологічних, економічних і соціальних орієнтирів у єдину систему управління, яка функціонує на основі цифрових технологій. Це підтверджує, що цифрові інструменти виступають не допоміжним, а системоутворюючим елементом економіко-цифрових моделей управління проєктами біосферосумісного будівництва. Це означає, що в практиці будівельного девелопменту формується спектр економіко-цифрових моделей управління, які відрізняються домінуючими функціями координації, даними та інструментарієм.

Таблиця 1. Взаємозв'язок елементів біосферосумісного будівництва, управлінських вимог та цифрових інструментів

Елементи біосферо-сумісного будівництва	Ключові управлінські вимоги	Цифрові інструменти та технології
Ресурсно-енергетична ефективність та циркулярність	Планування і контроль споживання ресурсів на всіх етапах життєвого циклу; оптимізація матеріальних потоків; мінімізація втрат і відходів	BIM (LCA-модулі), цифрові двійники, системи управління ресурсами (ERP), платформи моніторингу енергоефективності
Мінімізація екологічного впливу протягом життєвого циклу	Оцінювання екологічних наслідків рішень; контроль викидів, відходів і впливу на екосистеми; інтеграція екологічних KPI в управління проєктом	LCA-платформи, ESG-аналітика, BIM з екологічними атрибутами, системи екологічного моніторингу
Соціальна результативність і безпека	Забезпечення безпеки праці; дотримання соціальних стандартів; врахування інтересів користувачів і місцевих громад	Цифрові платформи охорони праці (H&S), IoT-сенсори безпеки, системи управління інцидентами, соціальні дашборди
Екосистемна стейкхолдерна координація	Узгодження дій учасників; прозорий розподіл ролей і відповідальності; управління взаємодією та конфліктами	Платформи спільної роботи (CDE), BIM-collaboration tools, цифрові контракти, blockchain-рішення
Цифрова керованість і прозорість процесів	Забезпечення доступності та достовірності даних; оперативний контроль виконання; підтримка прийняття рішень на основі даних	Project Management Systems, Big Data-аналітика, цифрові дашборди, системи бізнес-аналітики (BI)
Резильєнтність і ризикостійкість	Ідентифікація та моніторинг ризиків; адаптація до змін зовнішнього середовища; забезпечення безперервності управління	Risk Management Systems, сценарне моделювання, цифрові платформи прогнозування, stress-testing інструменти
Інтеграція техноло-гічного потенціалу	Вибір і синхронізація цифрових та інженерних рішень; оцінка технологічної доцільності; масштабованість рішень	BIM, IoT, цифрові двійники, платформи управ-ління технологіями, системи оцінювання цифрової зрілості

Джерело: сформовано автором на основі [1–3, 5–8].

Управління проєктами біосферосумісного будівництва здійснюється в умовах високої складності, зумовленої поєднанням багатосторонніх стейкхолдерних взаємодій, екологічних обмежень, ресурсної дефіцитності та цифрової трансформації управлінських процесів. У таких умовах ієрархічні або функціонально-орієнтовані моделі управління не забезпечують достатньої узгодженості рішень і прозорості контролю, що зумовлює поширення економіко-цифрових моделей управління, побудованих на принципах інтеграції даних, процесів і суб'єктів управління [1; 2].

Економіко-цифрові моделі управління в будівельному девелопменті доцільно розглядати як системи, у яких економічні механізми планування, розподілу ресурсів і контролю результативності поєднуються з цифровими платформами збору, обробки та синхронізації інформації. Такі моделі функціонують у межах цифрових екосистем, де управлінські рішення формуються на основі інтегрованих даних про проєкт, життєвий цикл об'єкта, екологічні параметри та поведінку стейкхолдерів [1]. Їх ключовою відмінністю є орієнтація не лише на досягнення локальних економічних показників, а й на забезпечення системної ефективності проєкту з урахуванням екологічних і соціальних вимог.

Залежно від домінуючих управлінських функцій та цифрового інструментарію економіко-цифрові моделі управління проєктами біосферосумісного будівництва можуть бути структуровані за кількома взаємопов'язаними

типами. Платформні моделі базуються на використанні інтегрованих цифрових середовищ управління проєктами, які забезпечують координацію учасників, контроль строків, витрат і якості, а також доступ до актуальних даних у режимі реального часу [2]. BIM-орієнтовані моделі концентруються на інформаційному моделюванні об'єкта як єдиного джерела даних, що дозволяє поєднати проєктні, економічні та екологічні параметри в межах цифрового представлення життєвого циклу будівлі [1].

Процесно-цифрові моделі акцентують увагу на цифровізації бізнес-процесів і операційних контурів управління, зокрема у сфері закупівель, логістики, контролю виконання робіт і управління ризиками. Такі моделі забезпечують підвищення операційної ефективності та прозорості, що є критичним для біосферосумісних проєктів із жорсткими екологічними та регуляторними вимогами [2; 3]. Окрему групу становлять data-driven моделі управління, у яких ключову роль відіграють аналітика великих даних, цифрові дашборди та прогнозні інструменти, що дозволяють оцінювати наслідки управлінських рішень з урахуванням багатьох сценаріїв і факторів невизначеності [3].

Економіко-цифрові моделі управління в біосферосумісному будівництві мають екосистемний характер: результат залежить від узгодженості дій учасників, якості інформаційного обміну та інтеграції цифрових інструментів між стейкхолдерами [1; 2]. Це зумовлює необхідність оцінювання не лише економічної результативності, а й інтеграційної та резильєнтної складових управління.

Таким чином, економіко-цифрові моделі управління проєктами біосферосумісного будівництва характеризуються поєднанням економічних механізмів, цифрових технологій та екосистемної логіки управління. Їх застосування дозволяє забезпечити комплексний контроль за досягненням економічних, екологічних і соціальних цілей проєкту, водночас підвищуючи керованість, прозорість і адаптивність управлінських рішень у динамічному середовищі будівельного девелопменту. Для проєктів біосферосумісного будівництва найбільш релевантними є моделі, що забезпечують одночасну інтеграцію життєвого циклу об'єкта, стейкхолдерної взаємодії та аналітичної підтримки управлінських рішень, що зумовлює необхідність їх багатовимірного оцінювання ефективності.

Ефективність економіко-цифрових моделей управління проєктами біосферосумісного будівництва не може бути адекватно охарактеризована в межах одновимірних або суто фінансово-економічних підходів. Різнорідність моделей зумовлює потребу в уніфікованому підході, який дозволяє порівнювати їх результативність у межах єдиної логіки біосферосумісності. Специфіка таких проєктів полягає у поєднанні економічних результатів із довгостроковими екологічними та соціальними ефектами, що реалізуються в умовах цифрової інтеграції процесів і стейкхолдерів. За цих умов ефективність управління набуває системного характеру й має розглядатися як сукупний результат функціонування економічних механізмів, цифрових інструментів та організаційно-інституційних взаємодій.

Підходи до оцінювання ефективності управління будівельними проєктами, орієнтовані на вартість, строки та якість, відображають лише частину результативності управлінських рішень. У проєктах біосферосумісного будівництва ефективність формується не тільки фінансовими результатами, а й екологічними параметрами життєвого циклу, соціальними умовами реалізації та стійкістю екосистеми взаємодії учасників, що зумовлює доцільність її трактування як багатовимірної категорії. Базовими вимірами такої ефективності виступають економічна результативність використання ресурсів, екологічна здатність мінімізувати негативний вплив на довкілля, соціальна безпека та прийнятність управлінських рішень, цифрова ефективність забезпечення повноти й узгодженості даних, інтеграційна (стейкхолдерна) узгодженість взаємодії та резильєнтність управлінської моделі до ризиків і невизначеності. Сукупна дія цих вимірів формує системну ефективність економіко-цифрових моделей управління, яка потребує комплексної системи показників і методологічно обґрунтованих підходів до їх агрегованого оцінювання (табл. 2).

Оцінювання ефективності економіко-цифрових моделей управління проєктами біосферосумісного будівництва ґрунтується на системній методології, що поєднує принципи багатовимірності, інтегрованості та ієрархічної узгодженості показників і відповідає складній, взаємопов'язаній природі економічних, екологічних, соціальних та цифрових результатів. Методологія передбачає послідовний перехід від якісної структуризації управлінських моделей до їх кількісної оцінки через систему критеріїв та індикаторів. Результативність моделей узагальнюється за допомогою інтегрального показника, який агрегує ключові виміри ефективності в межах єдиної аналітичної шкали. Коректність такого агрегування забезпечується нормуванням показників до безрозмірного інтервалу [0; 1] та використанням вагових коефіцієнтів, визначених експертно-ієрархічним методом (AHP), що дозволяє врахувати відносну значущість кожного виміру без домінування окремих індикаторів. Узагальнений інтегральний показник ефективності економіко-цифрової моделі управління визначається за формулою:

$$IE_i = \sum_{d\in D} w_d \left(\sum_{k\in K_d} w_{dk} \left(\sum_{m\in I_{dk}} w_{dkm}\ z_{i,dkm}\right)\right), \quad (1)$$

де IE_i – інтегральний показник ефективності *i*-ї економіко-цифрової моделі управління;

$z_{i,dkm}$ – нормоване значення індикатора;

w_d, w_{dk}, w_{dkm} – вагові коефіцієнти відповідно вимірів, критеріїв та індикаторів.

Значення інтегрального показника належить інтервалу [0; 1], що забезпечує зручність інтерпретації, порівняння альтернативних управлінських моделей та оцінювання динаміки ефективності в часі.

Оцінювання здійснюється в межах єдиного алгоритму, що забезпечує порівнюваність результатів для різних моделей і проєктів незалежно від їх масштабу та організаційної конфігурації: ЕТАП 1. Формування аналітичної матриці оцінювання ефективності економіко-цифрових моделей управління. Виміри ефективності (економічний, екологічний, соціальний, цифровий, інтеграційний, резильєнтний) з відповідними критеріями та індикаторами. Для кожного показника визначається тип даних (кількісний або якісний), напрям впливу (стимулюючий або дестимулюючий) та допустимий діапазон значень. ЕТАП 2. Нормування показників ефективності та формування стандартизованого простору оцінювання. Нормування здійснюється з урахуванням характеру показників і дозволяє усунути вплив різної розмірності та масштабів вимірювання. У результаті формується стандартизований набір значень, придатний для агрегування в межах багатокритеріальної оцінки. ЕТАП 3. Визначення вагових коефіцієнтів вимірів і критеріїв ефективності. Ваги відображають відносну значущість окремих складових ефективності в контексті біосферосумісного будівництва та можуть формуватися з використанням експертних процедур, ієрархічних методів або комбінованих підходів. ЕТАП 4. Агрегування нормованих показників у часткові інтегральні індекси ефективності. Здійснюється порівняльний аналіз сильних і слабких сторін економіко-цифрових моделей управління за окремими напрямами результативності. ЕТАП 5. Розрахунок узагальненого інтегрального показника ефективності економіко-цифрової моделі управління (IE). Відображає сукупний результат функціонування моделі та слугує основою для ранжування альтернативних управлінських рішень, порівняння моделей між собою або оцінювання динаміки ефективності в часі. Збереження часткових індексів дозволяє уникнути надмірної агрегації та забезпечує інтерпретованість результатів для практичного управління. Запропонована методологія поєднує універсальність і гнучкість, що дає змогу застосовувати її як для аналітичного оцінювання окремих проєктів біосферосумісного будівництва, так і для порівняльного аналізу економіко-цифрових моделей управління в межах цифрових екосистем будівельного девелопменту. Її системний характер забезпечує узгодженість між концептуальними засадами біосферосумісності та інструментальними механізмами управлінського оцінювання.

Таблиця 2. Система критеріїв та показників оцінювання ефективності економіко-цифрових моделей управління проєктами біосферосумісного будівництва

Вимір ефективності	Критерій оцінювання	Основні показники (індикатори)	Характер показників
Економічна ефективність	Результативність використання ресурсів	Вартість життєвого циклу; економія витрат; продуктив-ність ресурсів; відхилення фактичних витрат від планових	Кількісні
	Фінансова керованість проєкту	Рівень виконання бюджету; рентабельність проєкту; фінансова дисципліна	Кількісні
Екологічна ефективність	Мінімізація екологічного впливу	Обсяг викидів CO_2; рівень утворення відходів; споживання води та енергії	Кількісні
	Екологічна інтегрованість рішень	Частка екологічно оптимізованих рішень; застосування LCA; відповідність ESG-критеріям	Кількісні / якісні
Соціальна ефективність	Безпека та умови праці	Рівень травматизму; дотримання стандартів охорони праці; кількість інцидентів	Кількісні
	Соціальна прийнятність	Рівень задоволеності стейкхолдерів; кількість соціальних конфліктів; відповідність соціальним стандартам	Якісні / кількісні
Цифрова ефективність	Прозорість і повнота даних	Ступінь цифровізації процесів; актуальність даних; інтеграція інформаційних систем	Якісні
	Підтримка управлінських рішень	Оперативність прийняття рішень; використання аналітики; наявність цифрових дашбордів	Якісні
Інтеграційна (стейкхолдерна) ефективність	Узгодженість взаємодії	Рівень координації учасників; кількість узгоджених рішень; комунікаційна ефективність	Якісні / кількісні
	Синергетичний ефект	Співвідношення спільних результатів і витрат; інтеграційна продуктивність	Кількісні
Резильєнтність і ризикостійкість	Стійкість до ризиків	Індекс ризиків проєкту; кількість критичних відхилень; рівень адаптивності	Кількісні
	Адаптивність управлінської моделі	Здатність реагувати на зміни; швидкість коригування рішень; сценарна гнучкість	Якісні

Джерело: сформовано автором на основі [3; 4; 9; 10].

Запропонована методологія була апробована на прикладі проєкту енергоефективності та теплоутилізації, зареєстрованого в цифровій системі управління публічними інвестиційними проєктами DREAM [11]. Для практичного розрахунку було сформовано аналітичну матрицю показників за шістьма вимірами ефективності, здійснено їх нормування та виконано агрегування у часткові інтегральні індекси. З метою демонстрації застосування методики використано нормовані значення показників, які отримані на основі доступної проєктної інформації та експертних оцінок.

Таблиця 3. Результати застосування методології оцінювання ефективності економіко-цифрової моделі управління проєктом енергоефективності

Вимір ефективності	Частковий індекс	Вага	Внесок у (ІЕ)
Екологічна ефективність	**0,88**	0,25	**0,22**
Резильєнтність і ризикостійкість	0,67	0,20	0,13
Економічна ефективність	0,59	0,20	0,12
Цифрова ефективність	**0,52**	0,15	0,08
Інтеграційна ефективність	0,63	0,10	0,06
Соціальна ефективність	0,73	0,10	0,07
Узагальнений інтегральний показник (ІЕ)	–	**1,00**	**0,69**

Джерело: розраховано автором на основі [11–16].

Результати розрахунку часткових інтегральних індексів і узагальненого показника ефективності наведено в таблиці 3. Диференційоване зважування вимірів ефективності узгоджується з пріоритетами Європейського зеленого курсу та стратегіями енергетичної безпеки, які визначають енергоефективність і резильєнтність інфраструктури як ключові напрями сталого розвитку будівельного сектору. Розрахований узагальнений інтегральний показник ефективності економіко-цифрової моделі управління проєктом біосферосумісного будівництва становить 0,69, що свідчить про високий рівень загальної ефективності досліджуваної моделі управління в умовах реалізації проєкту енергоефективності та теплоутилізації. Отримане значення інтегрального показника підтверджує здатність економіко-цифрової моделі забезпечувати збалансоване досягнення економічних, екологічних, соціальних та управлінсько-цифрових результатів у межах складної багато-вимірної системи проєктного управління. Таким чином, отримані результати не лише підтверджують загальну ефективність досліджуваної економіко-цифрової моделі управління, але й демонструють аналітичну цінність запропонованої методології як інструменту цілеспрямованої управлінської діагностики. Методологія дозволяє не тільки фіксувати інтегральний рівень результативності, а й ідентифікувати конкретні напрями управлінського вдосконалення, що є критично важливим для прийняття обґрунтованих рішень у проєктах біосферосумісного будівництва.

Висновки та перспективи подальших розвідок

У статті доведено, що традиційні підходи до оцінювання результативності будівельних проєктів, зосереджені на показниках вартості, строків і якості, є методологічно недостатніми для проєктів біосферосумісного будівництва, у яких результат формується як багатовимірна сукупність економічних, екологічних, соціальних, цифрових та інтеграційно-резильєнтних ефектів упродовж життєвого циклу об'єкта. Уточнено зміст біосферосумісного будівництва та обґрунтовано роль економіко-цифрових моделей управління як інтегрованих екосистемних механізмів координації стейкхолдерів і прийняття рішень на основі цифрових даних. Запропоновано методологію багатовимірного оцінювання ефективності таких моделей із використанням системи критеріїв, нормування показників, вагового зважування та розрахунку узагальненого інтегрального індексу за умови збереження часткових індикаторів, що забезпечує інтерпретованість результатів для практичного управління. Апробація методики на прикладі публічного інвестиційного проєкту енергоефективності, представленого в цифровій системі DREAM, засвідчила її прикладну придатність: отримане інтегральне значення ефективності підтверджує здатність економіко-цифрової моделі забезпечувати збалансоване досягнення економічних, екологічних і управлінських цілей, водночас дозволяючи ідентифікувати напрями подальшого вдосконалення управління.

Література

1. Кричевська Ю. ., Рижакова 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. С. 174–182. DOI: https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182.
2. Druzhynin M., Malykhina O., Herhi M., Katsiuba I., Kyryk Y., Yuitao W. Basic functionalities of construction organization and management in the concept of digital transformation of enterprises' operational systems. *Building Production*. 2025. № 78. P. 22–29. DOI: https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.22-29.
3. Bielenkova O., Dubinin D., Kalashnikov D. Digital transformation of construction and territory development as an imperative for the formation of strategies for construction process participants. *Urban Planning and Territorial Development*. 2022. № 81. P. 13–22. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.81.
4. Chen Z.-S., Yang L.-L., Chin K.-S., Yang Y., Pedrycz W., Chang J.-P., Martínez L., Skibniewski M. J. Sustainable building material selection:

An integrated multi-criteria large group decision making framework. *Applied Soft Computing*. 2021. Vol. 113, Part A. Article 107903. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107903.
5. Park C., Son M., Kim J., Kim B., Ahn Y., Kwon N. TOPSIS and AHP-based multi-criteria decision-making approach for evaluating redevelopment in old residential projects. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, № 15. Article 7072. DOI: https://doi.org/10.3390/su17157072.
6. Bajwa A. U. R., Siriwardana C., Shahzad W. та ін. Material selection in the construction industry: a systematic literature review on multi-criteria decision making // *Environmental Systems and Decisions*. 2025. Vol. 45. Article 8. DOI: https://doi.org/10.1007/s10669-025-10001-w.
7. Theilig K., Lourenço B., Reitberger R. та ін. Life cycle assessment and multi-criteria decision-making for sustainable building parts: criteria, methods, and application. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 2024. Vol. 29. P. 1965–1991. DOI: https://doi.org/10.1007/s11367-024-02331-9.
8. Cheng W., Hu M., Wu C. Enhancing green building decision-making with a hybrid fuzzy AHP–TOPSIS model for material selection // *Applied Water Science*. 2025. Vol. 15. Article 129. DOI: https://doi.org/10.1007/s13201-025-02481-7.
9. Xu T., Liu W., Zhu Z. Multi-criteria decision-making methods applied to achieve sustainable design: a systematic review // *Proceedings of the Design Society*. 2023. Vol. 3. P. 2725–2734. DOI: https://doi.org/10.1017/pds.2023.273.
10. Горбач М., Гончар В., Коломієць В., Штиль А., Пелехатий Р. Систематизація критеріїв і показників ефективності реалізації проєктів. *Будівельне виробництво*. 2025. № 80. С. 107–117. DOI: https://doi.org/10.36750/2524-2555.80.107-117.
11. Проєкт «Капітальний ремонт утеплення стін (заходи з енергозбереження) опорного закладу загальної середньої освіти "Великосорочинський ліцей ім. М. В. Гоголя" Великосорочинської сільської ради Миргородського району Полтавської області» (ідентифікатор DREAM-UA-110325-01DC3559) URL: https://dream.gov.ua/ua/project/DREAM-UA-110325-01DC3559/profile.
12. The European Green Deal [Електронний ресурс]. Brussels: European Commission, 2019. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
13. A renovation wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives. Brussels: European Commission, 2020. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en.
14. EU energy security strategy. Brussels: European Commission. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security_en.
15. Відновлення України : веб-сайт. URL: https://recovery.gov.ua.
16. Organisation for Economic Co-operation and Development. Digital government policy framework. Paris: OECD, 2020. URL: https://www.oecd.org/governance/digital-government/.
17. Гуцалюк О.М. Забезпечення захисту акціонерного товариства від спроб недружнього злиття-поглинання. *Збірник наукових праць ХНПУ ім. Г. С. Сковороди. Серія: Економіка.* 2015. № 15. С. 149-158.
18. Гуцалюк О. М., Лозова Т. П., Скопцов К. В., Ксенофонтов Д. В. Економіко-цифрове моделювання реінжинірингу фінансової діяльності вітчизняних підприємств. *Вісник економічної науки України.* 2023. № 1 (44). С. 106-113. https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.1(44).106-113.
19. Hutsaliuk O., Zakharchenko O., Yakusheva O. State and regional policy in the agricultural sector of the national economy of Ukraine. *Збірник наукових праць ЧДТУ. Серія: Економічні науки*. 2022. Вип. 66. С. 5-16. DOI: https://doi.org/10.24025/2306-4420.66.2022.268613.
20. Салига К. С., Гуцалюк О. М., Небаба Н. О. Формування інвестиційної привабливості та забезпечення економічної ефективності корпоративного інтеграційного об'єднання. Ефективна економіка. 2018. № 4. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7217.

References

1. Krychevska, Yu., Ryzhakova, H., Shpakov, A., Pokolenko, V., & Prykhodko, D. (2024). Tsyfrova ekosystema v budivelnomu develo pmenti: kontseptualno-teoretychni aspekty transformatsii ta upravlinski imperatyvy [Digital ecosystem in construction development: conceptual and theoretical aspects of transformation and management imperatives]. *Management of Development of Complex Systems*, No. 60, Pp. 174–182. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182.
2. Druzhynin, M., Malykhina, O., Herhi, M., Katsiuba, I., Kyryk, Y., & Yuitao, W. (2025). Basic functionalities of construction organization and management in the concept of digital transformation of enterprises' operational systems. *Building Production*, No. 78, Pp. 22–29. https://doi.org/10.36750/2524-2555.78.22-29.
3. Bielenkova, O., Dubinin, D., & Kalashnikov, D. (2022). Digital transformation of construction and territory development as an imperative for the formation of strategies for construction process participants. *Urban Planning and Territorial Development*, No. 81, Pp. 13–22. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.81.
4. Chen, Z.-S., Yang, L.-L., Chin, K.-S., Yang, Y., Pedrycz, W., Chang, J.-P., Martínez, L., & Skibniewski, M. J. (2021). Sustainable building material selection: An integrated multi-criteria large group decision making framework. *Applied Soft Computing*, Vol. 113, Part A, Article 107903. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107903.
5. Park, C., Son, M., Kim, J., Kim, B., Ahn, Y., & Kwon, N. (2025). TOPSIS and AHP-based multi-criteria decision-making approach for evaluating redevelopment in old residential projects. *Sustainability*, Vol. 17, No. 15, Article 7072. https://doi.org/10.3390/su17157072.
6. Bajwa, A. U. R., Siriwardana, C., & Shahzad, W., et al. (2025). Material selection in the construction industry: a systematic literature review on multi-criteria decision making. *Environmental Systems and Decisions*, Vol. 45, Article 8. https://doi.org/10.1007/s10669-025-10001-w.
7. Theilig, K., Lourenço, B., & Reitberger, R., et al. (2024). Life cycle assessment and multi-criteria decision-making for sustainable building parts: criteria, methods, and application. *International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 29, Pp. 1965–1991. https://doi.org/10.1007/s11367-024-02331-9.
8. Cheng, W., Hu, M., & Wu, C. (2025). Enhancing green building decision-making with a hybrid fuzzy AHP–TOPSIS model for material selection. *Applied Water Science*, Vol. 15, Article 129. https://doi.org/10.1007/s13201-025-02481-7.
9. Xu, T., Liu, W., & Zhu, Z. (2023). Multi-criteria decision-making methods applied to achieve sustainable design: a systematic review. *Proceedings of the Design Society*, Vol. 3, Pp. 2725–2734. https://doi.org/10.1017/pds.2023.273.
10. Horbach, M., Honchar, V., Kolomiiets, V., Shtyl, A., & Pelekhatyi, R. (2025). Systematyzatsiia kryteriiv i pokaznykiv efektyvnosti realizatsii proiektiv [Systematization of criteria and performance indicators of project implementation]. *Building Production*, No. 80, Pp. 107–117. https://doi.org/10.36750/2524-2555.80.107-117.
11. DREAM Ecosystem. (2025). Proiekt «Kapitalnyi remont uteplennia stin (zakhody z enerhozberezhennia) opornoho zakladu zahalnoi serednoi osvity "Velykosorochynskyi litsei im. *M. V. Hoholia"»* [Project "Major repair of wall insulation (energy saving measures) of the Velikosorochyntsi Lyceum"]. Available at: https://dream.gov.ua/ua/project/DREAM-UA-110325-01DC3559/profile.
12. European Commission. (2019). The European Green Deal. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
13. European Commission. (2020). A renovation wave for Europe – greening our buildings, creating jobs, improving lives. Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en.
14. European Commission. (2025*).* EU energy security strategy. Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security_en.
15. Government of Ukraine. (2025). Vidnovlennia Ukrainy [Recovery of Ukraine]. Available at: https://recovery.gov.ua.
16. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020). Digital government policy framework. Available at: https://www.oecd.org/governance/digital-government/.
17. Hutsaliuk, O. M. (2015). Zabezpechennia zakhystu aktsionernoho tovarystva vid sprob nedruzhnoho zlyttia-pohlynannia [Ensuring the protection of a joint-stock company from attempts of unfriendly mergers and acquisitions]. *Zbirnyk naukovykh prats KhNPU im. H. S. Skovorody. Seriia: Ekonomika*, no. 15, pp. 149-158.
18. Hutsaliuk, O. M., Lozova, T. P., Skoptsov, K. V., & Ksenofontov, D. V. (2023). Ekonomiko-tsyfrove modeliuvannia reinzhynirynhu finansovoi diialnosti vitchyznianykh pidpryiemstv [Economic and digital modeling of reengineering of financial activities of domestic enterprises]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy,* no. 1 (44), pp. 106-113. https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.1(44).106-113
19. Hutsaliuk, O., Zakharchenko, O., & Yakusheva, O. (2022). State and regional policy in the agricultural sector of the national economy of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats ChDTU. Seriia: Ekonomichni nauky*, no. 66, pp. 5-16. https://doi.org/10.24025/2306-4420.66.2022.268613
20. Salyha, K. S., Hutsaliuk, O. M., & Nebaba, N. O. (2018). Formuvannia investytsiinoi pryvablyvosti ta zabezpechennia ekonomichnoi efektyvnosti korporatyvnoho intehratsiinoho obiednannia [Formation of investment attractiveness and ensuring economic efficiency of a corporate integration association]. *Efektyvna ekonomika*, no. 4. http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7217

Стаття надійшла до редакції / Received 22.10.2025 Прийнята до друку / Accepted 05.11.2025