

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ОКСЕНЧУК РОМАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 005.21:005.591.6:[338.45:69]:004.9

ДИСЕРТАЦІЯ

ЕКОНОМІЧНІ ДЕТЕРМІНАНТИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВ
БУДІВЕЛЬНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ

051 – Економіка

05 – Соціальні та поведінкові науки

Подається на здобуття ступеня **доктора філософії**.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ **Р.О.ОКСЕНЧУК**

Науковий керівник:

1. Чуприна Юрій Анатолійович, доктор економічних наук, професор
2. Трач Роман Володимир, доктор технічних наук, професор

Київ – 2026

АНОТАЦІЯ

Оксенчук Р.О. — «Економічні детермінанти трансформації підприємств будівельного девелопменту» — *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.* — Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 05 «Соціальні та поведінкові науки» за спеціальністю 051 «Економіка». — Київський національний університет будівництва і архітектури. — Київ, 2026.

Дисертацію присвячено обґрунтуванню економіко-аналітичних засад цифрової трансформації девелоперських компаній і розробленню інструментарію, що дає змогу вимірювати стан підприємства, обґрунтовувати розподіл ресурсу трансформації та оцінювати економічну доцільність вкладень.

У першому розділі розкрито сутність економічних технологій розвитку девелоперських компаній, систематизовано наукові підходи до цифрової трансформації та обґрунтовано місце сталого розвитку в економіко-аналітичному забезпеченні. Запропоновано авторське визначення: економічні технології розвитку девелоперської компанії — це формалізована сукупність економічних методів, моделей і процедур, реалізованих засобами цифрового оброблення даних і застосовуваних наскрізно на всіх стадіях життєвого циклу девелоперського проєкту та портфеля проєктів з метою досягнення вимірюваного приросту вартості, зниження витрат і ризиків господарської діяльності.

Виокремлено сім наукових підходів до цифрової трансформації та побудовано матрицю їх охоплення економічних категорій, яка засвідчила, що жоден підхід не є самодостатнім, а галузева специфіка девелопменту в них не відображена. Обґрунтовано п'ять каналів впливу сталого розвитку на чисту приведену вартість девелоперського проєкту та систему з десяти показників його вимірювання.

У *другому розділі* обґрунтовано поєднання контент-аналізу й методу Дельфі для відбору критеріїв з аналізом ієрархій за дворівневою схемою для визначення вагових коефіцієнтів і тривірневою перевіркою їх достовірності.

Побудовано інтегральні індекси цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів. Установлено, що сукупна вага організаційної та кадрової складових готовності майже втричі перевищує вагу технологічної, а критичними є система показників результативності та цифрова культура. Бар'єри класифіковано за джерелом виникнення та ступенем керованості, що дало змогу відокремити керовану частину бар'єрності від некерованої.

Обґрунтовано мультиплікативну форму зв'язку готовності та бар'єрів і побудовано модель їх взаємозв'язку зі складовими стійкості у формі нечіткої когнітивної карти з десяти концептів, вісімнадцяти зважених зв'язків і трьох контурів зворотного зв'язку. Аналітично показано, що мультиплікативна форма породжує нададитивність сукупного ефекту, більшу на рівні скоригованої готовності, ніж на рівні інтегральної стійкості. Уведено концепт цифрової узгодженості з контрагентами. Аналіз чутливості підтвердив стійкість висновків до зміни вагових коефіцієнтів зв'язків.

У *третьому розділі* побудовано чотирирівневе цифрово-аналітичне середовище управління економічними технологіями з п'ятьма контурами. Його стан описано системою рівнянь, у якій керуючим параметром є розподіл бюджету трансформації між підвищенням готовності та зниженням керованої бар'єрності, а зворотний зв'язок уточнює коефіцієнти результативності за фактичними даними підприємства.

Оптимальний розподіл ресурсу трансформації визначено за умовою рівності маржинальних приростів за двома напрямками вкладень; він залежить від стану підприємства: за достатньої готовності ресурс доцільно спрямовувати на зниження керованої бар'єрності, за низької — оптимальною є змішана стратегія. Імітаційне моделювання за десятима тисячами реалізацій дало дев'яностовідсоткові інтервали прогнозу та ймовірності досягнення порогових рівнів.

Запропоновано індекс цифрової окупності інновацій із пороговим значенням, що дорівнює одиниці. У модельному прикладі індекс для всіх трьох підприємств перевищує порогове значення за дисконтованого терміну окупності до чотирьох років, а найвища віддача припадає на підприємство із заблокованим потенціалом. Поетапне розширення вкладень збільшує очікувану чисту приведену вартість відносно фіксованого плану переважно за рахунок додаткових вкладень.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в розробленні економіко-аналітичного забезпечення цифрової трансформації девелоперських компаній, яке поєднує вимірювання стану, обґрунтування керуючого впливу та вартісну оцінку результату в єдиному відтворюваному контурі.

У дисертаційній роботі вперше:

- запропоновано індекс цифрової окупності інновацій, який, на відміну від класичного індексу прибутковості, обчислює економічний ефект із приросту вимірюваного показника стану, а не з прогнозу грошових потоків, тож його прогнозне значення можна звірити з фактичним уже після першого року реалізації програми;

- обґрунтовано мультиплікативну форму зв'язку цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів, за якої приріст готовності дає результат, зменшений пропорційно рівню бар'єрності, і встановлено, що вона породжує нададитивність сукупного ефекту, яка обчислюється аналітично;

- уведено концепт цифрової узгодженості з контрагентами, що визначається середнім рівнем скоригованої готовності підприємств сегмента, з якого добираються контрагенти, і вимірює обмеження, яке підприємство не долає власними діями.

У дисертаційній роботі удосконалено:

- систему оцінювання цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів шляхом введення дворівневої ієрархії критеріїв, що більш ніж утричі

зменшує кількість попарних порівнянь, і трирівневої перевірки достовірності вагових коефіцієнтів, яка робить результат відтворюваним;

- класифікацію трансформаційних бар'єрів за джерелом виникнення та ступенем керованості з приписуванням кожному бар'єру показника вимірювання прояву та джерела даних;

- методичний підхід до прогнозування стратегічної стійкості шляхом застосування імітаційного моделювання замість кореляційно-регресійного аналізу, непридатного за наявної інформаційної бази, що дає розподіл прогнозних значень з імовірністю досягнення цільових рівнів замість точкової оцінки.

Набули подальшого розвитку:

- концептуально-теоретичні підходи до трактування змісту економічних технологій розвитку девелоперських компаній через уведення вартісної цілеспрямованості як визначальної сутнісної ознаки та розмежування понять «цифровізація», «діджиталізація» і «цифрова трансформація»;

- систематизація наукових підходів до цифрової трансформації через побудову матриці їх охоплення економічних категорій, яка виявила, що жоден із підходів не охоплює всіх складників;

- науково-методичні засади побудови цифрово-аналітичного середовища адміністрування розвитку девелоперської компанії з керуючим параметром розподілу ресурсу та зворотним зв'язком за фактичними даними підприємства.

Порядок розрахунків показано на модельному прикладі трьох підприємств київського ринку житлової нерухомості з різними функціональними ролями в будівельному процесі; оцінки критеріїв і вартісні параметри є прийнятими значеннями прикладу і підлягають заміні фактичними після проведення експертної процедури. Довідки про впровадження наведено в додатку А.

Практична цінність результатів полягає в можливості обґрунтувати числом обсяг вкладень і розподіл бюджету між організаційними та технологічними заходами, а ризик рішення — імовірністю від’ємного результату, на основі показників, що регулярно обчислюються за документованими джерелами даних.

Ключові слова: економіко-аналітичне забезпечення; цифрова трансформація; девелоперська компанія; цифрова готовність; трансформаційні бар’єри; стратегічна стійкість; нечіткі когнітивні карти; імітаційне моделювання; окупність інновацій; розподіл ресурсу.

ABSTRACT

Oksenchuk R.O. — *“Economic Determinants of the Transformation of Construction Development Enterprises”*. — Qualifying scientific work on the rights of a manuscript. — Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 05 “Social and Behavioural Sciences”, specialty 051 “Economics”. — Kyiv National University of Construction and Architecture. — Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to substantiating the economic and analytical foundations of the digital transformation of development companies and to elaborating a toolkit that makes it possible to measure the state of an enterprise, to justify the allocation of the transformation resource and to assess the economic feasibility of investment.

The first section reveals the essence of economic technologies for the development of development companies, systematises scientific approaches to digital transformation and substantiates the place of sustainable development in economic and analytical support. The author’s definition is proposed: economic technologies for the development of a development company are a formalised set of economic methods, models and procedures implemented by means of digital data processing and applied end-to-end at all stages of the life cycle of a development project and project portfolio in order to achieve a measurable increase in value and a reduction in costs and business risks.

Seven scientific approaches to digital transformation are distinguished and a matrix of their coverage of economic categories is constructed, which has shown that no single approach is self-sufficient and that the industry specifics of development are not reflected in them. Five channels through which sustainable development affects the net present value of a development project and a system of ten indicators for measuring it are substantiated.

The second section substantiates the combination of content analysis and the Delphi method for selecting criteria with the analytic hierarchy process under a

two-level scheme for determining the weights and a three-level verification of their reliability.

Integral indices of digital readiness and transformation barriers are constructed. The combined weight of the organisational and personnel components of readiness is almost three times that of the technological one, and the critical criteria are the system of performance indicators and digital culture. Barriers are classified by the source of origin and the degree of controllability, which separates the controllable part of the barrier level from the uncontrollable one.

The multiplicative form of the relationship between readiness and barriers is substantiated, and a model of their relationship with the components of resilience is constructed as a fuzzy cognitive map with ten concepts, eighteen weighted links and three feedback loops. It is shown analytically that the multiplicative form generates superadditivity of the combined effect, which is stronger at the level of adjusted readiness than at the level of integral resilience. The concept of digital alignment with counterparties is introduced. Sensitivity analysis has confirmed the robustness of the conclusions to changes in the link weights.

In the third section a four-level digital and analytical environment for managing economic technologies with five loops is constructed. Its state is described by a system of equations in which the control parameter is the allocation of the transformation budget between increasing readiness and reducing the controllable barrier level, while feedback refines the performance coefficients from the enterprise's actual data.

The optimal allocation of the transformation resource is determined by the equality of marginal increments along the two directions of investment and depends on the state of the enterprise: with sufficient readiness the resource is directed at reducing the controllable barrier level, with low readiness a mixed strategy is optimal. Simulation with ten thousand realisations yields ninety-percent forecast intervals and probabilities of reaching threshold levels.

An index of the digital payback of innovations with a threshold value equal to one is proposed. In the model example the index exceeds the threshold for all

three enterprises with a discounted payback period of up to four years, the highest return falling on the enterprise with blocked potential. Stage-by-stage expansion of investment increases the expected net present value relative to the fixed plan mainly due to the additional investment.

The scientific novelty of the dissertation lies in the elaboration of economic and analytical support for the digital transformation of development companies, which combines the measurement of the state, the substantiation of the control action and the cost assessment of the result within a single reproducible loop.

For the first time:

- an index of the digital payback of innovations is proposed which, unlike the classical profitability index, computes the economic effect from the increment of a measurable state indicator rather than from forecast cash flows, so that its forecast value can be verified against the actual one after the first year of the programme;

- the multiplicative form of the relationship between digital readiness and transformation barriers is substantiated, under which an increase in readiness yields a result reduced in proportion to the barrier level, and it is established that this form generates superadditivity of the combined effect, computed analytically;

- the concept of digital alignment with counterparties is introduced, determined by the average adjusted readiness of the enterprises of the segment from which counterparties are selected and measuring a constraint that an enterprise cannot overcome by its own actions.

The following have been improved:

- the system of assessing digital readiness and transformation barriers through the introduction of a two-level hierarchy of criteria, which reduces the number of pairwise comparisons more than threefold, and of a three-level verification of the reliability of the weighting coefficients, which makes the result reproducible;

— the classification of transformation barriers by the source of origin and the degree of controllability, with a measurement indicator and a data source assigned to each barrier;

— the methodical approach to forecasting strategic resilience through simulation modelling instead of correlation and regression analysis, inapplicable given the available information base, which yields a distribution of forecast values with the probability of reaching target levels instead of a point estimate.

The following have been further developed:

— conceptual and theoretical approaches to interpreting the content of economic technologies for the development of development companies through the introduction of cost orientation as the decisive essential feature and the delimitation of the notions of “digitisation”, “digitalisation” and “digital transformation”;

— the systematisation of scientific approaches to digital transformation through the construction of a matrix of their coverage of economic categories, which revealed that none of the approaches covers all the components;

— the scientific and methodological principles of building a digital and analytical environment for administering the development of a development company with a control parameter of resource allocation and feedback from the enterprise’s actual data.

The calculation procedure is illustrated by a model example of three enterprises of the Kyiv residential real estate market performing different roles in the construction process; the assessments of criteria and the cost parameters are adopted values of the example and are to be replaced by actual values once the expert procedure has been carried out. Certificates of implementation are given in Appendix A.

The practical value of the results lies in the possibility of substantiating by a number the volume of investment and the allocation of the budget between organisational and technological measures, and the risk of a decision by the

probability of a negative result, on the basis of indicators regularly computed from documented data sources.

Keywords: economic and analytical support; digital transformation; development company; digital readiness; transformation barriers; strategic resilience; fuzzy cognitive maps; simulation modelling; payback of innovations; resource allocation.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	15
ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ КОМПАНІЙ.....	26
1.1. Сутність і зміст економічних технологій розвитку девелоперських компаній.....	26
1.2. Систематизація наукових підходів до цифрової трансформації економічної діяльності девелопера	34
1.3. Сталий розвиток як складова економіко-аналітичного забезпечення дeweloperських компаній.....	43
Висновки до 1-го розділу	53
РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЦИФРОВОЇ ГОТОВНОСТІ ТА ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ БАР'ЄРІВ РОЗВИТКУ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ КОМПАНІЙ.....	56
2.1. Обґрунтування напряму дослідження та порівняльна оцінка інструментів оцінювання цифрової готовності й трансформаційних бар'єрів	56
2.2. Інтегральні індекси цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів дeweloperської компанії.....	71
2.3. Модель взаємозв'язку цифрової готовності, бар'єрів і стійкості дeweloperської компанії.....	88
Висновки до 2-го розділу	105
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЦИФРОВОЮ ТРАНСФОРМАЦІЄЮ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ КОМПАНІЙ...	108
3.1. Цифрово-аналітичне середовище управління економічними технологіями дeweloperської компанії.....	108
3.2. Сценарне прогнозування стратегічної стійкості девелоперської компанії	122

3.3. Економічне обґрунтування інвестицій у цифрову трансформацію та апробація результатів	138
Висновки до 3-го розділу	154
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	157
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	160
ДОДАТКИ.....	185

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

BI	— системи бізнес-аналітики (Business Intelligence)
BIM	— інформаційне моделювання будівель (Building Information Modeling)
BREEAM	— система сертифікації будівель за критеріями сталого розвитку (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
BSC	— збалансована система показників (Balanced Scorecard)
CRITIC	— метод визначення вагових коефіцієнтів за кореляцією критеріїв
CRM	— системи управління взаємовідносинами з клієнтами (Customer Relationship Management)
CSDDD	— Директива Європейського Союзу про належну обачність підприємств у сфері сталого розвитку
CSRD	— Директива Європейського Союзу про звітність підприємств зі сталого розвитку
DMA	— шкала оцінювання цифрової зрілості підприємства (Digital Maturity Assessment)
DPP	— дисконтований термін окупності (Discounted Payback Period)
EDIH	— європейські центри цифрових інновацій (European Digital Innovation Hubs)
ELECTRE	— метод багатокритеріального оцінювання альтернатив
ERP	— системи планування ресурсів підприємства (Enterprise Resource Planning)
ESG	— екологічні, соціальні та управлінські чинники діяльності підприємства (Environmental, Social, Governance)
ESRS	— Європейські стандарти звітності зі сталого розвитку
IRR	— внутрішня норма дохідності (Internal Rate of Return)
ISO	— Міжнародна організація зі стандартизації
KPI	— ключові показники результативності (Key Performance Indicators)
LEED	— система сертифікації будівель за критеріями сталого розвитку (Leadership in Energy and Environmental Design)
NPV	— чиста приведена вартість (Net Present Value)
PI	— індекс прибутковості (Profitability Index)
PROMETHEE	— метод багатокритеріального оцінювання альтернатив
ROV	— метод оцінювання реальних опціонів (Real Options Valuation)
SCM	— системи управління ланцюгами постачання (Supply Chain Management)
TOPSIS	— метод багатокритеріального оцінювання альтернатив за

	наближеністю до ідеального розв'язку
TRI	— шкала оцінювання готовності до застосування технологій (Technology Readiness Index)
VIKOR	— метод багатокритеріального оцінювання альтернатив
VSME	— добровільний стандарт звітності зі сталого розвитку для підприємств, що не підпадають під обов'язкові вимоги
ДБН	— державні будівельні норми
ДП	— дочірнє підприємство
ДСТУ	— національний стандарт України
ЄДЕССБ	— Єдина державна електронна система у сфері будівництва
ЄДР	— Єдиний державний реєстр юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців та громадських формувань
ЄС	— Європейський Союз
ІТ	— інформаційні технології
ІЦОІ	— індекс цифрової окупності інновацій
КВЕД	— класифікація видів економічної діяльності
КНУБА	— Київський національний університет будівництва і архітектури
МОН	— Міністерство освіти і науки України
НДР	— науково-дослідна робота
ПрАТ	— приватне акціонерне товариство
ТОВ	— товариство з обмеженою відповідальністю

ВСТУП

Актуальність теми. Вкладення девелоперських компаній у цифрові рішення не завжди дають очікуваного економічного результату, а причини цього залишаються невимірними. Зростання економічних ризиків, ускладнення реалізації девелоперських проєктів, посилення вимог до енергетичної ефективності будівель і до розкриття інформації зі сталого розвитку підвищують потребу в економіко-аналітичному забезпеченні трансформації.

Ступінь розробленості проблеми. Теоретичні засади цифрової трансформації економічної діяльності підприємства розроблено у працях Г.М. Дергачової, Я.О. Колешні, Д. Рибальченка, В. Левицького та С. Радинського; питання цифрової зрілості й готовності підприємств висвітлено в дослідженнях А. Парасурамана, І. Мадангіре, Ч. Мбохви, Р. Сітамраджу, О.І. Кульчицького, Л.М. Шимановської-Діанич, О.В. Лозової, К.К. Наджі та ін.; організаційні бар'єри трансформації досліджено А.А. Утомо і Б.В. Солтвішем, бар'єри цифрової трансформації в будівництві — А.О. Оланіпекуном і М. Сутрісною, складність будівельних проєктів — Ш. Кермансхачі. Галузеву специфіку будівельного девелопменту розглянуто у працях наукової школи Київського національного університету будівництва і архітектури — Ю.А. Чуприни, М.О. Ползікова, В.В. Матвеїва, Д.О. Приходька, Ю.В. Кричевської (частину цих праць підготовлено у співавторстві зі здобувачем), а також Р.В. Блиндюка, Я.С. Бляхарського, О.Я. Шандрівської та О.Ю. Мрочко.

Результативність цифрової трансформації визначається не лише технологічним оснащенням, а й цифровою готовністю компанії — сформованістю організаційних, кадрових, фінансово-економічних та інституційних передумов — і трансформаційними бар'єрами, що обмежують віддачу вкладень. Водночас невирішеною залишається задача поєднання вимірювання стану підприємства з обґрунтуванням керуючого впливу на нього та вартісною оцінкою результату в єдиному відтворюваному контурі:

вагові коефіцієнти інтегральних показників здебільшого подаються без зазначення джерела походження та перевірки якості експертних суджень, а галузева специфіка девелопменту — багатопроєктність, тривалий життєвий цикл, залежність від дозвільних процедур і розподіленість учасників — враховується фрагментарно. Це й визначило вибір теми дослідження.

Отже, дослідження спрямоване на розв’язання актуального наукового завдання — обґрунтування економіко-аналітичних засад цифрової трансформації девелоперських компаній і розроблення інструментарію, який розглядає нові економічні технології як механізм трансформації економічної моделі розвитку компанії та поєднує вимірювання її стану, обґрунтування керуючого впливу й вартісну оцінку результату.

Зв’язок дослідження з науковими програмами, планами та темами. Дисертацію виконано відповідно до науково-дослідної тематики Київського національного університету будівництва і архітектури. Здобувач брав участь як виконавець у виконанні теми «Розбудова сучасного економіко-аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (номер державної реєстрації 0115U000860), у межах якої розробив положення щодо оцінювання економічної результативності управлінських процесів девелоперських компаній і координації зацікавлених сторін, розвинуті в дисертації в інтегральні індекси цифрової готовності та трансформаційних бар’єрів (розділ 2).

Здобувач також брав участь як виконавець у виконанні теми КНУБА «Розвиток управлінської взаємодії інституційних учасників девелоперських проєктів» (номер державної реєстрації 0121U111793), у межах якої обґрунтував положення щодо узгодження цифрової готовності учасників девелоперських проєктів, відображені в концепті цифрової узгодженості з контрагентами (підрозділ 2.3) та в контурах цифрово-аналітичного середовища (підрозділ 3.1).

Тематика роботи узгоджується з положеннями законів України «Про інвестиційну діяльність», «Про регулювання містобудівної діяльності» та

«Про гарантування речових прав на об'єкти нерухомого майна, які будуть споруджені в майбутньому».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування економіко-аналітичних засад цифрової трансформації девелоперських компаній та розроблення інструментарію, що забезпечує вимірювання цифрової готовності й трансформаційних бар'єрів, обґрунтування розподілу ресурсу трансформації та вартісну оцінку його результату в єдиному відтворюваному контурі.

Досягнення мети роботи забезпечено через постановку та вирішення таких завдань дослідження:

Установити сутність і зміст економічних технологій розвитку девелоперських компаній, систематизувати наукові підходи до цифрової трансформації економічної діяльності девелопера та визначити місце сталого розвитку в економіко-аналітичному забезпеченні.

Обґрунтувати інструментарій оцінювання та побудувати інтегральні індекси цифрової готовності й трансформаційних бар'єрів девелоперської компанії з перевіркою достовірності вагових коефіцієнтів.

Установити форму зв'язку між цифровою готовністю, трансформаційними бар'єрами та складовими операційної, фінансової й інвестиційної стійкості та довести нелінійність їх сукупного впливу.

Сформувати цифрово-аналітичне середовище управління економічними технологіями девелоперської компанії з визначеними контурами, керуючим параметром і зворотним зв'язком.

Розробити прикладні моделі прогнозування стратегічної стійкості та обґрунтувати економічну доцільність вкладень у цифрову трансформацію з оцінюванням окупності й ризику.

Об'єктом дослідження є процеси цифрової трансформації економічної діяльності девелоперських компаній та управління їх розвитком в умовах ринкової нестабільності.

Предметом дослідження визначено економіко-аналітичні засади, показники, моделі та інструменти оцінювання цифрової готовності й трансформаційних бар'єрів, обґрунтування керуючого впливу на них та вартісного оцінювання результатів цифрової трансформації девелоперських компаній.

Методи дослідження. Для встановлення сутнісних ознак економічних технологій, систематизації підходів до цифрової трансформації та обґрунтування місця сталого розвитку застосовано системний, структурно-функціональний і процесно-орієнтований підходи, методи аналізу та синтезу, індукції й дедукції (підрозділи 1.1–1.3). Критерії оцінювання відібрано контент-аналізом наукових джерел і методом Дельфі; вагові коефіцієнти визначено методом аналізу ієрархій за дворівневою схемою з перевіркою відношення узгодженості, узгодженість експертної групи — коефіцієнтом конкордації Кендалла з перевіркою за критерієм χ^2 і критерієм Крускала — Уолліса; прояв окремих бар'єрів оцінено контент-аналізом відкритих джерел (підрозділи 2.1–2.2). Взаємозв'язок показників формалізовано засобами нечітких когнітивних карт (підрозділ 2.3); цифрово-аналітичне середовище побудовано на основі системного підходу та описано системою рівнянь із керуючим параметром (підрозділ 3.1); прогнозування стратегічної стійкості виконано імітаційним моделюванням Монте-Карло, а оптимальний розподіл ресурсу визначено за умовою рівності маржинальних приростів (підрозділ 3.2); економічне обґрунтування вкладень здійснено методами дисконтування грошових потоків і реальних опціонів за процедурою приведення витрат і вигід ДСТУ EN 15459-1:2017 (підрозділ 3.3). Обчислення виконано програмно з бібліотеками наукових обчислень, що забезпечує відтворюваність результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розробленні економіко-аналітичного забезпечення цифрової трансформації девелоперських компаній, яке поєднує вимірювання стану підприємства,

обґрунтування керуючого впливу та вартісну оцінку результату в єдиному відтворюваному контурі.

Уперше:

— запропоновано індекс цифрової окупності інновацій, який, на відміну від класичного індексу прибутковості, обчислює економічний ефект із приросту вимірюваного показника стану, а не з прогнозу грошових потоків, унаслідок чого прогнозне значення індексу може бути звірене з фактичним уже після першого року реалізації програми;

— обґрунтовано мультиплікативну форму зв'язку цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів, за якої приріст готовності дає результат, зменшений пропорційно рівню бар'єрності, та встановлено, що ця форма породжує нададитивність сукупного ефекту, величина якої обчислюється аналітично;

— уведено концепт цифрової узгодженості з контрагентами, значення якого визначається середнім рівнем скоригованої готовності підприємств того сегмента ринку, з якого добираються контрагенти, що дало змогу виміряти обмеження, яке підприємство не долає власними діями.

У дисертаційній роботі удосконалено:

— систему оцінювання цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів шляхом введення дворівневої ієрархії критеріїв, що більш ніж утричі зменшує кількість попарних порівнянь, і трирівневої перевірки достовірності вагових коефіцієнтів (узгодженості суджень експерта, значущості узгодженості групи, стійкості результату до її складу), що разом із документальним джерелом даних для кожного критерію робить результат оцінювання відтворюваним;

— класифікацію трансформаційних бар'єрів за джерелом виникнення та ступенем керованості з приписуванням кожному бар'єру показника вимірювання та джерела даних, що дає змогу відокремити керовану частину бар'єрності від некерованої й робить твердження про їх керованість перевірюваним;

– методичний підхід до прогнозування стратегічної стійкості шляхом застосування імітаційного моделювання замість кореляційно-регресійного аналізу, непридатного за наявної інформаційної бази, що дає розподіл прогнозних значень з імовірністю досягнення цільових рівнів і перевіркою стійкості прогнозу до вхідних припущень.

Набули подальшого розвитку:

– концептуально-теоретичне опрацювання змісту економічних технологій розвитку девелоперських компаній через уведення вартісної цілеспрямованості як визначальної сутнісної ознаки, розмежування понять «цифровізація», «діджиталізація» і «цифрова трансформація» та авторське визначення категорії з вимірюваним впливом на вартість, витрати та ризик проєкту як видовою ознакою;

– систематизацію наукових підходів до цифрової трансформації через виокремлення семи підходів і побудову матриці їх охоплення економічних категорій, яка виявила, що жоден із них не охоплює всіх складників і галузевої специфіки девелопменту; обґрунтовано п'ять каналів впливу сталого розвитку на чисту приведену вартість проєкту та систему з десяти показників його вимірювання;

– науково-методичні засади побудови та використання цифрово-аналітичного середовища адміністрування розвитку девелоперської компанії через уведення керуючого параметра розподілу бюджету трансформації та зворотного зв'язку за фактичними даними підприємства з виділенням в організаційній структурі наскрізної аналітичної функції.

Практична цінність результатів полягає у можливості обґрунтувати числом, а не посиленням на галузеву практику, обсяг вкладень у цифрову трансформацію і його розподіл між організаційними та технологічними заходами, а також оцінити ризик рішення імовірністю від'ємного результату. Показники обчислюються за документованими джерелами даних із визначеною періодичністю, що робить їх придатними для регулярного застосування в управлінському контурі.

Впровадження результатів дослідження. Порядок застосування інструментарію показано на модельному прикладі трьох підприємств київського ринку житлової нерухомості з різними функціональними ролями в будівельному процесі (організація будівництва, інжинірингово-експертне супроводження, проектування), що засвідчує його застосовність для підприємств різної організаційної моделі. Оцінки критеріїв, вагові коефіцієнти та вартісні параметри є прийнятими значеннями модельного прикладу і підлягають заміні фактичними після проведення експертної процедури. Довідки про впровадження наведено в додатку А.

Освітня цінність результатів полягає у можливості їх використання в дисциплінах з економіки підприємства, стратегічного управління та управління проектами для опанування порядку оцінювання цифрової готовності й трансформаційних бар'єрів, прогнозування стратегічної стійкості та обґрунтування вкладень; модельний приклад і розрахунковий модуль (додаток Г) можуть слугувати основою навчальних завдань.

Особистий внесок здобувача. Усі основні наукові результати дисертації одержано здобувачем особисто; із праць у співавторстві використано лише положення, що відображають його самостійний внесок, конкретизований у списку публікацій (додаток Б).

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні та прикладні результати дисертаційного дослідження оприлюднено на чотирьох наукових заходах — трьох конференціях і круглому столі: круглому столі «Налаштування освітніх траєкторій у підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України» (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, 30 травня 2023 р., очна форма участі); V Міжнародній науково-практичній конференції «Енергоощадні машини і технології» (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, 22–24 травня 2024 р., очна форма участі); VIII Міжнародній конференції «Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України» (Київський національний університет

будівництва і архітектури, м. Київ, 12 листопада 2025 р., очна форма участі); IV Всеукраїнській науково-практичній конференції «Економіка та підприємництво в умовах сучасних викликів» (Поліський національний університет, м. Житомир, 4 червня 2026 р., дистанційна форма участі). Перелік праць, що засвідчують апробацію, і відомості про заходи наведено в додатку Б. Представлені результати були предметом наукового обговорення з фахівцями у сфері економіки, менеджменту та девелопменту, що дало змогу врахувати одержані зауваження й рекомендації під час удосконалення теоретико-методичних положень, моделей та інструментів економіко-аналітичного забезпечення цифрової трансформації девелоперських компаній.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи відображено в шістнадцяти наукових працях здобувача. Серед них десять статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б» та чотири праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації: дві тези доповідей у збірниках матеріалів міжнародної та всеукраїнської науково-практичних конференцій і дві доповіді, відображені в програмах міжнародної конференції та круглого столу. Опубліковані праці висвітлюють теоретичні узагальнення, методичні підходи та прикладні інструменти економіко-аналітичного забезпечення цифрової трансформації девелоперських компаній.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Структура роботи відповідає логіці дослідження, поставленій меті та визначеним науковим завданням. Дисертація містить анотацію українською та англійською мовами, список публікацій здобувача, зміст, перелік умовних позначень і скорочень, вступ, три розділи з висновками до кожного, загальні висновки, список використаних джерел і п'ять додатків (А–Д), зокрема довідки про впровадження (додаток А) та список публікацій здобувача (додаток Б). Загальний обсяг дисертації становить 212 сторінок, з яких основний текст займає 145 сторінок. Робота містить 10 рисунків і 38 таблиць; список використаних джерел налічує 163 найменування і викладений на 25

сторінках. Додатки викладено на 30 сторінках. Дисертаційне дослідження виконано на кафедрі менеджменту в будівництві Київського національного університету будівництва і архітектури.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ КОМПАНІЙ

1.1. Сутність і зміст економічних технологій розвитку девелоперських компаній

Сучасний девелопмент розвивається на перетині будівельних інновацій, фінансових моделей і технологій управління, що формують нову економічну архітектуру галузі. У цьому контексті особливої актуальності набуває дослідження економічних технологій як базису функціонування девелоперських компаній у цифрову епоху. Стан цифрових технологій в Україні характеризується нерівномірністю поширення: за наявної інфраструктурної бази рівень їх практичного застосування залишається нижчим за середньоєвропейський [1; 2].

Попри активне використання терміна «економічні технології» у наукових публікаціях і господарській практиці, його зміст залишається недостатньо визначеним: поняття вживається щонайменше у трьох значеннях — як сукупність методів економічного розрахунку, як програмно-інформаційний інструментарій і як спосіб організації управлінських процесів [3; 4; 5], систематизацію яких наведено в публікації здобувача [6]. Така багатозначність унеможливорює коректне вимірювання результативності їх застосування й зумовлює необхідність встановлення сутнісних ознак категорії, її відмежування від суміжних понять та формування визначення, придатного для формалізації в економіко-аналітичних моделях.

Якщо історично економічні технології в будівництві трактувалися як сукупність калькулятивних методів, нормування праці, кошторисного управління та аналітики, то нині до них включають інформаційно-аналітичні платформи, електронні системи управління бюджетом, системи ризик-менеджменту, цифрові інструменти сценарного моделювання, KPI-системи,

автоматизовані CRM- і ERP-рішення, які забезпечують якісно новий рівень взаємозв'язку між управлінськими рівнями девелопера [3]. Загальний контекст цих перетворень узагальнено в працях з економічних змін в Україні та в національній доповіді про інноваційний розвиток [7; 8], а ієрархію рівнів інноваційного розвитку бізнесу подано в [100].

Авторська періодизація генезису категорії, побудована за зміною домінуючих інструментів економічного обґрунтування рішень у будівництві (межі періодів є умовними), охоплює п'ять етапів: нормативно-розрахунковий (1950–1980-ті рр.), коли технологія зводилася до нормування витрат засобами кошторисних нормативів, календарних і мережевих графіків [10]; вартісно-ринковий (1990–2000-ті рр.), орієнтований на обґрунтування прибутковості та інвестиційної привабливості девелоперських проєктів [11; 12; 13]; обліково-інтеграційний (2000–2015 рр.), пов'язаний із наскрізним обліком і бюджетуванням на основі ERP-систем [14; 15; 16]; аналітичний (2016–2020 рр.), що ґрунтується на BI-платформах і KPI-моніторингу [17; 18; 19]; екосистемний та ESG-орієнтований (з 2021 р.), у межах якого технологія розглядається як елемент цифрової екосистеми управління вартістю [20; 21; 22; 23]. Отже, якщо на першому етапі економічна технологія ототожнювалася з процедурою розрахунку, то на сучасному вона трактується як спосіб керованого впливу на вартість. Водночас жодне з трактувань не містить критерію, за яким конкретний інструмент можна віднести до економічних технологій, а не до управлінських чи інформаційних.

Для встановлення сутності категорії дотичні до неї дослідження згруповано за родовим поняттям, покладеним в основу розуміння економічних (зокрема інноваційних, цифрових та управлінських) технологій; оскільки власне дефініції «економічних технологій» у більшості цих праць не наведено, виокремлені підходи є авторською реконструкцією. Виділено сім підходів: інструментально-технологічний [25], інформаційно-аналітичний [3; 22; 26; 19], процесно-управлінський [27; 28; 29], вартісно-інвестиційний [30; 31; 13; 32], цифрово-платформний [14; 15; 16; 5], екосистемний [33; 20; 21] і

сталого розвитку (ESG) [34; 35; 23]. Жоден із них не є хибним, проте кожен розкриває категорію лише частково. Інструментально-технологічний і цифрово-платформний підходи описують склад, але не результат (у другому зрілість ототожнюється з наявністю програмного забезпечення); процесно-управлінський і екосистемний — організацію, але не її вартісний вимір; вартісно-інвестиційний і ESG-орієнтований визначають результат, але звужують сферу застосування інвестиційною стадією або підпорядковують економічну складову соціоекологічній. Спільним обмеженням є відсутність ознаки, яка дозволяє відмежувати економічну технологію від суміжних категорій.

На підставі узагальнення розглянутих підходів [22] виокремлено шість сутнісних ознак економічних технологій розвитку девелоперської компанії (рис. 1.1) [6].

Визначальною є перша ознака — вартісна цілеспрямованість. Саме вона відмежовує економічні технології від управлінських: технологія належить до економічних тоді, коли її застосування змінює вимірювані вартісні параметри діяльності, а не лише порядок виконання управлінських процедур. Друга ознака — вимірюваність економічного ефекту — задає вимогу до наявності кількісних індикаторів і є методичною передумовою побудови інтегральних показників результативності. Третя і четверта ознаки (процесність і тиражованість) відрізняють технологію від разового управлінського заходу: технологія передбачає формалізовану послідовність дій, відтворювану на інших об'єктах портфеля [22]. Це узгоджується з базовим положенням економічної теорії, за яким будь-яке господарське рішення оцінюється співвідношенням вигід і витрат, а використані ресурси мають альтернативну вартість [36].

П'ята ознака — наскрізність — відображає галузеву специфіку девелопменту з тривалим життєвим циклом об'єкта. Шоста — адаптивність — фіксує здатність технології зберігати результативність за зміни ринкових і ресурсних параметрів [28; 37].



Рис. 1.1. Сутнісні ознаки економічних технологій розвитку девелоперської компанії (розроблено автором на основі [6])

Виокремлені ознаки не є рівнозначними за призначенням: вартісна цілеспрямованість виконує розмежувальну функцію (за її відсутності технологія не належить до економічних незалежно від решти характеристик), вимірюваність, процесність і тиражованість є вимогами до способу реалізації технології, а наскрізність та адаптивність — галузевими вимогами, зумовленими тривалістю життєвого циклу девелоперського проєкту та мінливістю ринкових умов.

Виокремлені ознаки дають змогу впорядкувати понятійний апарат дослідження, у якому паралельно вживаються п'ять близьких категорій. Найширшою є категорія «економіко-аналітичні засади розвитку девелоперської компанії», яка охоплює принципи, методи, моделі та інструменти економічного обґрунтування рішень. Економічні технології є її операційним ядром — тією частиною, що доведена до рівня відтворюваних процедур. Інноваційно-економічні технології та технології сталого розвитку розглядаються як видові групи, виділені за різними ознаками: перша — за

наявністю новизни для підприємства [24], друга — за складом ураховуваних результатів [34; 23]. Цифрові технології (ERP, CRM, SCM, BI тощо) не є самостійним видом економічних технологій, а виступають засобом їх реалізації; ототожнення цих категорій призводить до підміни оцінювання економічної результативності оцінюванням цифрової зрілості, методики якого подано, зокрема, в [38; 28]. Управлінські технології утворюють суміжну категорію, що частково перетинається з економічними у площині процедур прийняття рішень, але не збігається з ними за цільовим результатом. Інституціональний вимір поняття, зокрема роль формальних і неформальних норм у становленні інноваційної економіки, розкрито в [39].

Зміст категорії розкривається через класифікацію, побудовану за чотирма ознаками (табл. 1.1); запропонований поділ узгоджується з підходом до групування економічних технологій за стейкхолдерами житлового будівництва, викладеним у публікації здобувача [40].

Таблиця 1.1

Класифікація економічних технологій розвитку девелоперських компаній

Класифікаційна ознака	Види економічних технологій	Призначення в системі управління
За стадією життєвого циклу проекту	передінвестиційні; проєктно-кошторисні; будівельно-виробничі; збутові; експлуатаційні	Забезпечують наскрізність економічного управління від вибору ділянки до експлуатації об'єкта
За функціональним призначенням	облікові; аналітичні; прогнозні; оптимізаційні; контрольні	Визначають характер операцій з економічною інформацією
За рівнем управління	операційні; тактичні; стратегічні	Задають горизонт і періодичність оновлення економічних оцінок
За характером економічного результату	спрямовані на зниження витрат; спрямовані на приріст вартості; спрямовані на зниження ризику; спрямовані на забезпечення ліквідності	Формують основу для вибору показників вимірювання ефекту

(розроблено автором)

Класифікація за стадією життєвого циклу має для девелопменту визначальне значення, оскільки економічний результат тут формується не одномоментно, а накопичується протягом кількох років [13; 22; 41]. Економічні технології при цьому не є набором незалежних інструментів: результат кожної попередньої стадії є вхідним параметром для наступної, і помилка у вартісному моделюванні на стадії ініціювання не може бути компенсована контролінгом витрат на стадії будівництва [30], що обґрунтовує вимогу наскрізності. Питання інженерно-економічної взаємодії на рівні національної економіки розглядаються також у матеріалах галузевих наукових форумів [42].

Належність розглядуваних технологій до предметної області економічної науки визначається тим, через які економічні категорії проявляється результат їх застосування і якими показниками він вимірюється (табл. 1.2).

Наведене зіставлення підтверджує економічну природу досліджуваної категорії, оскільки всі форми прояву належать до предметної області економіки підприємства, а не до організації виробництва чи інформаційних систем, і формує методичну основу подальшого дослідження: показники останньої графі є змінними, зміна яких засвідчує результативність упровадження економічних технологій і які покладено в основу інтегральних оцінок.

Узагальнення виокремлених ознак, класифікаційних характеристик і форм прояву економічного результату дає змогу сформулювати авторське визначення.

Економічні технології розвитку девелоперської компанії — це формалізована сукупність економічних методів, моделей і процедур, реалізованих засобами цифрового оброблення даних і застосовуваних наскрізно на всіх стадіях життєвого циклу девелоперського проєкту та

портфеля проєктів з метою досягнення вимірюваного приросту вартості, зниження витрат і ризиків господарської діяльності.

Таблиця 1.2

**Економічні категорії та показники вимірювання результативності
економічних технологій**

Економічна категорія	Форма прояву в девелопменті	Показники вимірювання
Витрати	Собівартість будівельно-монтажних робіт, адміністративні та трансакційні витрати	Питомі витрати на 1 м ² загальної площі; частка непередбачених витрат; відхилення «план — факт»
Вартість	Ринкова вартість об'єкта, вартість девелоперського портфеля	Приріст вартості на стадіях циклу; валова маржа проєкту
Інвестиції	Вкладення у проєкт і у цифрову інфраструктуру компанії	NPV, IRR, PI, термін окупності; індекс окупності цифрових інвестицій
Ризик	Імовірність відхилення економічних параметрів від планових	Дисперсія грошового потоку; вартість під ризиком; премія за ризик у ставці дисконтування
Ефективність	Співвідношення результату та витрачених ресурсів	Рентабельність проєкту та інвестованого капіталу; ресурсовіддача

(розроблено автором на основі [31; 22; 32; 43; 44])

Відмінність запропонованого визначення від наявних полягає у трьох позиціях. По-перше, родовим поняттям обрано не «сукупність засобів» і не «спосіб організації процесів», а формалізовану сукупність економічних методів, моделей і процедур, що знімає ототожнення економічної технології з програмним забезпеченням. По-друге, вимогу вимірюваності результату, яку у вартісно-інвестиційному підході пов'язано переважно з інвестиційною стадією проєкту, введено безпосередньо до складу визначення в поєднанні з наскрізністю на всіх стадіях життєвого циклу: саме це робить категорію придатною для кількісного оцінювання. По-третє, сферу дії розширено з окремого проєкту на портфель, що відповідає багатопроєктному характеру діяльності девелоперських компаній [22; 45].

Проведений аналіз дає змогу виокремити невирішені питання, що визначають напрями подальшого дослідження. По-перше, у наявних трактуваннях відсутній критерій відмежування економічних технологій від управлінських та інформаційних, унаслідок чого оцінювання їх результативності може підмінюватися оцінюванням рівня цифрової оснащеності підприємства, на яке орієнтовані, зокрема, методики оцінювання цифрової зрілості [38; 28].

По-друге, не сформовано системи показників, яка пов'язувала б рівень упровадження економічних технологій із вимірюваними економічними результатами діяльності девелоперської компанії [26; 43].

По-третє, наявні моделі цифрової зрілості та готовності не враховують повною мірою галузевої специфіки девелопменту: методика європейських цифрових інноваційних хабів [38] є універсальною, індекс технологічної готовності [47] характеризує готовність окремих осіб до сприйняття нових технологій, а рамка оцінювання готовності будівельної галузі [46] не відображає багатопроєктності та вартісного виміру інвестиційної ризиковості.

По-четверте, чинники, що стримують упровадження економічних технологій, розглядаються переважно як зовнішні обмеження, а не як керовані параметри, що підлягають кількісному оцінюванню та цілеспрямованому коригуванню [48; 49; 24].

Розв'язання цих питань потребує відповідно систематизації наукових підходів до цифрової трансформації та обґрунтування системи показників, розроблення методичного інструментарію оцінювання цифрової готовності з урахуванням багатопроєктності та тривалого життєвого циклу, а також формалізації трансформаційних бар'єрів як керованих параметрів розвитку.

Отже, економічні технології розвитку девелоперських компаній становлять самостійну економічну категорію, відмежовану від суміжних понять за ознакою вартісної цілеспрямованості. Визначено шість сутнісних ознак категорії, побудовано її класифікацію за чотирма ознаками,

встановлено форми прояву економічного результату та показники його вимірювання, сформульовано авторське визначення й окреслено коло невирішених питань, що утворює понятійну основу для систематизації наукових підходів до цифрової трансформації економічної діяльності девелопера.

1.2. Систематизація наукових підходів до цифрової трансформації економічної діяльності девелопера

Дослідження цифрової трансформації підприємства сформувалися в різних наукових традиціях — інформаційно-технологічній, управлінській, економічній — і оперують різними об'єктами трансформації, критеріями успішності та одиницями вимірювання, тому їх результати не є зіставними [3; 5; 50], а галузева специфіка девелопменту в більшості праць не враховується.

Опрацьовані систематичні огляди цифрової трансформації будівельної галузі [33; 20], дослідження бар'єрів переходу до Construction 4.0 [49], готовності галузі до цифрових змін [46], цифрових компетенцій персоналу [51], а також вітчизняні праці щодо сутності цифрової трансформації підприємства [3; 5; 50] і цифрової екосистеми будівельного девелопменту [21; 22] розвиваються паралельно й рідко посиляються одне на одне. Тому їх необхідно систематизувати за єдиною класифікаційною ознакою, зіставити за повнотою охоплення економічного результату й визначити ті, що можуть бути покладені в основу методичного інструментарію оцінювання цифрової трансформації девелоперської компанії; попередні результати систематизації апробовано в [52].

Передумовою систематизації є термінологічне впорядкування. Терміни «цифровізація», «діджиталізація» та «цифрова трансформація» нерідко вживаються як синоніми, хоча позначають різні за глибиною зміни [4; 9; 19; 29; 53]. У зарубіжних дослідженнях їх подано як послідовність трьох фаз:

digitization — переведення аналогової інформації в цифрову форму, digitalization — використання цифрових технологій для зміни способу виконання наявних бізнес-процесів, digital transformation — зміна в масштабах усієї компанії, що веде до нових бізнес-моделей [133].

У дослідженні, з урахуванням того, що в українськомовній літературі digitization передається також як «оцифрування», а «цифровізація» і «діджиталізація» нерідко вживаються як відповідники digitalization [3], терміни використано у вужчих значеннях трифазової моделі [133]: «цифровізація» — заміна паперового носія цифровим, що скорочує транзакційні витрати й є оборотною; «діджиталізація» — автоматизація окремого процесу без зміни його логіки (зокрема формування кошторису), що скорочує трудомісткість і кількість помилок; «цифрова трансформація» — незворотна перебудова моделі створення вартості (наскрізне управління вартістю портфеля на основі даних), що змінює структуру витрат, прискорює оборот капіталу й знижує ризик [54; 5; 50].

Переважна частина прикладних робіт, що заявляють предметом цифрову трансформацію девелоперських компаній, фактично описують перші два рівні, які не змінюють моделі створення вартості. Цифровою трансформацією економічної діяльності девелопера є лише третій рівень — перебудова моделі створення вартості, що супроводжується зміною структури витрат, порядку формування доходу та профілю ризиків компанії.

Опрацювання наукових джерел засвідчило, що відмінності між дослідженнями визначаються насамперед тим, який об'єкт автори вважають носієм трансформаційних змін. Саме цю ознаку покладено в основу систематизації: за нею виокремлено чотири класифікаційні групи та сім підходів (рис. 1.2).

Запропонована класифікація відображає зміщення дослідницького фокусу від технології — до процесів і ресурсів, стану системи і, зрештою, економічного результату; кожна наступна група розширює попередню, проте

жодна самотійно не охоплює всього кола економічних наслідків цифрової трансформації.

Характеристику підходів подано в таблиці 1.3; на відміну від підрозділу 1.1, тут систематизовано підходи до цифрової трансформації, а не до трактування категорії «економічні технології», тому спільні джерела стосуються різних аспектів.



Рис. 1.2. Класифікаційна структура наукових підходів до цифрової трансформації економічної діяльності девелопера
(розроблено автором)

Технологічно-детермінований підхід, історично найраніший і найпоширеніший, підміняє оцінювання економічної результативності оцінюванням цифрової оснащеності. Так, економію від інформаційного моделювання будівель оцінено переважно на рівні сектору чи програм упровадження [56; 57], тоді як модель конкретного об'єкта не змінює ані собівартості робіт, ані швидкості реалізації площ, якщо її дані не використовуються в економічних розрахунках.

Процесно-реінжиніринговий підхід, що походить від концепції реінжинірингу М. Хаммера [159], оперує тривалістю, трудомісткістю та кількістю помилок [28], проте ключові процеси девелопменту є міжорганізаційними й не можуть бути перебудовані рішенням однієї компанії.

Таблиця 1.3

**Систематизація наукових підходів до цифрової трансформації
економічної діяльності девелопера**

Підхід	Джерела	Об'єкт трансформації	Критерій успішності	Обмеження щодо девелопменту
1. Технологічно-детермінований	[55; 56; 57]	Технологічне оснащення підприємства	Кількість і рівень упроваджених технологій	Ототожнює наявність технології з отриманням економічного ефекту
2. Процесно-реінжиніринговий	[159; 28; 29; 58]	Бізнес-процеси підприємства	Скорочення тривалості та трудомісткості процесів	Не враховує міжорганізаційного характеру процесів девелопменту
3. Бізнес-модельний	[54; 59; 5]	Модель створення та привласнення вартості	Зміна структури доходів і витрат компанії	Розроблений переважно для сфер із коротким операційним циклом
4. Ресурсно-компетентнісний	[51; 48; 24]	Цифрові компетенції та організаційні здатності	Рівень цифрових навичок і спроможність до змін	Компетенції оцінюються поза зв'язком з економічним результатом
5. Зрілісно-діагностичний	[46; 47; 38; 28; 52]	Стан підприємства як рівень цифрової зрілості	Позиція на шкалі цифрової зрілості (DMA EDIH) чи технологічної готовності (TRI)	Шкали є універсальними й не враховують багатопроєктності
6. Бар'єрно-орієнтований	[48; 49; 24; 60]	Чинники, що стримують трансформацію	Зниження сили та кількості бар'єрів	Бар'єри трактуються як зовнішня даність, а не керований параметр
7. Екосистемний	[33; 20; 21; 22]	Цифрова екосистема взаємодії учасників	Зв'язність контурів управління та якості даних	Відсутні кількісні вимірники економічної результативності

(розроблено автором на основі [5; 20; 21; 22; 24; 28; 29; 33; 38; 46; 47; 48; 49; 51; 52; 54; 55; 56; 57; 58; 59; 60; 159])

Бізнес-модельний підхід єдиний прямо пов'язує цифрову трансформацію зі зміною моделі створення вартості [54; 5], однак його емпірична база, зокрема [59], сформована на матеріалі сфер із коротким операційним циклом. Зв'язок цифрової трансформації з конкурентними перевагами розглядається у стратегічному [61], маркетинговому [62] та логістичному [63] вимірах.

Ресурсно-компетентнісний підхід пояснює різну результативність однакових технологій цифровими навичками персоналу та організаційними здатностями [51; 48], але оцінює їх поза зв'язком із вартісними параметрами; роль дослідницького та освітнього сектору у формуванні інноваційної спроможності підприємств оцінено в [64].

Зрілісно-діагностичний підхід має найрозвиненіший вимірювальний апарат — індекс технологічної готовності [47], галузеві шкали [46], методикую європейських цифрових інноваційних хабів [38], — проте його шкали не враховують багатопроєктності, за якої проекти одного портфеля перебувають на різних рівнях зрілості.

Бар'єрно-орієнтований підхід найкраще опрацьований для будівництва в зарубіжній літературі [49] і розглядає організаційну інерцію як самостійний предмет [48]; засади оцінювання впливу внутрішніх і зовнішніх чинників на інноваційний розвиток підприємств — виконавців девелоперських проєктів викладено в [60]. Проте бар'єри трактуються як зовнішня даність, а не керований параметр.

Екосистемний підхід розглядає девелопера як учасника цифрової екосистеми, у якій результат формується спільно [33; 20], і розвивається у вітчизняній науці стосовно будівельного девелопменту [21] та мультипроєктної діяльності [22], проте зв'язність контурів управління та якість даних у ньому не переводяться у вартісні показники.

Вітчизняний доробок розподіляється між підходами нерівномірно. Найбільш опрацьованим є термінологічно-сутнісний напрям [3; 4; 5; 50], що належить переважно до бізнес-модельного підходу, але виконаний на

матеріалі інших галузей; до нього прилягають праці з інноваційних стратегій, фінансового забезпечення та управління інноваційною діяльністю підприємств [65; 66; 67]. Другий напрям — оцінювання цифрової зрілості [38; 28] — не деталізує особливостей будівельного девелопменту.

Третій напрям, представлений працями наукової школи Київського національного університету будівництва і архітектури [21; 22; 41; 26; 68], безпосередньо стосується предмета дослідження й найповніше враховує галузеву специфіку, проте зосереджений на організаційно-аналітичному контурі й потребує доповнення вартісними вимірниками.

Усі розглянуті підходи сформульовані для підприємства взагалі, тоді як девелопмент має галузеві особливості, що змінюють механізм трансформації та спосіб вимірювання її результату. Організаційні форми взаємодії самостійних підприємств розглянуто в [69; 70], подібні задачі управління за розподіленої виробничої структури — в інших галузях [71].

Багатопроєктність зумовлює вимірювання ефекту на рівні портфеля, у межах якого проекти конкурують за ресурси [22; 45; 72]. Тривалий життєвий цикл унеможлиблює оцінювання результату за один звітний період: ефект проявляється через кілька років, на стадії реалізації та експлуатації об'єкта. Розподіленість учасників робить якість даних девелопера залежною від цифрової зрілості підрядників і проєктувальників [21; 73]; за браком доступу до договірних відносин цей чинник у подальшому враховано опосередковано — через середній рівень цифрової зрілості підприємств сегмента ринку, з якого девелопер добирає контрагентів.

Залежність від дозвільних процедур обмежує керованість строків і достовірність прогнозів грошового потоку. Інформаційне моделювання будівель є готовим носієм наскрізної інформації про об'єкт для економічних розрахунків [56; 57; 41]. Висока капіталоємність підвищує чутливість результату до помилок прогнозування [13; 68], а зміна споживчої поведінки під впливом цифрових каналів є самостійним чинником попиту [74].

Звідси два методичні наслідки. По-перше, показники цифрової трансформації девелоперської компанії мають розраховуватися на двох рівнях — проєкту та портфеля, оскільки просте усереднення проєктних оцінок спотворює картину через різні стадії циклу й капіталомісткість проєктів. По-друге, оцінювання економічного ефекту потребує часового лагу: порівняння витрат із результатами того самого періоду некоректне й систематично занижує ефективність вкладень.

Практичне застосування підходів потребує впорядкування цифрових технологій не переліком програмних продуктів, що швидко застаріває, а за економічною функцією із зазначенням показника вимірювання ефекту (табл. 1.4); технології розподілених реєстрів у фінансових операціях розглядаються як самостійний напрям [75].

Кожному функціональному класу поставлено у відповідність показник, зміна якого засвідчує економічний, а не технічний результат, що відповідає вимозі вимірюваності економічного ефекту й робить класифікацію придатною для формалізації.

Таблиця 1.4

Класифікація цифрових технологій за економічною функцією в діяльності девелоперської компанії

Функціональний клас технологій	Економічна задача	Показник вимірювання ефекту	Джерела
Системи планування ресурсів підприємства	Консолідація обліку витрат і ресурсів у єдиному контурі	Відхилення «план — факт» за витратами; питомі адміністративні витрати	[14; 15; 16]
Системи управління відносинами з клієнтами	Прогнозування попиту та обґрунтування цінових рішень	Темп реалізації площ; середня ціна 1 м ² ; вартість залучення покупця	[68]
Системи інформаційного моделювання об'єкта	Зниження вартості проєктних змін і переробок	Частка витрат на переробки; точність кошторисного розрахунку	[56; 57; 73]
Системи бізнес-аналітики	Скорочення циклу підготовки управлінського рішення	Тривалість циклу рішення; частка рішень, ухвалених на основі даних	[17; 76; 77; 18]
Цифрові інструменти	Усунення	Частка непродуктивних	[158]

Функціональний клас технологій	Економічна задача	Показник вимірювання ефекту	Джерела
підтримки ощадливого управління (Lean)	непродуктивних витрат ресурсів і часу	витрат; ресурсовіддача	
Системи управління ланцюгами постачання	Синхронізація постачань із графіком виконання робіт	Оборотність запасів; втрати від простоїв	[78; 15]

(розроблено автором на основі [17; 78; 56; 57; 14; 76; 77; 15; 73; 16; 18; 68; 158])

Класифікація фіксує функцію кожного класу ізольовано, тоді як у реальній діяльності класи взаємодіють і сукупний ефект не дорівнює сумі окремих: точність прогнозування попиту залежить від якості даних системи планування ресурсів, а результативність ощадливого управління — від аналітичного контуру [18; 158]. Урахування цієї взаємозалежності потребує окремого економіко-математичного моделювання.

Завершальним кроком систематизації є зіставлення підходів за повнотою охоплення економічних категорій (рис. 1.3).

Економічні категорії (за табл. 1.4)					
	Витрати	Вартість	Інвестиції	Ризик	Ефективність
1. Технологічно-детермінований	●	○	○	○	●
2. Процесно-реінжиніринговий	●	○	○	●	●
3. Бізнес-модельний	●	●	●	●	●
4. Ресурсно-компетентнісний	●	○	○	●	●
5. Зрілісно-діагностичний	○	○	●	●	●
6. Бар'єрно-орієнтований	●	○	●	●	●
7. Екосистемний	●	●	●	●	●

● — категорія охоплена підходом; ● — охоплена частково; ○ — не охоплена

Рис. 1.3. Матриця охоплення економічних категорій науковими підходами до цифрової трансформації

(розроблено автором на основі таблиці 1.3)

Матриця засвідчує три висновки. По-перше, жоден підхід не охоплює всіх п'яти економічних категорій; найширше охоплення має бізнес-модельний, проте й він лише частково враховує витрати та ризик. По-друге, категорію «вартість» серед підходів до цифрової трансформації розглядає по суті лише бізнес-модельний підхід (на відміну від вартісно-інвестиційного підходу до економічних технологій), що для девелопменту, де вартість об'єкта є головним результатом, є критичною прогалиною. По-третє, підходи з найрозвиненішим вимірювальним апаратом (зрілісно-діагностичний і бар'єрно-орієнтований) вимірюють стан системи, а не її економічний результат.

Матриця відображає повноту охоплення економічних категорій у самих публікаціях за змістом наведених у джерелах положень і показників, а не результативність чи якість підходів: підхід, що охоплює одну категорію, може бути опрацьованим глибше за той, що охоплює три.

Із цього випливає, що жоден із наявних підходів не може бути прийнятий як самодостатній. Методично обґрунтованим є їх поєднання: зрілісно-діагностичний і бар'єрно-орієнтований підходи придатні для оцінювання стану підприємства як передумови трансформації, екосистемний — для опису середовища взаємодії, а бізнес-модельний — для вимірювання економічного результату. Саме таке поєднання покладено в основу методичного інструментарію дослідження.

Проведена систематизація дає змогу конкретизувати питання, що залишаються невирішеними. По-перше, не сформовано підходу, який поєднував би діагностику стану підприємства з вимірюванням економічного результату трансформації; наявні підходи розвиваються паралельно й оперують непорівнюваними одиницями вимірювання [46; 38; 5]. По-друге, галузева специфіка девелопменту — багатопроєктність [22], тривалий життєвий цикл і розподіленість учасників — у наявних моделях оцінювання не формалізована, унаслідок чого результати, отримані для підприємств з коротким операційним циклом (зокрема, [59]), можуть механічно

переноситися на девелоперську діяльність. По-третє, бар'єри цифрової трансформації не інтегровані в моделі оцінювання готовності: вони описуються окремо, тоді як фактична спроможність підприємства до трансформації є похідною від обох величин одночасно [48; 49; 60]. По-четверте, відсутня методика економічного обґрунтування інвестицій у цифрову трансформацію девелоперської компанії, яка враховувала б розрив у часі між здійсненням витрат і отриманням ефекту [54; 32].

Отже, розмежовано поняття «цифровізація», «діджиталізація» та «цифрова трансформація», систематизовано наукові підходи до цифрової трансформації економічної діяльності девелопера за ознакою об'єкта трансформаційних змін (чотири групи, сім підходів), визначено галузеві чинники трансформації в девелопменті, запропоновано класифікацію цифрових технологій за економічною функцією та встановлено, що жоден підхід не охоплює всієї сукупності економічних категорій.

Обґрунтовано доцільність поєднання зрілісно-діагностичного, бар'єрно-орієнтованого та бізнес-модельного підходів як методичної основи подальшого дослідження. Оскільки серед виокремлених підходів жоден не враховує вимог сталого розвитку, тоді як саме вони дедалі більше визначають умови фінансування девелоперських проєктів, самостійного розгляду потребує сталий розвиток як складова економіко-аналітичного забезпечення девелоперської компанії.

1.3. Сталий розвиток як складова економіко-аналітичного забезпечення девелоперських компаній

Сталий розвиток тривалий час розглядався в девелопменті переважно як етична та іміджева категорія. Нині вимоги енергетичної ефективності закріплено нормативно, доступ до частини джерел фінансування пов'язаний з екологічними характеристиками об'єкта, а тривалість життєвого циклу об'єкта зумовлює те, що рішення, ухвалені на стадії проєктування,

визначають структуру експлуатаційних витрат на десятиліття вперед і після завершення будівництва практично не переглядаються [81]. Водночас контур сталого розвитку, що оперує якісними характеристиками, і контур економічного обґрунтування, що оперує кошторисом, бюджетом і грошовим потоком, здебільшого існують паралельно: нефінансова звітність формується окремо від фінансової і не впливає на проєктні рішення, що зумовлює потребу в інтеграції понять сталого розвитку та управління проєктами [79]. Постановку цього питання стосовно девелоперських компаній подано в публікації здобувача [80]. Подолання розриву потребує переведення характеристик сталого розвитку у вимірювані економічні параметри, придатні для включення у вартісні розрахунки.

Потребує розмежування і термінологічний ряд. Сталий розвиток як найширша категорія позначає принцип узгодження економічних, екологічних та соціальних результатів діяльності; ESG — систему нефінансових характеристик компанії, що розкриваються для інвесторів і кредиторів, зокрема засобами цифрових платформ звітності [23]; «зелене будівництво» — сукупність технічних рішень, спрямованих на зменшення ресурсоспоживання об'єкта. Ототожнення цих понять призводить до того, що технічні рішення оцінюються критеріями, призначеними для оцінювання компанії, а нефінансова звітність підміняє оцінювання економічного результату.

Економічне трактування сталого розвитку формувалося поетапно: від визначення в доповіді «Our Common Future» (1987) розвитку як такого, що задовольняє потреби теперішнього покоління без обмеження можливостей майбутніх поколінь задовольняти власні потреби [82], через концепцію потрійного підсумку Дж. Елкінгтона [34], перехід до вимірюваних критеріїв [83] і формування рейтингових систем оцінювання будівель [84; 81] — до нормативно-регуляторного етапу, пов'язаного в ЄС із запровадженням обов'язкової енергетичної сертифікації будівель Директивою 2002/91/ЄС [136] (згодом замінено Директивою 2010/31/ЄС), в Україні — з ухваленням у

2017 р. Закону «Про енергетичну ефективність будівель» [111], і далі до фінансово-інвестиційного етапу. Принциповим є перехід між двома останніми етапами: якщо на нормативно-регуляторному етапі відповідність вимогам є умовою допуску об'єкта до експлуатації, то на фінансово-інвестиційному вона стає чинником вартості капіталу, а отже — величиною, що входить до розрахунку ефективності проєкту.

У вітчизняній літературі сталий розвиток у будівництві розробляється в загальнотеоретичному (системний підхід до управління [86], людиноцентрична економіка [87]), містобудівному [88] і галузевому напрямках — соціально відповідальний девелопмент [35], інтеграція засад сталого розвитку в моделі житлового будівництва [79], стратегічне управління будівельними підприємствами [89]. Спільною рисою цих досліджень є ґрунтовне опрацювання змістової сторони питання за незначної уваги до вартісного вимірювання результату.

Економічний вплив заходів сталого розвитку на девелоперський проєкт не є односпрямованим. Міжнародні огляди групують вигоди та витрати «зеленого» будівництва за витратами на проєктування і будівництво, вартістю активу, експлуатаційними витратами, продуктивністю і здоров'ям користувачів та зниженням ризиків [134], а емпіричні дослідження засвідчують вплив екологічної сертифікації на орендні ставки й ринкову вартість об'єктів [156]. З урахуванням цих результатів стосовно девелоперського проєкту виокремлено п'ять каналів (рис. 1.4) [80].

Перший канал — зростання капітальних витрат на енергоефективні огорожувальні конструкції, інженерне обладнання, матеріали з підтвердженням екологічним профілем і сертифікацією. Це єдиний канал із гарантованим від'ємним знаком; він проявляється негайно, тоді як решта каналів діє відкладено, що й зумовлює основний спротив упровадженню [81].

Другий канал — зниження експлуатаційних витрат на енергію, воду та утримання інженерних систем протягом строку експлуатації; порядок його зіставлення з додатковими капітальними витратами встановлено ДСТУ EN

15459-1:2017 [114], особливості формування таких витрат для енергоадаптованих проєктів розглянуто в публікації здобувача [90]. Економію отримує власник або орендар, тому девелопер капіталізує її опосередковано — через вищу ціну реалізації.

Третій канал — приріст доходу від реалізації у формі премії до ціни продажу або орендної ставки, наявність якої емпірично підтверджено, зокрема, для сертифікованих офісних об'єктів на ринку США [156]. Величина премії залежить від сегмента, локації та зрілості ринку і підлягає окремому визначенню для кожного ринку, оскільки й критерії рейтингових систем оцінювання будівель не можуть бути механічно перенесені між ринками [84].



Рис. 1.4. Канали впливу заходів сталого розвитку на економічні параметри девелоперського проєкту (розроблено автором на основі [80] з урахуванням [134; 156])

Четвертий канал — зниження вартості капіталу через доступ до фінансових інструментів, умови яких формуються з урахуванням критеріїв

Регламенту (ЄС) 2020/852 [116]. Він виявляється у зменшенні ставки дисконтування, що для проєктів із тривалим життєвим циклом дає значний ефект на чисту приведену вартість.

П'ятий канал — зниження ризику: об'єкт, що відповідає підвищеним вимогам, менш вразливий до посилення регулювання, кліматичних чинників [85] і репутаційних втрат, що зменшує дисперсію прогнозованого грошового потоку і премію за ризик у ставці дисконтування.

Порівняння капітальних витрат лише з експлуатаційною економією, яке застосовують найчастіше, враховує два канали з п'яти і систематично занижує ефект. Канали діють із різним часовим лагом і є взаємозалежними: приріст капітальних витрат є передумовою дії другого і третього каналів, четвертий залежить від витрат на сертифікацію, а п'ятий проявляється лише в момент посилення вимог або настання несприятливої події. Тому сукупний ефект не є простою сумою незалежних доданків і потребує приведення до однієї часової точки за ДСТУ EN 15459-1:2017 [114] та моделювання з урахуванням послідовності дії каналів.

Авторський внесок у систематизацію каналів полягає не в переліку вигід і витрат, відомому з оглядів [134; 156], а в їх переструктуруванні відносно елементів розрахунку чистої приведеної вартості девелоперського проєкту: зниження вартості капіталу виокремлено як самостійний канал, що діє через ставку дисконтування; кожен канал співвіднесено з конкретним елементом розрахунку — кошторисом, графіком грошового потоку або ставкою дисконтування — і з показниками його вимірювання (табл. 1.5); встановлено різні часові лаги дії каналів та їх взаємозалежність. Продуктивність і здоров'я користувачів окремим каналом не виділено, оскільки для девелопера вони проявляються через премію до ціни або орендної ставки, тобто в межах третього каналу.

Показники вимірювання сформовано за принципом відповідності кожному каналу та прив'язки до стадії життєвого циклу проєкту (табл. 1.5). На відміну від поширених переліків ESG-індикаторів, кожен показник має

визначений порядок розрахунку та джерело вихідних даних, тобто є відтворюваним, а не експертно присвоюваним, і співвіднесений з конкретним каналом економічного впливу. Узагальнювальний індекс сталості проєкту потребує обґрунтування вагових коефіцієнтів за результатами експертного оцінювання з перевіркою узгодженості суджень.

Таблиця 1.5

**Система показників економічного вимірювання сталого розвитку
девелоперської компанії**

Показник	Одиниця	Порядок визначення	Джерело вихідних даних	Канал
Питоме енергоспоживання об'єкта	кВт·год/(м²·рік)	Річне споживання енергії, віднесене до опалюваної площі	Енергетичний сертифікат; прилади обліку	2
Питоме водоспоживання	м³/(м²·рік)	Річний обсяг водоспоживання, віднесений до площі	Прилади обліку; договори водопостачання	2
Додаткові капітальні витрати на заходи сталості	грн/м²	Різниця кошторисної вартості за базовим та енергоефективним проєктними рішеннями	Зведений кошторисний розрахунок	1
Річна економія експлуатаційних витрат	грн/(м²·рік)	Різниця витрат на енергоносії та утримання за двома проєктними рішеннями	Кошторис експлуатації; тарифи	2
Дисконтований термін окупності заходів	роки	Період, за який дисконтована економія покриває додаткові капітальні витрати (за ДСТУ EN 15459-1:2017)	Показники 3 і 4; ставка дисконтування	1, 2
Премія до ціни реалізації	%	Відношення різниці середніх цін 1 м² сертифікованого та несертифікованого об'єктів одного сегмента до ціни несертифікованого	Договори купівлі-продажу; дані ринку	3
Різниця вартості залучення капіталу	відсоткових пунктів	Різниця ставок за інструментами фінансування з екологічними критеріями та без них	Кредитні договори; умови розміщення	4
Частка вторинних і сертифікованих	% матеріальних витрат	Відношення вартості таких матеріалів до	Договори постачання; акти	1, 5

Показник	Одиниця	Порядок визначення	Джерело вихідних даних	Канал
матеріалів		загальних матеріальних витрат	списання	
Питомі викиди парникових газів	т CO ₂ -екв./м ²	Кількісне визначення за ISO 14064 з віднесенням до площі	Дані про спожиті енергоносії та матеріали	5
Індекс сталості проєкту	частка одиниці	Згортка нормалізованих значень наведених показників за ваговими коефіцієнтами	Показники 1–9	1–5

(розроблено автором на основі [84; 81; 91; 92; 58; 114; 119])

Обмеженням системи є нерівна доступність вихідних даних: кошторисні показники розраховуються на стадії проєктування, показники приладів обліку — після введення об'єкта в експлуатацію, а ринкові потребують достатньої кількості зіставних угод. Тому система є методичною пропозицією, а не результатом вимірювання, і використовується далі як перелік вимірників, частина яких на стадії обґрунтування визначається за проєктними значеннями з подальшим уточненням.

Вимірювання показників сталого розвитку відбувається в межах нормативно-звітного забезпечення, що має національний, європейський і міжнародний рівні. Національний рівень є обов'язковим: загальні правові засади інвестиційної та містобудівної діяльності девелопера визначають закони України «Про інвестиційну діяльність» [120], «Про регулювання містобудівної діяльності» [121] і «Про гарантування речових прав на об'єкти нерухомого майна, які будуть споруджені в майбутньому» [122], а Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» [111] установлює обов'язкову сертифікацію енергетичної ефективності, зокрема, для об'єктів нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту класів наслідків СС2 і СС3; зв'язок цих вимог із регуляторним полем і цифровою трансформацією галузі розглянуто в публікації здобувача [90]. Технічні параметри визначено ДБН В.2.6-31:2021 [112] та ДБН В.1.2-11:2021 [113],

порядок економічного оцінювання енергетичних систем будівель — ДСТУ EN 15459-1:2017 [114].

Європейський рівень для української компанії діє опосередковано — через вимоги інвесторів, кредиторів і замовників із держав — членів ЄС. Базовими актами є Директива (ЄС) 2022/2464 щодо звітності підприємств зі сталого розвитку [115] та Регламент (ЄС) 2020/852 [116]. Директивою (ЄС) 2025/794 («Stop-the-clock») [135] перенесено строки звітування для другої та третьої хвиль, а Директивою (ЄС) 2026/470, чинною з 18 березня 2026 року [117], звужено коло зобов'язаних підприємств (чисельність понад 1000 працівників і чистий оборот понад 450 млн євро) та обмежено обсяг інформації, яку можна запитувати в ланцюзі створення вартості в менших підприємств, межами добровільного стандарту [118]. Проте запит на верифіковані дані про об'єкт може надійти від замовника, що перебуває в обов'язковому обсязі, тому такі вимоги слід розглядати як договірну умову доступу до ринку та капіталу, а не як регуляторне навантаження.

Міжнародний рівень утворюють добровільні системи — стандарти нефінансової звітності, кількісного визначення викидів парникових газів, зокрема ISO 14064 [119], енергетичного менеджменту, а також рейтингові системи оцінювання будівель, критерії яких сформовано для конкретних кліматичних, будівельних і регуляторних умов, що робить пряме перенесення результатів оцінювання між ринками некоректним [84].

Економічні наслідки цих вимог розподіляються нерівномірно в часі: обов'язкові національні вимоги формують витрати негайно, на стадії проєктування та будівництва; опосередковані — під час залучення фінансування або укладення договору з іноземним контрагентом; добровільна сертифікація створює витрати негайно, а вигоди — на стадії реалізації об'єкта. Тому рішення про обсяг заходів сталого розвитку є за своєю природою інвестиційним і потребує оцінювання за критеріями ефективності інвестицій, а не відповідності.

В українських умовах поєднання наслідків воєнних руйнувань із перспективою відбудови змінює структуру попиту: зростає роль програм відновлення, фінансованих за участі міжнародних партнерів [93]. За четвертою швидкою оцінкою збитків і потреб (RDNA4) потреби у відновленні та відбудові на наступне десятиліття становлять 524 млрд дол. США, з яких на житловий сектор припадає майже 84 млрд дол. США, а відбудову розглянуто як можливість «відбудувати краще» відповідно до очікувань щодо членства в ЄС [160]; оскільки даних про структуру замовлень звіт не містить, тезу про зростання ролі програм відновлення слід розглядати як оцінку тенденції. Якщо умови фінансування містять вимоги до екологічних і соціальних характеристик об'єктів, відповідність їм стає умовою участі в програмі, і зіставляти потрібно не два варіанти реалізації проєкту, а варіант із заходами сталого розвитку та відмову від проєкту. Інституційні чинники інвестиційного клімату для будівельних підприємств-стейкхолдерів оцінено в публікації здобувача [44].

Другою особливістю є вплив воєнного стану на темпи цифровізації [94]: без систем обліку споживання ресурсів більшість показників доводиться приймати за проєктними значеннями, що знижує достовірність оцінювання. Третьою — розширення соціальної складової, яка у вітчизняній традиції формалізується через поняття соціально відповідального девелопменту [35], а для повоєнного відновлення охоплює також доступність житла для внутрішньо переміщених осіб і відновлення соціальної інфраструктури, що потребує узгодження з підходами до інтеграції сталого розвитку в моделі житлового будівництва [79].

Стратегічне управління девелопментом, що передбачає комплексний підхід до планування, реалізації та контролю довгострокових цілей організації [95], охоплює визначення напрямів розвитку з урахуванням економічної доцільності, соціальних потреб і екологічної рівноваги на всіх етапах життєвого циклу проєкту [89] і має забезпечувати стійкі переваги,

організаційну спроможність до реалізації обраного напрямку та гнучкість за високої мінливості середовища [91; 96; 97]. Тому сталий розвиток має входити не до переліку декларованих цінностей, а до вхідних параметрів моделі оцінювання ефективності альтернативних проєктних рішень; адаптивні моделі стратегічного управління девелоперськими проєктами розглянуто в публікації здобувача [37].

Показники сталого розвитку набувають економічного змісту не самі собою, а лише за умови вбудовування у контур економіко-аналітичного забезпечення компанії. Послідовність такого вбудовування подано на рис. 1.5.

Вирішальним є третій етап: показники сталого розвитку стають економічною складовою, коли входять до кошторису як стаття витрат, до графіка грошового потоку як економія та приріст доходу, а до ставки дисконтування — як коригування премії за ризик; доти вони залишаються окремою нефінансовою звітністю, що не впливає на проєктні рішення [79]. Зворотний зв'язок від п'ятого етапу до першого дає змогу за фактичними даними експлуатації уточнювати проєктні припущення для наступних проєктів портфеля.

Невирішеними залишаються такі питання: відсутність методики зведення різнорідних показників сталого розвитку до єдиної економічної основи з обґрунтуванням вагових коефіцієнтів стосовно девелоперських проєктів; невстановленість для ринків із низькою поширеністю сертифікації, зокрема українського, залежностей впливу сталого розвитку на вартість капіталу та премію до ціни реалізації за обмеженої переносимості оцінок з інших ринків [84]; неврахування в методиках оцінювання розриву в часі між додатковими капітальними витратами та отриманням економії [81]; несформованість порядку узгодження національних вимог енергетичної сертифікації з вимогами до розкриття нефінансової інформації, що надходять від міжнародних партнерів разом із фінансуванням програм відновлення [93; 35].

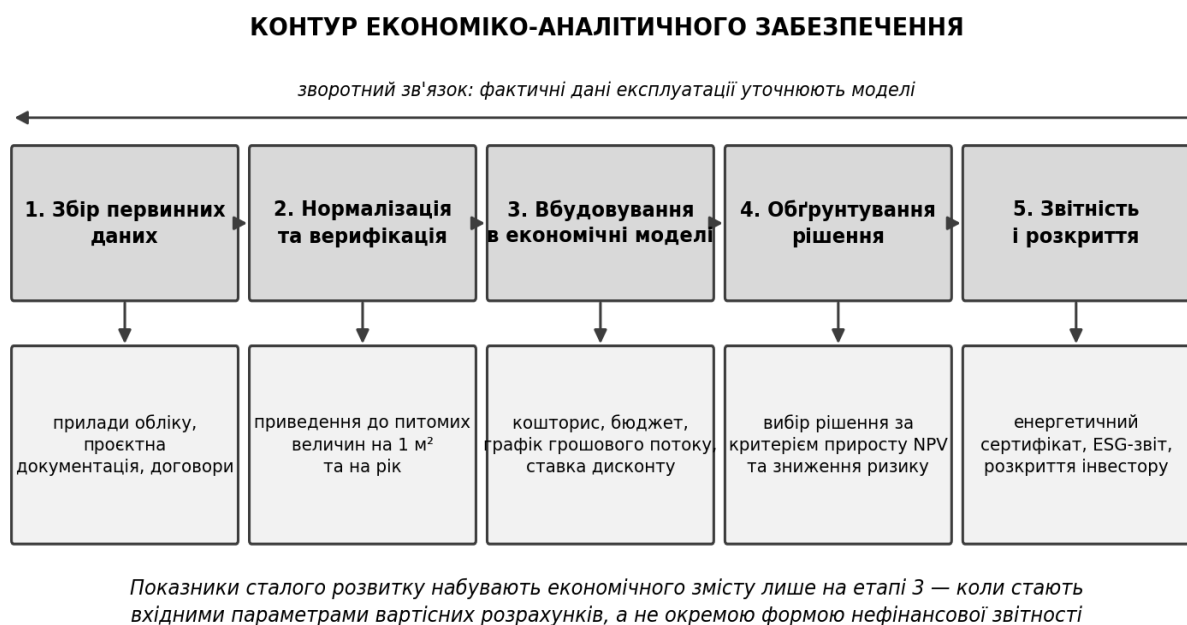


Рис. 1.5. Місце показників сталого розвитку в контурі економіко-аналітичного забезпечення девелоперської компанії
(розроблено автором на основі [37])

Отже, сталий розвиток стає складовою економіко-аналітичного забезпечення девелоперської компанії лише за умови входження його показників до вартісних розрахунків, а не за умови формування окремої нефінансової звітності.

Висновки до 1-го розділу

Економічні технології розвитку девелоперської компанії становлять самостійну економічну категорію, відмежовану від суміжних управлінських та інформаційних технологій за критерієм впливу на вимірювані вартісні параметри діяльності; наявні підходи до їх трактування (інструментально-технологічний, інформаційно-аналітичний, процесно-управлінський, вартісно-інвестиційний, цифрово-платформний, екосистемний, орієнтований на сталий розвиток) розкривають категорію лише частково.

Сутність категорії визначають шість ознак — вартісна цілеспрямованість (визначальна), вимірюваність економічного ефекту, процесність, тиражованість, наскрізність у життєвому циклі проєкту та адаптивність; класифікаційними ознаками є стадія життєвого циклу проєкту, функціональне призначення, рівень управління та характер економічного результату, що виявляється через категорії витрат, вартості, інвестицій, ризику й ефективності.

Економічні технології розвитку девелоперської компанії — це формалізована сукупність економічних методів, моделей і процедур, реалізованих засобами цифрового оброблення даних і застосовуваних наскрізно на всіх стадіях життєвого циклу девелоперського проєкту та портфеля проєктів з метою досягнення вимірюваного приросту вартості, зниження витрат і ризиків господарської діяльності; на відміну від наявних трактувань, вимірюваність результату входить до дефініції, а сфера дії поширюється на портфель проєктів.

Наукові підходи до цифрової трансформації економічної діяльності девелопера утворюють чотири групи — за засобами трансформації, за процесами та ресурсами, за станом системи та за економічним результатом; жоден із семи підходів не охоплює всієї сукупності економічних категорій, зокрема категорії вартості, а методично прийнятним є поєднання зрілісно-діагностичного, бар'єрно-орієнтованого та бізнес-модельного підходів.

Специфіка цифрової трансформації в девелопменті (багатопроектність, тривалий життєвий цикл, розподіленість учасників, залежність від дозвільних процедур, інформаційне моделювання як галузевий стандарт даних, висока капіталоемність) зумовлює розрахунок її показників на рівні проєкту та портфеля з урахуванням розриву в часі між витратами та ефектом.

Цифровізація (digitization), діджиталізація (digitalization) та цифрова трансформація (digital transformation) розрізняються об'єктом, глибиною та оборотністю зміни, і лише остання перетворює моделі створення вартості;

групування цифрових технологій за економічною функцією з показником вимірювання ефекту забезпечує відтворюваність оцінювання.

Сталий розвиток є складовою економіко-аналітичного забезпечення девелоперської компанії, вплив якої реалізується п'ятьма взаємозалежними каналами з різними часовими лагами — зростання капітальних витрат, зниження експлуатаційних витрат, приріст доходу від реалізації, зниження вартості капіталу та зниження ризику; тому зіставлення додаткових капітальних витрат лише з експлуатаційною економією занижує результативність вкладень. Показники сталого розвитку набувають економічного змісту лише за входження до кошторису, графіка грошового потоку та ставки дисконтування; в українських умовах їх дію коригують програми відновлення, обмеженість фактичних даних і розширення соціальної складової.

Невирішеними залишаються питання, що визначають напрями подальшого дослідження: відсутність системи показників, яка пов'язувала б рівень упровадження економічних технологій з економічними результатами підприємства; неврахування галузевої специфіки девелопменту в моделях цифрової зрілості; трактування стримувальних чинників як зовнішньої даності, а не керованих параметрів; відсутність методик зведення показників сталого розвитку до єдиної економічної основи та обґрунтування інвестицій у трансформацію з урахуванням часового лагу.

Основні результати досліджень, викладених у розділі 1, опубліковано в працях автора [6; 37; 40; 44; 45; 52; 58; 60; 80; 90; 92; 163].

РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЦИФРОВОЇ ГОТОВНОСТІ ТА ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ БАР'ЄРІВ РОЗВИТКУ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ КОМПАНІЙ

2.1. Обґрунтування напряму дослідження та порівняльна оцінка інструментів оцінювання цифрової готовності й трансформаційних бар'єрів

Побудові вимірників цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів передують обґрунтування засобів їх одержання. У прикладних дослідженнях вагові коефіцієнти інтегральних показників здебільшого подаються як задані — без зазначення джерела їх походження та без перевірки якості експертних суджень, унаслідок чого результат оцінювання не є відтворюваним [32; 139; 140]. Крім того, значна частина відомих підходів потребує статистичного масиву спостережень по десятках однорідних підприємств, якого у сфері девелопменту не сформовано. Тому обирається не найдосконаліший інструмент загалом, а той, що забезпечує доказовість результату за наявних умов.

Оскільки вимірюваність економічного ефекту визнано визначальною ознакою економічних технологій, кожен складник вимірника повинен мати визначене джерело вихідних даних і відтворюваний порядок обчислення, що виключає інструменти, у яких вагові коефіцієнти присвоюються без документованої процедури. Попередні результати оцінювання готовності будівельного бізнесу до впровадження економічних технологій апробовано в публікації здобувача [52].

Дослідження ґрунтується на двох емпіричних гіпотезах, що перевіряються за даними обстеження, та двох модельних припущеннях щодо форми зв'язку між показниками, наслідки яких установлюються розрахунком і перевіряються на несуперечність і стійкість результату.

Гіпотеза 1. Рівень цифрової готовності девелоперської компанії не визначається обсягом упроваджених цифрових рішень: за однакової технічної оснащеності компанії можуть мати істотно різний рівень готовності через відмінності в організаційній та кадровій складових. Підставою є дослідження цифрових компетенцій у будівництві [51], організаційної інерції як самостійного чинника трансформації [48], електронного управління персоналом (e-HRM) [105] та організаційної культури [106]. Щоб уникнути замкненої перевірки за вагами, одержаними від тих самих експертів, гіпотезу перевіряють зіставленням двох незалежних характеристик — складу зареєстрованих видів економічної діяльності підприємства у сфері інформаційних технологій (технічна оснащеність за відкритими даними) та значення інтегрального показника: розбіжність між ними свідчить на користь гіпотези, збіг — проти неї.

Гіпотеза 2. Трансформаційні бар'єри є не зовнішньою даністю, а керованим параметром розвитку: їх сукупний вплив піддається кількісному вимірюванню та цілеспрямованому зниженню. Припущення спирається на систематизацію бар'єрів переходу до цифрового будівництва [49] та на загально-методичні положення щодо оцінювання впливу внутрішніх і зовнішніх чинників на інноваційний розвиток підприємств — виконавців девелоперських проєктів [60].

Припущення 1. Цифрова готовність і трансформаційні бар'єри впливають на економічний результат мультиплікативно: бар'єри не віднімають від результату фіксовану величину, а знижують віддачу кожної одиниці готовності, оскільки кадри, дані та програмні рішення дають ефект лише в тій частині процесів, де їх використанню не перешкоджають бар'єри; це узгоджується з висновками щодо залежності результативності цифрових змін від зрілості бізнес-процесів [28]. Форма обґрунтовується зіставленням з адитивною альтернативою та аналізом стійкості висновків, а її наслідок — нададитивність сукупного ефекту — встановлюється аналітично (підрозділ

2.3); підтвердження форми на масиві спостережень достатнього обсягу становить напрям подальших досліджень.

Припущення 2. Вплив упровадження економічних технологій на операційну, фінансову та інвестиційну стійкість має нелінійний характер із взаємопідсиленням контурів. Нелінійність породжується мультиплікативною формою зв'язку та контурами зворотного зв'язку в побудованій моделі; предметом дослідження є встановлення нададитивності сукупного ефекту, обчислення її величини та перевірка її чутливості до вагових коефіцієнтів зв'язків [125; 126].

Перевірка гіпотез 1 і 2 потребує побудови вимірників, що складається з чотирьох розрахункових підзадач: відбору і структурування критеріїв, визначення вагових коефіцієнтів із підтвердженою узгодженістю, нормалізації різнорідних показників до значень у межах $[0; 1]$ та їх згортки в інтегральні показники CGR^* та I^*_{bar} (підрозділи 2.1, 2.2). Перевірка припущення 1 потребує встановлення форми та сили зв'язку між вимірниками, припущення 2 — доведення нелінійності сукупного ефекту взаємопідсилення контурів стійкості (підрозділ 2.3) [58]. Ці підзадачі виконуються послідовно: помилка відбору критеріїв не виправляється точністю згортки, а необґрунтовані ваги знецінюють коректну нормалізацію, тому кожен інструмент обґрунтовується окремо.

Первинний перелік критеріїв формується за результатами контент-аналізу наукових джерел, присвячених оцінюванню готовності будівельної галузі до цифрових змін [46; 33; 20] та цифрової зрілості підприємства [38; 28]. Такий перелік є надлишковим і потребує відбору за участю фахівців.

Для відбору критеріїв обрано поєднання контент-аналізу з методом Дельфі [127]. Контент-аналіз формує первинний перелік, але не відсіює надлишкових критеріїв; фокус-група створює ризик домінування думки найавторитетнішого учасника, а метод номінальних груп потребує очної зустрічі фахівців різних компаній, причому жоден із цих інструментів не забезпечує повноцінного контролю якості результату [130; 152].

Визначальною перевагою методу Дельфі є наявність формального критерію збіжності: анонімність відповідей знімає вплив службової підпорядкованості й авторитету, а повторні тури дають змогу зафіксувати момент, коли подальше уточнення оцінок припиняє змінювати результат. Його обмеженнями є тривалість процедури та потреба в мотивації експертів до участі в кількох турах.

Метод застосовано для оцінювання готовності будівельної галузі до цифрових змін [46] та для ідентифікації й ранжування чинників у будівельних проєктах [98; 99], що підтверджує його галузеву придатність. Критерієм припинення турів прийнято коефіцієнт варіації оцінок з авторським пороговим значенням:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \leq 0,33, \quad (2.1)$$

де V — коефіцієнт варіації експертних оцінок; σ — середньоквадратичне відхилення оцінок; $\bar{x}$ — середнє арифметичне значення оцінок.

Досягнення зазначеного значення за всіма критеріями є підставою для переходу до наступного етапу. Кількість турів приймається в межах від двох до трьох: перший тур дає первинний розподіл оцінок, другий — уточнення після ознайомлення з узагальненими результатами попереднього туру без розкриття авторства, третій проводиться лише за недосягнення критерію збіжності. Подальше збільшення кількості турів недоцільне, оскільки підвищує втому учасників і призводить до формального копіювання середніх значень замість змістовного перегляду власної позиції [99].

Центральною є підзадача визначення вагових коефіцієнтів, які переводять перелік критеріїв у вимірник. Рівні ваги ігнорують різну значущість критеріїв, а ваги, одержані прямим оцінюванням чи ранжуванням, не верифікуються через відсутність контролю узгодженості. Ентропійний

метод і CRITIC потребують масиву фактичних даних по багатьох об'єктах, метод головних компонент — вибірки від 100 спостережень, яких немає [137; 153; 154]; аналітичні мережі та нечіткий аналіз ієрархій ускладнюють анкету без виграшу в точності. Обрано аналіз ієрархій [123], оскільки він працює на експертних судженнях без статистичного масиву, є єдиним із простих інструментів із вбудованим числовим контролем якості суджень (відношенням узгодженості), що відрізняє обґрунтовані ваги від продекларованих, і поєднується з методом Дельфі в межах однієї експертної процедури з тією самою групою фахівців [99].

Основне обмеження аналізу ієрархій — зростання кількості попарних порівнянь як $n(n - 1)/2$, що для десяти критеріїв дає 45 суджень і призводить до втоми експерта та зниження узгодженості. Обмеження знімається дворівневою ієрархією: спочатку порівнюються чотири групи критеріїв цифрової готовності, потім критерії всередині кожної групи, що зменшує кількість суджень з 45 до 14 [123]. Така декомпозиція є стандартною для методу [123]; методичним удосконаленням є її поєднання з обов'язковою трирівневою перевіркою достовірності вагових коефіцієнтів. Групи сформовано за економічним змістом складових готовності, тому ваги груп безпосередньо показують частку кожної складової в загальному рівні готовності, а менша кількість суджень знижує витрати на періодичне повторне оцінювання в цифрово-аналітичному середовищі (підрозділ 3.1).

Ієрархія застосовується з урахуванням обмеження: порівняння критеріїв, що належать до різних груп, безпосередньо не виконується, а їх відносна значущість визначається опосередковано — через ваги груп. Резервним інструментом на випадок, якщо експерти визнають процедуру надто трудомісткою, прийнято метод найкращого та найгіршого критерію, що потребує $2n - 3$ суджень [138].

Критерії цифрової готовності вимірюються в різних одиницях, тому їх значення підлягають нормалізації. Стандартизація за z дає від'ємні значення, що руйнують мультиплікативну частину моделі; нормалізація за еталоном

непридатна через відсутність обґрунтованого галузевого еталона; векторна нормалізація дає результат, що гірше піддається змістовій інтерпретації. Тому обрано лінійну нормалізацію min-max, результат якої в межах [0; 1] безпосередньо використовується як множник $(1 - I^*_{\text{bar}})$ [154].

Для показників-стимуляторів застосовується:

$$x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2.2)$$

а для показників-дестимуляторів — обернений вираз:

$$x' = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2.3)$$

де x' — нормалізоване значення показника; x — фактичне значення показника; $x_{\min}$ і $x_{\max}$ — його мінімальне та максимальне значення за шкалою оцінювання. Обмеженням правила є чутливість до крайніх значень, що усувається фіксацією меж шкали, а не вибіркового мінімумів і максимумів [139].

Для згортки обрано адитивне правило з пороговими значеннями. Мультиплікативна згортка є некомпенсаційною: одне низьке значення знецінює весь показник. Методи TOPSIS і VIKOR призначені для ранжування альтернатив, а не для абсолютного вимірника, методи PROMETHEE та ELECTRE дають результат у вигляді рангів зі складною інтерпретацією, а аналіз середовища функціонування потребує 20–30 однорідних об'єктів. Адитивна згортка допускає повну компенсацію: нульове значення за критично важливим критерієм може бути перекрите високими значеннями решти [139; 140]. Це заперечення знімається введенням порогових значень: якщо оцінка за критерієм, віднесеним до критичних, не перевищує 0,2, підсумковий показник не може бути віднесений до високого рівня незалежно від решти оцінок.

До критичних відносяться критерії, вага яких за результатами експертної процедури перевищує середню вагу по всій сукупності критеріїв не менш як у півтора раза: за десяти критеріїв середня вага становить 0,100, отже пороговим є значення 0,150. Такий порядок пов'язує порогові обмеження з тією самою експертною базою, що й вагові коефіцієнти, і дає єдине правило незалежно від кількості критеріїв у групах.

Вибір інструмента встановлення зв'язку між упровадженням економічних технологій і стійкістю підприємства визначається обсягом наявних спостережень. Кореляційний аналіз потребує від 30 спостережень і не встановлює причинності; множинна лінійна регресія потребує 10–15 спостережень на кожен предиктор, тобто для п'яти предикторів (чотирьох складових цифрової готовності та зведеного індексу бар'єрів) — 50–75 спостережень [143; 151]; панельна регресія непридатна через відсутність сформованої панелі підприємств. Крім того, показники цифрової готовності та стійкості пов'язані розрахунковим співвідношенням, унаслідок чого коефіцієнт кореляції між ними відображав би не емпіричну залежність, а наслідок способу їх обчислення. Тому для перевірки припущень 1 і 2 обрано поєднання аналізу чутливості, який не потребує вибірки і показує реакцію показника на зміну вхідних величин [141], з нечіткими когнітивними картами, що на основі експертних оцінок зв'язків встановлюють структуру та напрями взаємовпливу [125; 126]. За умови формування вибірки не менш як із 30–50 підприємств доцільним є перехід до моделювання структурними рівняннями за методом часткових найменших квадратів, оскільки цифрова готовність, бар'єри та стійкість є латентними конструктами [142]; приклад емпіричного дослідження зв'язку цифровізації з інноваційністю та результативністю фірм на масиві спостережень наведено в [54].

Обрана схема реалізується через експертну процедуру. До експертної групи залучаються керівники девелоперських або будівельних компаній, проєктних чи консалтингових організацій галузі або їх функціональних напрямів (економіка, фінанси, інформаційні технології, управління

проєктами), що забезпечує галузеву компетентність і доступ до інформації про всі складові готовності, зі стажем у галузі не менше п'яти років і досвідом участі щонайменше в одному проєкті цифрового впровадження [99; 46]. Чисельність групи становить 9–21 особу — по 3–7 фахівців від кожного з трьох підприємств, що достатньо для розрахунку коефіцієнта конкордації за прийнятної трудомісткості процедури. Кожну з чотирьох складових готовності мають представляти не менше двох експертів, а кожне підприємство — не менше трьох, що запобігає зміщенню оцінок на користь однієї складової і дає змогу перевірити міжгрупову узгодженість.

Формування групи за цими критеріями є здійсненням для всіх трьох розглядуваних підприємств: середньооблікова чисельність працівників у них становить від сотні осіб, а наявність функціональних напрямів економіки, проєктування, будівництва та реалізації забезпечує представництво всіх чотирьох складових готовності. Оскільки методику застосовано до модельного прикладу без проведення опитування, фактичний склад групи не наводиться.

Інструментом методики є анкета (додаток В), що містить перелік критеріїв і бар'єрів із поясненням змісту кожного, джерелом вихідних даних і формами для порівнянь. Перша частина анкети містить оцінювання значущості критеріїв за дев'ятибальною шкалою для турів методу Дельфі (п. 1.1); попарні порівняння за дворівневою ієрархією — матрицю 4×4 для груп критеріїв і чотири матриці для критеріїв усередині груп (пп. 1.2–1.3, разом 14 суджень); дві матриці 5×5 для внутрішніх і зовнішніх бар'єрів та порівняння внутрішньої й зовнішньої складових, з якого визначається коефіцієнт γ (п. 1.4, разом 21 судження). Порівняння виконуються за фундаментальною шкалою від 1 (однакова значущість) до 9 (абсолютна перевага) [123]. Друга частина містить оцінювання стану підприємства за критеріями цифрової готовності та прояву бар'єрів, третя — оцінювання напряму й сили зв'язків когнітивної карти, за яким визначаються вагові коефіцієнти моделі

взаємозв'язку (підрозділ 2.3). Частини 1 і 3 заповнюються всією експертною групою, частина 2 — окремо щодо кожного підприємства.

Оцінки за дев'ятибальною шкалою (п. 1.1 і частина 2 анкети) переводяться у проміжок $[0; 1]$ за формулою $x' = (k - 1)/8$, тому вузли шкали мають крок 0,125, а середнє за підгрупою з m експертів — крок $0,125/m$; середні значення не округлюються до вузлів шкали. Для критеріїв і бар'єрів, що мають кількісне документальне значення (частки за критеріями K2, K6, K7, K9 та показники прояву бар'єрів табл. 2.6), застосовується фактичне значення, нормалізоване за правилом $\min$ - $\max$ у фіксованих межах шкали; оцінка за власним спостереженням (позначка «О» в анкеті) допускається лише за відсутності документа і зазначається разом із результатом.

Вагові коефіцієнти критеріїв визначаються спільно всією групою як єдиний результат, оскільки лише однаковий для всіх обстежуваних підприємств інструмент забезпечує зіставність одержаних значень показників. Оцінки прояву критеріїв і бар'єрів, навпаки, виставляються окремо за кожним підприємством його власною підгрупою експертів, яка має безпосередній доступ до відповідної інформації. Такий поділ дає три набори значень показників в єдиній системі вимірювання.

Опитування проводиться заочно, у письмовій формі, з роздільним заповненням двох частин анкети та інтервалом, достатнім для опрацювання результатів попереднього туру. Авторство окремих оцінок не розкривається; узагальнені результати попереднього туру подаються у вигляді медіани та міжквартильного розмаху. Документальною основою результатів є заповнені анкети, розрахункові матриці попарних порівнянь і протоколи турів із зазначенням дати, кількості одержаних відповідей і значення коефіцієнта варіації, які за проведення процедури наводяться в додатках.

Достовірність одержаних вагових коефіцієнтів забезпечується трирівневою перевіркою. Перший рівень — узгодженість суджень окремого експерта. Для кожної матриці попарних порівнянь обчислюється індекс узгодженості:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (2.4)$$

де $\lambda_{\max}$ — максимальне власне значення матриці попарних порівнянь; n — її розмірність. Відношення узгодженості визначається як:

$$CR = \frac{CI}{RI}, \quad (2.5)$$

де RI — випадковий індекс, значення якого залежить від розмірності матриці і становить 0,58 для $n = 3$; 0,90 для $n = 4$; 1,12 для $n = 5$; 1,24 для $n = 6$; 1,32 для $n = 7$ [123]. Матриця вважається узгодженою за умови $CR \leq 0,10$; за більшого значення анкета повертається експертові на перегляд.

Другий рівень — узгодженість суджень групи. Обчислюється коефіцієнт конкордації [124]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2.6)$$

де S — сума квадратів відхилень сум рангів за критеріями від їх середнього значення; m — кількість експертів; n — кількість критеріїв. Оскільки оцінки значущості за дев'ятибальною шкалою містять однакові значення (зв'язані ранги), у знаменник формули (2.6) вводиться поправка: $W = 12S / [m^2(n^3 - n) - m \cdot \sum T_j]$, де $T_j = \sum(t^3 - t)$ — поправка для j -го експерта, t — кількість однакових рангів у кожній групі зв'язаних рангів; без поправки значення W занижується [124; 157]. Значення $W = 0$ означає повну неузгодженість, $W = 1$ — цілковиту однотайність. Статистична значущість коефіцієнта перевіряється за критерієм:

$$\chi^2 = m(n - 1)W, \quad (2.7)$$

де χ^2 — розрахункове значення критерію хі-квадрат Пірсона, яке порівнюється з табличним значенням за $(n - 1)$ ступенів свободи [124]. Умовою допуску результатів прийнято статистичну значущість коефіцієнта конкордації на рівні $p < 0,05$. Значення W тлумачиться за шкалою: до 0,3 — слабка узгодженість, від 0,3 до 0,7 — помірна, понад 0,7 — сильна; як самостійну умову допуску порогове значення W не використано, оскільки за великої кількості критеріїв статистично значуща узгодженість досягається за помітно нижчих значень коефіцієнта. Значення W , розрахункове й табличне значення критерію та рівень значущості наводяться разом із ваговими коефіцієнтами як обов'язковий складник результату.

Третій рівень — стійкість результату. З групи послідовно вилучається один експерт, ваги перераховуються і фіксується максимальна зміна підсумкового значення [139; 141]; результат визнається стійким, якщо жодне вилучення не змінює рівня, до якого віднесено підприємство за прийнятою шкалою. Аналогічно перевіряється, чи зберігається впорядкування підприємств за послідовного вилучення підгрупи кожного з них.

Наявність трьох підгруп експертів потребує перевірки міжгрупової узгодженості: якщо представники одного підприємства систематично оцінюють значущість критеріїв інакше, ніж представники двох інших, спільний вектор ваг втрачає підставу, а розбіжність між значеннями показників відображатиме не різницю станів підприємств, а різницю позицій оцінювачів.

Перевірка виконується за критерієм Крускала — Уолліса [131] для трьох незалежних підгруп на рівні значущості 0,05; нульова гіпотеза полягає в тому, що ранги значущості критеріїв походять з однієї сукупності. Її неспростування є підставою для формування спільного вектора ваг, але не доводить однорідності суджень: за підгруп по 3–7 експертів потужність

критерію низька, тому разом зі статистикою N наводяться розміри підгруп і різниці середніх рангів, а за перевірки десяти критеріїв застосовується поправка Бонферроні ($0,05/10 = 0,005$) [157]. У разі спростування нульової гіпотези критерії, за якими виявлено розходження, повертаються на додатковий тур узгодження, або ж ваги обчислюються окремо за підгрупами, а підприємства порівнюються лише за структурою показників; обраний порядок оголошується до початку розрахунків.

Розрахунки — визначення максимального власного значення та власного вектора матриць попарних порівнянь, обчислення коефіцієнта конкордації з перевіркою його значущості, критерій Крускала — Уолліса та аналіз чутливості — виконуються в єдиному середовищі мови програмування загального призначення з бібліотеками наукових обчислень; код розрахунків і вихідні дані наведено в додатку Г, обґрунтування вибору програмного середовища — у підрозділі 3.1.

Удосконалення, внесені трирівневою перевіркою, полягає не у створенні нових статистичних критеріїв — кожен її рівень спирається на усталені процедури [123; 124], — а в їх об'єднанні в обов'язковий порядок допуску вагових коефіцієнтів до економічних розрахунків: ваги, які не пройшли хоча б одного рівня перевірки, не використовуються для обчислення індексів, від яких залежать розподіл бюджету трансформації та оцінка окупності вкладень. На відміну від поширеної практики подання ваг без складу групи, форми опитування та показників якості суджень [32; 139; 140], це робить оцінювання відтворюваним і дає змогу відокремити відмінність експертних позицій від похибки процедури.

Оцінки прояву бар'єрів дають працівники тих самих підприємств, стан яких оцінюється, що зумовлює можливе систематичне зміщення в бік заниження. Для його часткового усунення застосовано контент-аналіз відкритих джерел, який дає оцінки прояву окремих бар'єрів із матеріалів, що не залежать від позиції підприємства [130].

Генеральною сукупністю визначено відкриті джерела про діяльність девелоперських компаній київського ринку житлової нерухомості. Для індикатора строків введення, за яким виконано розрахунок, джерелом є рейтинг «Надійні забудовники Києва 2020» порталу KtoStroit (<https://ktostroit.com/ua/kyiv-rating>, дата звернення: 16.09.2026) із середньою затримкою за всіма зданими чергами забудовника з 2013 р.; для решти індикаторів табл. 2.1 періодом аналізу визначено 2021–2025 роки, проте збір даних за ними не виконувався. Одиницею аналізу є окреме повідомлення (запис бази даних про строки введення, публікація галузевого видання, матеріал органу місцевого самоврядування щодо звернень у сфері містобудівної діяльності), одиницею рахунку — факт, віднесений до категорії кодувальної схеми; джерела без встановлених дати й походження вилучено. Із десяти виокремлених бар'єрів контент-аналіз придатний для оцінювання чотирьох; решта шість стосуються внутрішніх процесів підприємства, у відкритих джерелах не відображаються, і їх оцінювання залишається за експертною процедурою (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Кодувальна схема контент-аналізу відкритих джерел

Бар'єр	Індикатор у відкритих джерелах	Одиниця рахунку
B1. Фрагментарність процесів	Середня затримка введення об'єктів в експлуатацію відносно заявлених строків	Місяці
B5. Слабка комунікація	Наявність публічної відповіді підприємства на звернення інвесторів і запити видань	Частка відповідей
B9. Регуляторні процедури	Кількість звернень щодо об'єктів підприємства до комісій з питань містобудівної діяльності	Записи
B10. Ринкова нестабільність	Оцінки динаміки попиту та цін у галузевих оглядах	Згадки
Решта шість бар'єрів	У відкритих джерелах не відображаються	—

(розроблено автором)

Кількісні індикатори переводяться у безрозмірні оцінки за тією самою формулою min-max нормалізації, що й решта показників, у межах галузевої

вибірки, яку утворюють десять забудовників київського ринку з найбільшою кількістю зданих черг серед позицій зазначеного рейтингу (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Розподіл середньої затримки введення об'єктів в експлуатацію за галузевою вибіркою

Забудовник	Зданих черг	Середня затримка, міс.	Нормалізована оцінка
К.А.Н. Девелопмент	39	2	0,000
Stolitsa Group	41	3	0,083
KSM-GROUP	34	4	0,167
ZIM Capital Group	24	4	0,167
Perfect Group	18	5	0,250
Ліко-Холдинг	19	7	0,417
Київміськбуд	43	9	0,583
Інтергал-Буд	65	10	0,667
Житлоінвестбуд-УКБ	20	11	0,750
Київміськбуд-Укрбуд	35	14	1,000

(розраховано автором на основі [162])

Середня затримка введення об'єктів у забудовників вибірки становить від 2 до 14 місяців (табл. 2.2), у середньому 6,9 місяця (медіана 6,0, додаток Д), що нижче за середнє по Києву за всіма забудовниками (11 місяців), оскільки вибірка охоплює забудовників із найбільшою кількістю зданих черг. Позиції «Київміськбуд» і «Київміськбуд-Укрбуд» наведено в рейтингу окремо і враховано як окремі об'єкти. Підприємства А і Б модельного прикладу до рейтингу не входять, а підприємство В є проектною організацією без власних строків введення, тому прояв цього бар'єру для всіх трьох визначається експертно, а розподіл табл. 2.2 слугує галузевим орієнтиром для перевірки експертних оцінок.

Одержаний результат має самостійне значення: «Київміськбуд» (43 черги, 9 місяців) та «Інтергал-Буд» (65 черг, 10 місяців) перебувають у верхній половині розподілу, але не є крайніми; різниця між найкращим і найгіршим значеннями вибірки становить сім разів, а між цими двома забудовниками — лише 11 відсотків. Отже, відмінності в результативності

цифрової трансформації не пояснюються строками введення і потребують вимірників, які дає експертна процедура.

Контент-аналіз не є заміником експертного оцінювання і не застосовується для визначення вагових коефіцієнтів, оскільки попарних порівнянь значущості критеріїв відкриті джерела не містять. Він дає незалежне джерело для показників, що піддаються зовнішньому спостереженню, і дає змогу зіставити з ними експертні оцінки; розбіжність між ними є підставою для повторного узгодження в наступному турі опитування. Затримка введення об'єкта є непрямим індикатором: вона зумовлюється також умовами воєнного часу, доступністю фінансування та тривалістю дозвільних процедур, тому одержані оцінки тлумачаться як верхня межа прояву бар'єру. Склад джерел, повну вибірку та розрахунок нормалізованих оцінок наведено в додатку Д.

Обраний інструментарій має обмеження, які підлягають зазначенню разом із результатами. Порогові значення коефіцієнта варіації, чисельності експертної групи та мінімальних обсягів вибірки є методичними конвенціями, а не нормативно закріпленими величинами: поріг $V \leq 0,33$ є авторським рішенням, прийнятим однаково для методики та анкети, а мінімальні обсяги вибірки для статистичних процедур ґрунтуються на емпіричних правилах [143; 151]. Тому всі порогові значення оголошуються до початку опитування і не переглядаються за його результатами.

Вагові коефіцієнти, одержані за аналізом ієрархій, залежать від складу експертної групи, тому не переносяться на іншу сукупність підприємств без повторення процедури; результат чутливий також до формулювання критеріїв в анкеті. Аналіз чутливості та нечіткі когнітивні карти [125; 126] встановлюють структуру й напрями взаємовпливу, але не дають статистично підтверджених оцінок сили зв'язку — таке підтвердження можливе лише після формування вибірки достатнього обсягу.

Наведений порядок є методикою: він визначає послідовність застосування інструментів, формули та умови допуску результатів. У розділі

2 її застосовано до модельного прикладу: вагові коефіцієнти критеріїв і бар'єрів, оцінки їх прояву, коефіцієнт γ та вагові коефіцієнти зв'язків когнітивної карти є прийнятими значеннями, що ілюструють порядок обчислень, а не результатом виконаного обстеження. Первинні матеріали експертного опитування не збереглися, тому числово виконано лише перший рівень перевірки (відношення узгодженості), а коефіцієнт конкордації, критерій Крускала — Уолліса та стійкість до складу групи не наводяться; за проведення процедури прийняті значення підлягають заміні фактичними разом із первинними матеріалами.

Отже, обґрунтовано напрям дослідження та обрано інструментарій: контент-аналіз і метод Дельфі для відбору критеріїв, аналіз ієрархій за дворівневою схемою для визначення вагових коефіцієнтів, нормалізацію $\min$ - $\max$ та адитивну згортку з пороговими значеннями для побудови інтегральних показників, аналіз чутливості й нечіткі когнітивні карти для встановлення зв'язку між показниками. Достовірність результатів забезпечується трирівневою перевіркою — узгодженості суджень окремого експерта, статистичної значущості узгодженості групи та стійкості підсумкового значення до складу групи, — кожен рівень якої дає числовий результат, що наводиться разом із ваговими коефіцієнтами (у модельному прикладі числово виконано перший рівень). Застосування цього інструментарію до побудови інтегральних показників цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів становить зміст подальшого викладу.

2.2. Інтегральні індекси цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів девелоперської компанії

Обґрунтований інструментарій дає змогу перейти від опису явищ до їх вимірювання. Порядок побудови вимірників ілюструється модельним прикладом для трьох підприємств київського ринку житлової нерухомості (табл. 3.1, додаток А): девелоперської компанії А, що організовує

будівництво й координує учасників проєктів, підприємства Б, що надає інжинірингові, експертні та випробувальні послуги, і проєктної організації В. Побудова охоплює формування критеріїв цифрової готовності та їх ваг, класифікацію трансформаційних бар'єрів з побудовою індексу та встановлення форми зв'язку між показниками, що задає послідовність перевірки гіпотез 1–2 і припущення 1 [45]. Ваги та оцінки в прикладі є прийнятими значеннями, що ілюструють порядок обчислень, а не результатами оцінювання діяльності названих підприємств; за проведення експертної процедури вони підлягають заміні фактичними.

Побудова показників підпорядкована вимозі відтворюваності, що впливає із сутнісних ознак економічних технологій (підрозділ 1.1) [6]: за тими самими вихідними даними інший дослідник має одержати те саме значення, що забезпечується визначенням джерелом даних для кожного критерію, документованою процедурою одержання ваг і оприлюдненням проміжних розрахунків [32; 139]. Десять критеріїв у чотирьох групах (технологічній, організаційній, кадровій, фінансово-управлінській; склад наведено в табл. 2.4) сформовано за результатами контент-аналізу джерел [46; 33; 20; 38; 28]. Критерій уводиться до складу показника лише за наявності документального джерела вихідних даних (облік основних засобів, журнали облікової системи, штатний розпис і положення про підрозділи, договори підряду, плани навчання, кошторис адміністративних витрат, рішення керівних органів; для цифрової культури — внутрішнє опитування та статистика використання систем), тому суто суб'єктивні критерії до нього не входять. Оцінка критерію приводиться до шкали від 0 до 1: для кількісних критеріїв — нормалізацією min-max у фіксованих межах, для решти — переведенням дев'ятибальної оцінки за формулою $x' = (k - 1)/8$.

Шкала оцінювання має п'ять змістових рівнів: 0 — ознака відсутня; 0,25 — наявна фрагментарно; 0,50 — наявна системно, але без регламентації; 0,75 — регламентована і застосовується регулярно; 1,00 — регламентована, інтегрована з іншими процесами та підлягає контролю результативності

(оцінки 1, 3, 5, 7 і 9 дев'ятибальної шкали; парні позначають проміжні стани). На відміну від поширеної двійкової шкали «наявне — відсутнє», вона враховує глибину впровадження [38; 28]. Фіксація меж шкали (0 і 1) робить результат незалежним від складу сукупності підприємств, що оцінюються одночасно, і забезпечує зіставність оцінок різних досліджень.

Вагові коефіцієнти визначено за дворівневою ієрархією. На першому рівні попарно порівнюються чотири групи критеріїв (табл. 2.3); у модельному прикладі це прийнята матриця з цілими значеннями фундаментальної шкали та оберненими до них, а за проведення процедури судження експертів агрегуються за середнім геометричним, що зберігає обернену симетричність [146]. Ваги в табл. 2.3 і 2.4 обчислено методом середнього геометричного рядків; власний вектор матриці табл. 2.3 дає ваги 0,223; 0,418; 0,250; 0,110, що відрізняються від наведених не більш як на 0,002. Відношення узгодженості становить 0,017 ($\lambda_{\max} = 4,046$) за граничного значення 0,10. Організаційна складова має найбільшу вагу (0,418), кадрова — 0,248, технологічна — 0,225; сумарна вага організаційної та кадрової складових становить 0,666, що відповідає положенню про неприпустимість ототожнення готовності з наявністю програмних рішень [51; 48], проте не є перевіркою гіпотези 1, оскільки ваги прийнято в модельному прикладі (підрозділ 2.1). На другому рівні визначаються локальні ваги критеріїв усередині кожної групи; глобальна вага критерію дорівнює добутку ваги його групи на локальну вагу (табл. 2.4).

Сума глобальних ваг дорівнює одиниці, відношення узгодженості матриць другого рівня не перевищує 0,008. Критичними визнаються критерії з глобальною вагою, що перевищує середню в півтора рази (0,150): система показників результативності (0,226) та цифрова культура (0,165). Дворівнева ієрархія фіксує співвідношення, недоступне однорівневому переліку [123]: так, підтримка керівництва має найбільшу локальну вагу у своїй групі (0,667), але глобальну лише 0,073 через найменшу вагу фінансово-управлінської складової.

Таблиця 2.3

Матриця попарних порівнянь груп критеріїв та їх вагові коефіцієнти

Група критеріїв	Технологічна	Організаційна	Кадрова	Фінансово-управлінська	Вага групи
Технологічна	1	1/2	1	2	0,225
Організаційна	2	1	2	3	0,418
Кадрова	1	1/2	1	3	0,248
Фінансово-управлінська	1/2	1/3	1/3	1	0,109
Разом	—	—	—	—	1,000

Таблиця 2.4

Локальні та глобальні вагові коефіцієнти критеріїв цифрової готовності

Група (вага)	Критерій	Локальна вага	Глобальна вага	CR групи
Технологічна (0,225)	K1. IT-інфраструктура	0,540	0,121	0,008
	K2. Рівень автоматизації	0,297	0,067	
	K3. Аналітична підтримка	0,163	0,037	
Організаційна (0,418)	K4. Організаційна структура	0,297	0,124	0,008
	K5. Система KPI	0,540	0,226	
	K6. Інтеграція з підрядниками	0,163	0,068	
Кадрова (0,248)	K7. Навчання персоналу	0,333	0,083	—
	K8. Цифрова культура	0,667	0,165	
Фінансово-управлінська (0,109)	K9. Фінансова готовність	0,333	0,036	—
	K10. Підтримка керівництва	0,667	0,073	
Разом	—	—	1,000	—

(розроблено автором)

Інтегральний індекс цифрової готовності девелоперської компанії визначається адитивною згортою нормалізованих оцінок критеріїв за глобальними ваговими коефіцієнтами:

$$CGR = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i', \quad (2.8)$$

де CGR — інтегральний індекс цифрової готовності девелоперської компанії; w_i — глобальна вага i -го критерію; x'_i — нормалізоване значення оцінки i -го критерію; n — кількість критеріїв. Оскільки сума ваг дорівнює одиниці, а нормалізовані оцінки належать проміжку $[0; 1]$, значення показника також належить проміжку $[0; 1]$. Адитивна форма згортки доповнюється пороговою умовою: якщо оцінка за будь-яким критичним критерієм не перевищує 0,2, підприємство не може бути віднесене до високого рівня готовності незалежно від значення показника, що усуває повну компенсаційність адитивної згортки. Порядок обчислення показника для трьох підприємств наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Розрахунок індексу цифрової готовності трьох підприємств

Критерій	Вага w_i	Оцінка x'_i А	Оцінка x'_i Б	Оцінка x'_i В	$w_i \cdot x'_i$ А	$w_i \cdot x'_i$ Б	$w_i \cdot x'_i$ В
K1. IT-інфраструктура	0,121	0,85	0,70	0,40	0,1028	0,0847	0,0484
K2. Рівень автоматизації	0,067	0,75	0,50	0,30	0,0503	0,0335	0,0201
K3. Аналітична підтримка	0,037	0,70	0,30	0,15	0,0259	0,0111	0,0055
K4. Організаційна структура	0,124	0,80	0,60	0,30	0,0992	0,0744	0,0372
K5. Система KPI	0,226	0,75	0,50	0,20	0,1695	0,1130	0,0452
K6. Інтеграція з підрядниками	0,068	0,65	0,40	0,25	0,0442	0,0272	0,0170
K7. Навчання персоналу	0,083	0,70	0,60	0,30	0,0581	0,0498	0,0249
K8. Цифрова культура	0,165	0,60	0,40	0,25	0,0990	0,0660	0,0413
K9. Фінансова готовність	0,036	0,85	0,80	0,40	0,0306	0,0288	0,0144
K10. Підтримка керівництва	0,073	0,90	0,90	0,60	0,0657	0,0657	0,0438
Разом: CGR	1,000	—	—	—	0,745	0,554	0,298

(розроблено автором)

Оцінки прояву критеріїв (табл. 2.5) і бар'єрів (табл. 2.7) є прийнятими значеннями з умовним кроком 0,05; за проведення процедури їх замінюють середніми оцінками підгрупи експертів, переведеними у проміжок $[0; 1]$ без округлення, або нормалізованими фактичними значеннями кількісних критеріїв із наведенням розкиду оцінок і протоколів турів. Для бар'єру фрагментарності процесів прийняті значення (0,45 для А і 0,75 для Б) зіставлено з галузевим розподілом за зовнішніми даними (табл. 2.2: медіана 0,333, квантили 0,167 і 0,646); перевищення третього квантиля для Б є підставою для повторного узгодження оцінок. Зіставлення для бар'єрів В5, В9 і В10 потребує даних за індикаторами табл. 2.1 і не виконувалося, а через непрямий характер індикаторів контент-аналізу воно виявляє лише грубу розбіжність оцінок.

Значення розподілилися за всіма трьома рівнями шкали: підприємство А має високий рівень готовності (0,745), Б — середній (0,554), В — низький (0,298); порогову умову не порушено в жодному випадку. За рівних ваг значення для Б становило б 0,570 замість 0,554, оскільки найвагоміші критерії — система показників результативності та цифрова культура — мають нижчі оцінки, ніж другорядні; отже, без обґрунтування ваг стан підприємства переоцінюється.

Незалежне від ваг зіставлення, передбачене для гіпотези 1, виконано за даними реєстру (табл. 3.1): види діяльності у сфері інформаційних технологій (КВЕД 62.01, 62.02, 62.03, 62.09) зареєстровано лише в підприємства В, яке має найнижчий індекс готовності. Напрямок розбіжності відповідає гіпотезі 1, проте за трьох підприємств, прийнятих значень індексу і реєстрових даних, що характеризують заявлений профіль, а не фактичну технічну оснащеність, гіпотеза 1 не підтверджена і не спростована; її перевірка потребує вибірки підприємств із фактичними оцінками.

Другим вимірником є індекс трансформаційних бар'єрів. Його побудові передують класифікація бар'єрів за двома ознаками одночасно:

джерелом виникнення (внутрішні та зовнішні) та ступенем керованості з боку компанії.

Систематизацію бар'єрів цифрової трансформації будівельної галузі наведено в [49; 33]; на відміну від неї, запропонована класифікація враховує ступінь керованості бар'єру та приписує кожному показник вимірювання прояву. Керовані бар'єри — фрагментарність процесів, організаційна інерція, брак лідерства — усуваються рішеннями самої компанії (інерція, що забезпечує передбачуваність за стабільних умов, утримується в межах, за яких не блокує реагування на нові можливості [101]). Умовно керовані — дефіцит цифрових навичок, слабка комунікація, обмеження кредитування, ринкова нестабільність — піддаються впливу опосередковано, через вкладення ресурсів і з часовим лагом; доступність фінансування для покупців житла залежить від стану іпотечного кредитування [104]. Некеровані — правова нестабільність, податкові обмеження, регуляторні процедури — ураховуються як параметри середовища. Отже, гіпотеза 2 перевіряється на керованій частині бар'єрів.

Розгорнуту характеристику бар'єрів із зазначенням показника вимірювання прояву кожного з них подано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Класифікація трансформаційних бар'єрів девелоперської компанії та показники вимірювання їх прояву

Позначення	Бар'єр	Прояв у діяльності компанії	Показник вимірювання прояву
B1	Фрагментарність процесів	Паралельне ведення обліку в несумісних системах, дублювання функцій	Частка операцій, що вимагають повторного введення даних
B2	Організаційна інерція	Збереження регламентів, що не переглядалися попри зміну умов	Середній строк від ухвалення рішення до зміни регламенту
B3	Брак лідерства	Формальна підтримка змін керівництвом без участі в упровадженні	Частка ініціатив, що не вийшли за межі пілотної стадії
B4	Дефіцит цифрових	Використання персоналом лише базових інструментів	Частка працівників, які не працюють з аналітичними

Позначення	Бар'єр	Прояв у діяльності компанії	Показник вимірювання прояву
	навичок		системами
B5	Слабка комунікація	Відсутність регулярної міжфункціональної взаємодії	Кількість міжфункціональних узгоджень на місяць
B6	Правова нестабільність	Зміни містобудівних умов і дозвільних вимог протягом циклу проєкту	Кількість змін нормативних вимог за період реалізації
B7	Податкові обмеження	Зміна ставок і правил амортизації, відсутність пільг	Частка податкового навантаження у витратах проєкту
B8	Обмеження кредитування	Оцінювання лише наявного майна замість фінансової моделі проєкту	Відношення обсягу залученого фінансування до потреби
B9	Регуляторні процедури	Затягування погоджень і підключення до інфраструктури	Середня тривалість дозвільних процедур
B10	Ринкова нестабільність	Коливання попиту та цін у межах циклу проєкту	Коефіцієнт варіації обсягу реалізації за періодами

(розроблено автором на основі [48; 49; 102; 103; 60])

Значення кожного показника нормалізується у проміжок $[0; 1]$, де нуль означає відсутність прояву, а одиниця — його максимальний рівень, що відрізняє запропоновану класифікацію від поширених переліків, у яких бар'єри лише описуються без можливості вимірювання [60]. Склад бар'єрів може уточнюватися залежно від масштабу діяльності, структури портфеля проєктів і регіону реалізації, проте введення додаткового бар'єру потребує лише повторного визначення ваг у межах відповідної складової без перебудови всієї процедури оцінювання, як у закритих переліках [49; 60].

Індекс бар'єрів обчислюється роздільно за внутрішньою та зовнішньою складовими. Внутрішня складова визначається як:

$$I_{\text{int}} = \sum_{j=1}^n w_j \cdot B_j, \quad (2.9)$$

зовнішня — як:

$$I_{\text{ext}} = \sum_{k=1}^q w_k \cdot B_k, \quad (2.10)$$

де I_{int} і I_{ext} — внутрішня та зовнішня складові індексу трансформаційних бар'єрів; w_j і w_k — вагові коефіцієнти внутрішніх і зовнішніх бар'єрів; B_j і B_k — нормалізовані оцінки їх прояву; p і q — кількість бар'єрів у кожній складовій. За методикою ваги визначаються за процедурою попарних порівнянь (п. 1.4 анкети, додаток В), а їх суми дорівнюють одиниці окремо для кожної складової; у модельному прикладі (табл. 2.7) ваги бар'єрів є прийнятими значеннями.

Зведений індекс трансформаційних бар'єрів утворюється зваженим поєднанням обох складових:

$$I_{bar}^* = \gamma \cdot I_{int} + (1 - \gamma) \cdot I_{ext}, \quad (2.11)$$

де I_{bar}^* — зведений індекс трансформаційних бар'єрів; γ — ваговий коефіцієнт зведення, що відображає відносну вагу внутрішньої складової, а не «частку керованої складової»: до умовно керованих належать як внутрішні бар'єри В4 і В5, так і зовнішні В8 і В10. За методикою γ визначається експертно (п. 1.4 анкети, додаток В) і може набувати проміжних значень; у модельному прикладі прийнято $\gamma = 0,6$ (співвідношення 3:2). Розрахунок наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Розрахунок індексу трансформаційних бар'єрів трьох підприємств

Складова	Бар'єр	Вага	Проя в А	Проя в Б	Проя в В	Добуто к А	Добуто к Б	Добуто к В
Внутрішня	В1. Фрагментарність процесів	0,283	0,45	0,75	0,85	0,1273	0,2122	0,2405
	В2. Організаційна інерція	0,246	0,40	0,65	0,80	0,0984	0,1599	0,1968
	В3. Брак лідерства	0,191	0,30	0,50	0,70	0,0573	0,0955	0,1337
	В4. Дефіцит цифрових навичок	0,161	0,45	0,70	0,85	0,0725	0,1127	0,1368
	В5. Слабка комунікація	0,119	0,40	0,60	0,75	0,0476	0,0714	0,0892

Складова	Бар'єр	Вага	Проя в А	Проя в Б	Проя в В	Добуто к А	Добуто к Б	Добуто к В
	Разом: I int	1,000	—	—	—	0,403	0,652	0,797
Зовнішня	В6. Правова нестабільність	0,270	0,75	0,80	0,85	0,2025	0,2160	0,2295
	В7. Податкові обмеження	0,180	0,50	0,55	0,65	0,0900	0,0990	0,1170
	В8. Обмеження кредитування	0,240	0,45	0,70	0,85	0,1080	0,1680	0,2040
	В9. Регуляторні процедури	0,191	0,60	0,65	0,70	0,1146	0,1242	0,1337
	В10. Ринкова нестабільність	0,119	0,55	0,60	0,70	0,0655	0,0714	0,0833
	Разом: I ext	1,000	—	—	—	0,581	0,679	0,767
Зведений	$I^*_{\text{bar}} = 0,6 \cdot I_{\text{int}} + 0,4 \cdot I_{\text{ext}}$	—	—	—	—	0,474	0,662	0,785

(розраховано автором)

Індекс бар'єрів становить 0,474 для А (помірний рівень), 0,662 для Б і 0,785 для В (високий рівень). Для Б внутрішня та зовнішня складові близькі (0,652 і 0,679), проте лише перша значною мірою знижується рішеннями компанії: вона дає 0,391 зведеного значення 0,662, а власне керовані бар'єри В1–В3 — 0,281 ($0,6 \cdot 0,468$), або 42 %. Без роздільного обліку складових зведене значення спонукало б до хибного висновку про безперспективність трансформації.

Зниження внутрішньої складової вдвічі (з 0,652 до 0,326) за рахунок організаційних заходів щодо В1–В3 і навчання персоналу щодо В4 дає зведений індекс $0,6 \cdot 0,326 + 0,4 \cdot 0,679 = 0,467$, тобто перехід із високого рівня бар'єрності до помірного за незмінних зовнішніх умов. Отже, несприятливе середовище саме собою не є підставою для відмови від трансформації, що узгоджується з оцінками впливу внутрішніх і зовнішніх

чинників на інноваційний розвиток підприємств — виконавців девелоперських проєктів [60].

Обидва показники характеризують стан підприємства з різних боків: перший — наявний потенціал, другий — перешкоди його реалізації. Адитивне поєднання означало б однаковий приріст результату від зниження бар'єрів незалежно від рівня готовності і навпаки, тоді як за високої бар'єрності вкладення в цифрові рішення дають незначну віддачу, оскільки впроваджені інструменти не входять у щоденну практику [48; 28]. Тому обрано мультиплікативну форму:

$$\text{CGR}^* = \text{CGR} \cdot (1 - I_{\text{bar}}^*), \quad (2.12)$$

де CGR^* — скоригований показник цифрової готовності, що враховує трансформаційні бар'єри.

Подвійний облік близьких явищ (інтеграція з підрядниками і фрагментарність процесів, цифрова культура і дефіцит навичок, підтримка керівництва і брак лідерства) виключено розмежуванням за предметом вимірювання: критерій фіксує наявність ресурсу або механізму, бар'єр — перешкоду його використанню, і кожному відповідає окреме формулювання та джерело даних. Оскільки повне усунення змістових перетинів недосяжне, скоригований показник є нижньою оцінкою фактичного рівня готовності.

За прийнятими значеннями модельного прикладу скоригований показник становить 0,392 для підприємства А, 0,187 для Б і 0,064 для В. Зіставлення номінальних і скоригованих значень є основним результатом побудованої моделі: підприємство Б, що за формальними ознаками має середній рівень готовності, має спроможність до трансформації втричі нижчу, а В — майже в'ятеро нижчу; цей розрив пояснює відсутність очікуваного економічного ефекту від упроваджених цифрових рішень. Шкали інтерпретації значень обох показників наведено в табл. 2.8.

Шкали інтерпретації значень показників цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів

Показник	Проміжок	Рівень	Управлінське тлумачення
Індекс цифрової готовності CGR	[0; 0,3)	Низький	Цифрові інструменти застосовуються епізодично
	[0,3; 0,6)	Середній	Інструменти впроваджені, але не інтегровані в управління
	[0,6; 1,0]	Високий	Управлінські рішення ухвалюються на основі даних
Індекс бар'єрів I*bar	[0; 0,3)	Низький	Перешкоди не є визначальними для трансформації
	[0,3; 0,6)	Помірний	Трансформація можлива за умови цілеспрямованих дій
	[0,6; 1,0]	Високий	Без зниження бар'єрів упровадження не дає результату
Скоригований показник CGR*	[0; 0,2)	Критичний стан	Потенціал заблокований; першочерговими є організаційні зміни
	[0,2; 0,45)	Обмежена спроможність	Можливе поетапне впровадження з паралельним зниженням бар'єрів
	[0,45; 1,0]	Спроможність до трансформації	Доцільне масштабне впровадження економічних технологій

(розроблено автором)

Поєднання шкал обох показників дає матрицю позиціонування підприємства з чотирма характерними станами (рис. 2.1).

Три підприємства прикладу опинилися в трьох різних квадрантах. Підприємство А належить до першого квадранта (відносно висока готовність за помірної бар'єрності), проте його скоригована готовність (0,392) за табл. 2.8 відповідає обмеженій спроможності та поетапному впровадженню. Підприємство Б перебуває у другому квадранті — стані заблокованого потенціалу, за якого першочерговим є зниження бар'єрності, а не подальші вкладення в технології [52]: спершу організаційні зміни з відкладеним ефектом, потім технологічні вкладення.

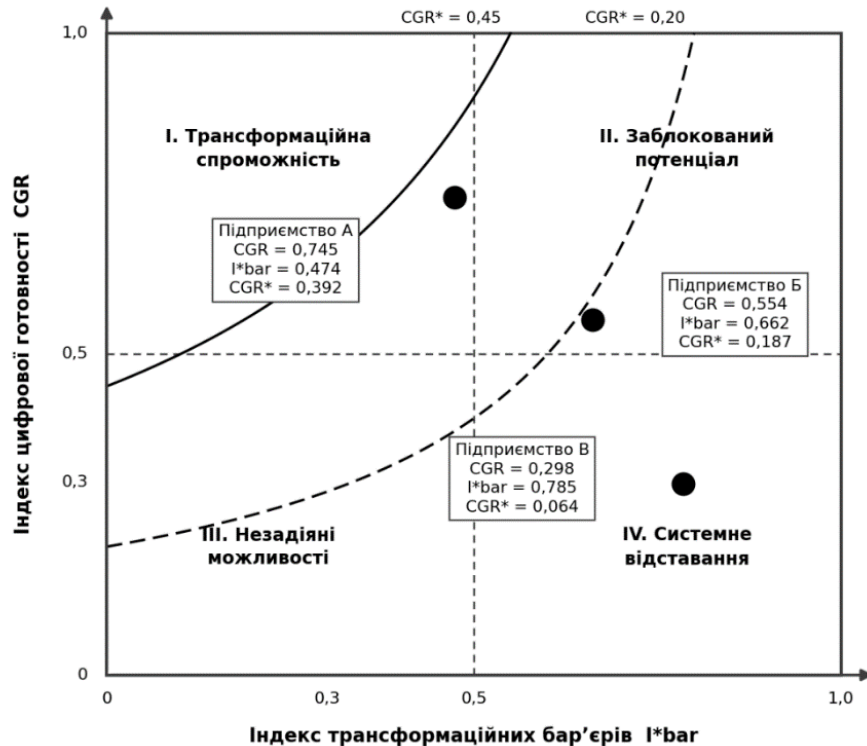


Рис. 2.1. Матриця позиціонування девелоперської компанії за рівнем цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів
(розроблено автором)

Підприємство В належить до четвертого квадранта — системного відставання, що потребує дій за обома напрямками; третій квадрант (сприятливе середовище за несформованого потенціалу) у прикладі не представлений. За періодичного обчислення показників положення підприємства в матриці утворює траєкторію.

Внесок кожного критерію в розрив між підприємствами визначається добутком його ваги на різницю оцінок, а сума внесків дорівнює різниці значень індексу готовності (табл. 2.9).

Розподіл внесків не збігається з розподілом розривів: за аналітичною підтримкою та системою показників результативності розрив оцінок однаковий (0,55), проте внески становлять 4,5 % і 27,8 % через різницю ваг. Чотири критерії — система показників результативності, організаційна структура, цифрова культура та ІТ-інфраструктура — формують 66,7 %

розриву, тобто в модельному прикладі він зумовлений переважно нетехнічними чинниками.

Таблиця 2.9

**Аналіз розбіжностей між підприємствами за критеріями цифрової
готовності**

Критерій	Вага	Розрив оцінок А — В	Внесок у розрив CGR	Частка внеску, %
К5. Система KPI	0,226	0,55	0,1243	27,8
К4. Організаційна структура	0,124	0,50	0,0620	13,9
К8. Цифрова культура	0,165	0,35	0,0577	12,9
К1. IT-інфраструктура	0,121	0,45	0,0544	12,2
К7. Навчання персоналу	0,083	0,40	0,0332	7,4
К2. Рівень автоматизації	0,067	0,45	0,0302	6,7
К6. Інтеграція з підрядниками	0,068	0,40	0,0272	6,1
К10. Підтримка керівництва	0,073	0,30	0,0219	4,9
К3. Аналітична підтримка	0,037	0,55	0,0203	4,5
К9. Фінансова готовність	0,036	0,45	0,0162	3,6
Разом	1,000	—	0,4475	100,0

(розроблено автором)

Внутрішня складова бар'єрності зростає від 0,403 у А до 0,797 у В (розрив 0,394), зовнішня — від 0,581 до 0,767 (розрив 0,186); більший розрив за внутрішньою складовою вказує на відмінності у власній організації підприємств, а найбільший внесок у нього дає фрагментарність процесів (0,113, або 28,7 %). Відмінності зовнішньої складової за спільного середовища можуть відображати як різну чутливість підприємств, так і зміщення оцінювачів і підлягають перевірці за міжгруповою узгодженістю (підрозділ 2.1).

Співвідношення складових (у А зовнішня перевищує внутрішню — 0,581 проти 0,403, у Б вони близькі — 0,679 і 0,652, у В переважає внутрішня — 0,797 проти 0,767) дає підставу лише для гіпотези про залежність структури бар'єрності від масштабу діяльності, яка потребує перевірки на

вибірці підприємств; за її підтвердження однакові рекомендації для підприємств різного масштабу даватимуть різний результат [60; 45].

Побудовану модель перевірено за чотирма властивостями. Перша — обмеженість: оскільки суми ваг дорівнюють одиниці, а оцінки нормалізовані у проміжок $[0; 1]$, обидва показники та їх добуток також належать цьому проміжку.

Друга — монотонність. Часткова похідна скоригованого показника за оцінкою будь-якого критерію дорівнює:

$$\frac{\partial CGR^*}{\partial x'_i} = w_i(1 - I_{\text{bar}}^*), \quad (2.13)$$

Оскільки вага критерію невід’ємна, а індекс бар’єрів не перевищує одиниці, похідна невід’ємна, а її величина залежить від рівня бар’єрності, що є формальним вираженням припущення 1. Для підприємства Б множник становить 0,338, тому рівномірне підвищення оцінок на 0,1 дає приріст лише 0,034, тоді як за бар’єрності 0,2 — 0,080, тобто у 2,4 рази більше. Технологічний і організаційний напрями за однакової зміни керованого параметра на 0,1 дають для Б близькі прирости (0,0338 і 0,0332).

Третя властивість — поведінка в крайніх точках: за $I_{\text{bar}}^* \rightarrow 1$ скоригований показник прямує до нуля незалежно від готовності, за $I_{\text{bar}}^* \rightarrow 0$ збігається з номінальним. Для обґрунтування форми зв’язку (припущення 1) її зіставлено з адитивною формою — лінеаризацією добутку (2.12) у точці середніх значень ($CGR = 0,532$; $I_{\text{bar}}^* = 0,640$): $CGR^*_{\text{ад}} = 0,360 \cdot CGR - 0,532 \cdot I_{\text{bar}}^* + 0,341$ (табл. 2.10). Для Б обидві форми близькі (0,187 і 0,188), для А і В розходяться (0,392 і 0,357; 0,064 і 0,030). Адитивна форма дає однаковий приріст від підвищення готовності для всіх підприємств (0,036), не має нададитивності ($k = 1,00$) і в крайніх точках дає економічно суперечливі значення (0,077 за повного блокування, 0,341 за нульової готовності, $-0,191$ поза проміжком $[0; 1]$). Мультиплікативна форма цих суперечностей не має,

що є аналітичною підставою для її вибору; емпіричне підтвердження потребує достатнього масиву спостережень.

Таблиця 2.10

Зіставлення наслідків мультиплікативної та адитивної форм зв'язку
показників

Наслідок	Мультиплікативна форма (2.12)	Адитивна форма
Скоригований показник: $A / B / V$	0,392 / 0,187 / 0,064	0,357 / 0,188 / 0,030
Приріст за підвищення CGR на 0,1: $A / B / V$	0,053 / 0,034 / 0,022 (залежить від I^*bar)	0,036 / 0,036 / 0,036
Підприємство В: ефект технологічного / організаційного сценаріїв	0,022 / 0,018	0,036 / 0,032
Підприємство В: сукупний ефект; коефіцієнт нададитивності k	0,045; 1,15	0,068; 1,00
Значення за $I^*bar = 1$ (CGR = 0,745)	0	0,077
Значення за CGR = 0 ($I^*bar = 0 / I^*bar = 1$)	0 / 0	0,341 / -0,191

(розраховано автором; адитивна форма — лінеаризація формули (2.12) у точці середніх значень $CGR = 0,532$, $I^*bar = 0,640$; сценарії — підвищення CGR на 0,1 і зниження внутрішньої складової на 0,1, тобто I^*bar на 0,06)

Четверта — стійкість до зміни ваг. Вагу кожного з десяти критеріїв послідовно змінено на $\pm 20\%$ з нормуванням вектора ваг (60 розрахунків) [139; 141]. Максимальне відхилення індексу становить 0,005, або 0,67 % для А, 0,95 % для Б і 1,55 % для В (табл. 2.11). Рівень за шкалою не змінився для А і Б, тоді як значення В (0,298), лише на 0,002 менше за межу середнього рівня, у 3 з 20 розрахунків переходить на середній рівень. Отже, значення показника визначаються переважно оцінками критеріїв, а не похибкою ваг, проте рівень значень, ближчих до порогу за 0,005, слід тлумачити як прикордонний.

Обмеження показників полягають у залежності ваг від складу експертної групи (перенесення значень на інші підприємства без повторення процедури некоректне) та в опорі оцінок бар'єрів на внутрішню інформацію

компанії, що потребує узгодженого порядку збору даних для міжфірмових порівнянь. Чутливість зведеного індексу до γ низька (для Б за $\gamma = 0,5$ — 0,665, за $\gamma = 0,7$ — 0,660), проте його вибір має обґрунтовуватися в кожному застосуванні.

Таблиця 2.11

Результати аналізу чутливості індексу цифрової готовності до зміни вагових коефіцієнтів на $\pm 20\%$

Показник	Підприємство А	Підприємство Б	Підприємство В
Базове значення CGR	0,7453	0,5542	0,2978
Мінімальне значення за 20 розрахунків	0,7407	0,5491	0,2933
Максимальне значення за 20 розрахунків	0,7503	0,5595	0,3024
Максимальне відхилення, абсолютне	0,005	0,005	0,005
Максимальне відхилення, % базового значення	0,67	0,95	1,55
Критерій, зміна ваги якого дає максимальне відхилення	К8. Цифрова культура	К8. Цифрова культура	К5. Система KPI
Кількість розрахунків зі зміною рівня за шкалою табл. 2.8	0 з 20	0 з 20	3 з 20: $K1 \times 1,2 \rightarrow 0,3002$; $K5 \times 0,8 \rightarrow 0,3024$; $K10 \times 1,2 \rightarrow 0,3021$

(розраховано автором)

Показники застосовуються у двох режимах. За разового оцінювання визначаються положення підприємства в матриці та найвагоміші критерії з найнижчими оцінками, де вкладення дадуть найбільший приріст: для Б це система показників результативності (вага 0,226, оцінка 0,50) та цифрова культура (0,165; 0,40) із сукупним резервом 0,212, що відповідає підходу до моделювання механізмів ухвалення рішень щодо стратегічних змін [58].

За періодичного оцінювання склад критеріїв і ваги мають бути незмінними; перегляд ваг доцільний не частіше ніж раз на три роки (авторська рекомендація, співмірна з циклом житлового проєкту) з перерахунком попередніх значень [139], а за істотної зміни умов діяльності — позачергово.

Отже, побудовано два інтегральні показники — цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів девелоперської компанії. Структуру критеріїв готовності сформовано з десяти позицій у чотирьох групах, кожна з визначеним джерелом вихідних даних; порядок одержання ваг за дворівневою ієрархією з перевіркою узгодженості суджень продемонстровано на модельному прикладі, у якому організаційна та кадрова складові разом мають вагу 0,666 проти 0,225 технологічної. Незалежне зіставлення з відкритими даними реєстру за напрямом відповідає гіпотезі 1, але за трьох підприємств і прийнятих значень не є її перевіркою.

Трансформаційні бар'єри класифіковано за джерелом виникнення та ступенем керованості з показником вимірювання прояву кожного; індекс обчислюється роздільно за внутрішньою та зовнішньою складовими з виокремленням у них керованих бар'єрів, що робить гіпотезу 2 перевірюваною. Обґрунтовано мультиплікативну форму зв'язку показників, за якої приріст готовності дає приріст результату, зменшений пропорційно рівню бар'єрності, — формальне вираження припущення 1.

Перевірка підтвердила обмеженість, монотонність, коректну поведінку моделі в крайніх точках і низьку чутливість до зміни ваг: за зміни будь-якого з десяти коефіцієнтів на $\pm 20\%$ відхилення не перевищує $1,55\%$, проте для підприємства В (0,298) у 3 з 20 розрахунків рівень змінюється з низького на середній. Установлення форми взаємодії між готовністю, бар'єрами та складовими стійкості підприємства становить зміст подальшого викладу.

2.3. Модель взаємозв'язку цифрової готовності, бар'єрів і стійкості девелоперської компанії

Побудовані показники характеризують стан підприємства, проте не пояснюють, як цей стан перетворюється на економічний результат. Для цього потрібна модель взаємодії показників зі складовими стійкості, що дає змогу

встановити й обчислити нададитивність сукупного ефекту відповідно до припущення 2 — про взаємопідсилення контурів стійкості.

Кореляційно-регресійний аналіз для цього непридатний: обсяг спостережень недостатній, а показники готовності та стійкості пов'язані розрахунковим співвідношенням, тому коефіцієнт кореляції відображав би спосіб обчислення, а не емпіричну залежність. Системна динаміка потребує кількісних оцінок швидкості накопичення величин [76], моделювання структурними рівняннями — вибірки не менш як із тридцяти підприємств, байєсівські мережі — спостережень для визначення ймовірностей станів. Тому обрано нечіткі когнітивні карти — інструмент, що працює на експертних судженнях про напрям і силу впливу без статистичної вибірки й водночас відтворює контури зворотного зв'язку, які породжують нелінійність [125; 126].

Вагові коефіцієнти впливів визначаються в межах тієї самої експертної процедури, що й ваги показників: кожен експерт оцінює напрям і силу кожного зв'язку (частина 3 анкети, додаток В), оцінки переводяться у проміжок від мінус одиниці до одиниці, оскільки впливи можуть бути як підсилювальними, так і гальмівними, а ваговий коефіцієнт визначається як середнє значення за групою з наведенням розкиду оцінок [126]. У модельному прикладі значення вагових коефіцієнтів (табл. 2.13) є прийнятими: вони ілюструють порядок розрахунку і за проведення процедури підлягають заміні фактичними.

Модель охоплює десять концептів трьох типів: вхідні, значення яких задаються ззовні; розрахунковий, що обчислюється за встановленим співвідношенням; результуючі, значення яких формуються в процесі поширення впливів (табл. 2.12).

Оскільки модельний приклад охоплює три підприємства одного сегмента ринку, до складу концептів уведено цифрову узгодженість із контрагентами. Її прямий вимір потребує доступу до договірних відносин учасників одного об'єкта, якого зовнішній дослідник не має, тому вона

оцінюється опосередковано — середнім рівнем скоригованої цифрової готовності підприємств того сегмента ринку, з якого підприємство добирає контрагентів (формула 2.14). Сегмент представлено рештою розглядуваних підприємств, склад якого прийнято за функціональними ролями (організація будівництва, інжинірингово-експертне супроводження, проектування) без даних про фактичні договірні зв'язки та частку контрагентів з електронним обміном даними (критерій К6), тому $m = 3$; за розширення кола підприємств значення концепту уточнюється без зміни формули. Підставою є те, що якість даних, які надходять ззовні, обмежена фактичною спроможністю тих, хто ці дані формує [21]:

$$C_{10}(i) = \frac{\sum_{j \neq i}^m CGR^*(j)}{m-1}, \quad (2.14)$$

де $C_{10}(i)$ — значення концепту C_{10} «Узгодженість із контрагентами» для i -го підприємства; $CGR^*(j)$ — скоригований показник цифрової готовності j -го підприємства ланцюга; m — кількість підприємств ланцюга. Концепт є вхідним для кожного окремого підприємства і водночас пов'язує три моделі між собою: зміна стану одного учасника змінює умови для решти, не змінюючи їхніх власних параметрів.

Таблиця 2.12

Концепти моделі взаємозв'язку цифрової готовності, бар'єрів і стійкості

Концепт	Зміст	Тип	Джерело початкового значення
C1	Цифрова готовність компанії	Вхідний	Індекс CGR за формулою (2.8): А — 0,745; Б — 0,554; В — 0,298
C2	Внутрішні трансформаційні бар'єри	Вхідний	Складова I int за формулою (2.9): А — 0,403; Б — 0,652; В — 0,797
C3	Бар'єри середовища	Вхідний	Складова I ext за формулою (2.10): А — 0,581; Б — 0,679; В — 0,767
C4	Скоригована цифрова готовність	Розрахунковий	За формулою (2.12): А — 0,392; Б — 0,187; В — 0,064
C5	Операційна стійкість	Результуючий	Початкове наближення 0,50

Концепт	Зміст	Тип	Джерело початкового значення
C6	Фінансова стійкість	Результуючий	Початкове наближення 0,52
C7	Інвестиційна стійкість	Результуючий	Початкове наближення 0,45
C8	Компетентність і вмотивованість персоналу	Результуючий	Початкове наближення 0,45
C9	Аналітичний контур ухвалення рішень	Результуючий	Початкове наближення 0,40
C10	Цифрова узгодженість із контрагентами	Вхідний	Обчислюється за формулою (2.14): А — 0,126; Б — 0,228; В — 0,289

(розроблено автором)

Концепт С8 «Компетентність і вмотивованість персоналу» є ланкою, через яку кадрова складова готовності перетворюється на операційний результат, і водночас чинником зниження внутрішньої бар'єрності; формалізовану оцінку рівнів трудової мотивації з урахуванням особливостей будівництва розглянуто в праці здобувача [108]. Концепт С9 «Аналітичний контур ухвалення рішень» опосередковує вплив готовності на всі три складові стійкості, оскільки цифрові інструменти дають результат лише тоді, коли сформовані ними дані входять до управлінських рішень [77; 18].

Структуру взаємовпливів подано на рис. 2.2. Карта містить вісімнадцять спрямованих зв'язків із ваговими коефіцієнтами в межах від мінус одиниці до одиниці, де знак відображає напрям впливу, а модуль — його силу.

Карта містить три контури зворотного зв'язку, що відрізняють її від лінійної схеми впливів: $C5 \rightarrow C6 \rightarrow C5$ (ритмічність операційної діяльності зменшує варіативність грошових потоків, а фінансова стабільність забезпечує безперебійне ресурсне постачання операцій); $C5 \rightarrow C6 \rightarrow C7 \rightarrow C5$ (прозорість фінансових результатів підвищує інвестиційну привабливість, а залучені кошти повертаються в операційну діяльність); $C5 \rightarrow C8 \rightarrow C5$ (накопичення компетентності персоналу в процесі роботи з налагодженими

процесами). Саме ці контури породжують взаємопідсилення, закладене в припущення 2.

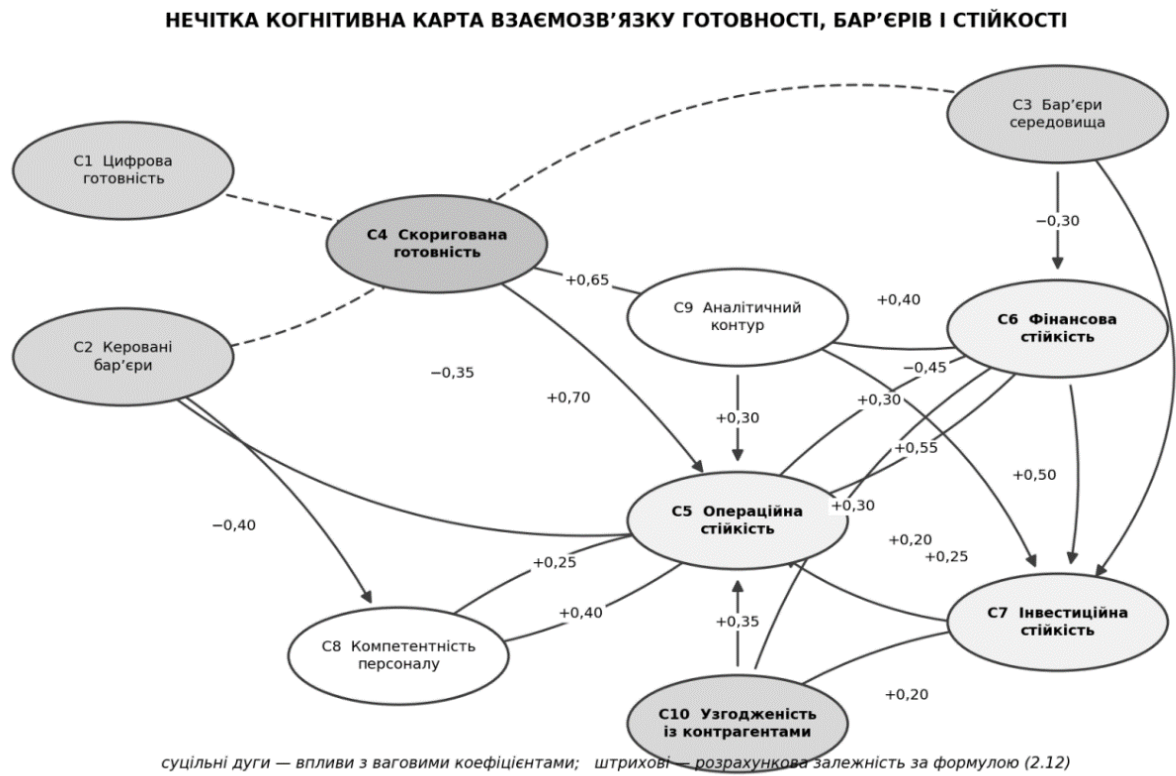


Рис. 2.2. Нечітка когнітивна карта взаємозв'язку цифрової готовності, трансформаційних бар'єрів і складових стійкості девелоперської компанії (розроблено автором)

Матрицю вагових коефіцієнтів наведено в таблиці 2.13. Порожні клітинки означають відсутність безпосереднього впливу.

Таблиця 2.13

Матриця вагових коефіцієнтів взаємовпливу концептів

Від \ до	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C2 Внутрішні бар'єри	*	-0,35			-0,40	
C3 Бар'єри середовища	*		-0,30	-0,45		
C4 Скоригована готовність		+0,70				+0,65
C5 Операційна стійкість			+0,55		+0,25	
C6 Фінансова стійкість		+0,30		+0,50		
C7 Інвестиційна стійкість		+0,20				
C8 Компетентність		+0,40				

Від \ до	C4	C5	C6	C7	C8	C9
персоналу						
C9 Аналітичний контур		+0,30	+0,40	+0,30		
C10 Узгодженість із контрагентами		+0,35	+0,25	+0,20		

(розроблено автором)

Знаки коефіцієнтів відповідають установленим раніше змістовим положенням. Впливи внутрішніх бар'єрів на операційну стійкість і компетентність персоналу є від'ємними, оскільки фрагментарність процесів, організаційна інерція, брак лідерства, дефіцит цифрових навичок і слабка комунікація гальмують і поточну діяльність, і накопичення навичок. Бар'єри середовища (правова нестабільність, податкові обмеження, непередбачуваність дозвільних процедур) діють на фінансову та інвестиційну складові через вартість капіталу й умови фінансування [102; 103]. Усі впливи між складовими стійкості є додатними, що відображає їх взаємне підкріплення в межах контурів.

Структурні властивості карти оцінюються показниками впливовості концептів. Вихідна впливовість визначається сумою модулів вагових коефіцієнтів зв'язків, що виходять із концепту, вхідна — сумою модулів коефіцієнтів зв'язків, що до нього входять, а загальна центральність — їх сумою [126]:

$$c_i = \sum_{j=1}^n |w_{ij}| + \sum_{j=1}^n |w_{ji}|, \quad (2.15)$$

де c_i — центральність i -го концепту; w_{ij} і w_{ji} — вагові коефіцієнти вихідних і вхідних зв'язків відповідно; n — кількість концептів карти.

Значення показників наведено в таблиці 2.14. Концепт визначається як передавальний, якщо вхідна впливовість дорівнює нулю; як приймальний — якщо нулю дорівнює вихідна; як звичайний — у решті випадків [126].

Таблиця 2.14

Структурні характеристики концептів когнітивної карти

Концепт	Вихідна впливовість	Вхідна впливовість	Центральність	Тип
C2 Внутрішні бар'єри	0,75	0,00	0,75	Передавальний
C3 Бар'єри середовища	0,75	0,00	0,75	Передавальний
C4 Скоригована готовність	1,35	0,00	1,35	Передавальний
C5 Операційна стійкість	0,80	2,60	3,40	Звичайний
C6 Фінансова стійкість	0,80	1,50	2,30	Звичайний
C7 Інвестиційна стійкість	0,20	1,45	1,65	Звичайний
C8 Компетентність персоналу	0,40	0,65	1,05	Звичайний
C9 Аналітичний контур	1,00	0,65	1,65	Звичайний
C10 Узгодженість із контрагентами	0,80	0,00	0,80	Передавальний
Разом	6,85	6,85	13,70	—

(розраховано автором за формулою (2.15); концепт C4 є розрахунковим — його значення обчислюється з C1–C3 за формулою (2.12), тому позначені в табл. 2.13 знаком «» зв'язки у впливовості не враховуються, а тип «передавальний» визначено за зв'язками з результуючими концептами)*

Найвищу центральність має операційна стійкість (3,40), що робить її вузловим елементом моделі: через неї проходить чверть усіх зважених зв'язків. Вхідні концепти C2, C3, C10 і розрахунковий концепт C4 є передавальними, тобто задають умови, не зазнаючи зворотного впливу; приймальних концептів у карті немає, а чотири з п'яти результуючих концептів (C5–C8) входять до контурів зворотного зв'язку (C9 є проміжною ланкою передавання впливу скоригованої готовності), що засвідчує придатність моделі для аналізу взаємопідсилення. Інвестиційна стійкість майже виключно приймає впливи (вихідна впливовість 0,20 проти вхідної 1,45), що пояснює її найнижче стаціонарне значення та найменший приріст у всіх сценаріях, окрім поліпшення зовнішнього середовища; аналітичний контур (1,00 проти 0,65), навпаки, є радше передавачем ефекту, ніж його накопичувачем.

Поширення впливів здійснюється ітераційно. Стан кожного результуючого концепту на наступному кроці визначається сумою зважених станів усіх концептів, що на нього впливають, перетвореною функцією активації:

$$A_i(t + 1) = f\left(\sum_{j=1}^n w_{ji} \cdot A_j(t)\right), \quad (2.16)$$

де $A_i(t)$ — стан i -го концепту на кроці t ; w_{ji} — ваговий коефіцієнт впливу j -го концепту на i -й; n — кількість концептів; f — функція активації. Стани вхідних концептів на кожному кроці зберігаються незмінними, оскільки вони задають умови сценарію, а не формуються всередині моделі. Як функцію активації застосовано логістичну функцію:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}}, \quad (2.17)$$

де x — аргумент функції активації (зважена сума станів концептів, що впливають на концепт); e — основа натурального логарифма; λ — параметр крутизни, прийнятий у модельному прикладі на рівні 1,6; оскільки за наявних даних обґрунтовано оцінити λ неможливо, результати перевірено також для $\lambda = 1,0$ і $\lambda = 3,0$ (табл. 2.16). Логістична функція — найпоширеніша функція активації нечітких когнітивних карт [149; 150] — утримує значення концептів у проміжку $[0; 1]$, що забезпечує зіставність із побудованими показниками, і відображає спадну віддачу в зоні високих значень. Ітерації припиняються за виконання умови збіжності:

$$\max |A_i(t + 1) - A_i(t)| < \varepsilon, \quad (2.18)$$

де ε — задана точність, прийнята на рівні 10^{-10} . Стаціонарний розв'язок досягається на 14-й ітерації для підприємства А і на 15-й — для підприємств

Б і В. Значення C_5 – C_7 наближаються до стаціонарних монотонно, без коливань, упорядкування станів концептів установлюється не пізніше третьої ітерації; лише компетентність персоналу C_8 для підприємств Б і В на першій ітерації знижується (для Б — з 0,450 до 0,446), після чого монотонно зростає до стаціонарного значення.

Відображення є стисним на всій області визначення: похідна логістичної функції не перевищує $\lambda/4 = 0,40$, а найбільша сума модулів вагових коефіцієнтів впливів між результуючими концептами (для C_5) становить 1,20, тому норма якобіана не перевищує $0,48 < 1$, а стаціонарний розв'язок існує і є єдиним; спектральний радіус якобіана в стаціонарній точці становить 0,18 для підприємства А, 0,20 для Б і 0,21 для В [149]. Розрахунок з іншими початковими наближеннями результуючих концептів дає той самий стаціонарний стан із заданою точністю, а логістична функція не дає значенням концептів вийти за межі проміжку (0; 1). Отже, у структурі карти немає суперечливих контурів, які спричиняли б циклічну поведінку і робили б результат неінтерпретовним [125].

Для підприємства Б найвищого стаціонарного рівня досягає операційна стійкість (0,742), що отримує впливи від найбільшої кількості джерел, найнижчого серед складових — інвестиційна (0,597) через прямий вплив бар'єрів середовища з найбільшим за модулем коефіцієнтом і розташування наприкінці ланцюга передавання; компетентність персоналу залишається на рівні 0,470 унаслідок гальмівного впливу внутрішніх бар'єрів.

Інтегральна стійкість підприємства визначається як середнє значення трьох складових:

$$S = \frac{A_{C_5} + A_{C_6} + A_{C_7}}{3}, \quad (2.19)$$

де S — інтегральна стійкість підприємства; A_{C_5} , A_{C_6} , A_{C_7} — стаціонарні стани результуючих концептів C_5 «Операційна стійкість», C_6 «Фінансова стійкість» і C_7 «Інвестиційна стійкість».

Модель дає змогу порівняти наслідки альтернативних управлінських стратегій за однакових вкладень. Розглянуто чотири сценарії: технологічний — підвищення цифрової готовності на 0,1 без зміни бар'єрності; організаційний — зниження внутрішньої складової бар'єрності на 0,1 без додаткових вкладень у технології; комбінований — одночасна реалізація обох; додатково — поліпшення зовнішнього середовища на ту саму величину, що слугує базою для порівняння внутрішніх і зовнішніх чинників. Результати подано в таблиці 2.15.

Стаціонарні стани підприємств упорядковані відповідно до їх скоригованої готовності: 0,709 для А, 0,674 для Б і 0,647 для В. Розрив за інтегральною стійкістю (0,063) уп'ятеро менший за розрив за скоригованою готовністю (0,328), що є властивістю форми моделі, а не емпіричним результатом: логістична функція відображає нульовий сумарний вплив у 0,5, тому за $\lambda = 1,6$ інтегральна стійкість за будь-яких допустимих значень вхідних концептів лежить у проміжку від 0,560 до 0,866, а похідна функції активації в стаціонарних точках (0,25–0,40) свідчить про роботу системи в майже лінійній зоні. Оскільки абсолютні рівні стійкості залежать від λ (табл. 2.16), для порівняння підприємств і сценаріїв використовуються впорядкування та співвідношення приростів, а не абсолютні значення S.

Сценарне моделювання виконано для підприємства В, що перебуває у квадранті системного відставання. Організаційний сценарій дає приріст інтегральної стійкості 0,008 проти 0,003 за технологічним, тобто у 2,8 рази більший за однакової зміни вхідного параметра. Прямий розрахунок за мультиплікативною формою такої переваги не виявляє: часткова похідна скоригованої готовності за індексом готовності дорівнює $(1 - I^*_{\text{bar}})$, а за внутрішньою складовою бар'єрності — добутку CGR на γ , тому за зміни керованого параметра на 0,1 технологічний напрям дає для підприємства Б приріст 0,0338, організаційний — 0,0332 (для А і В співвідношення так само близьке до одиниці; див. підрозділ 2.2).

**Стаціонарні стани трьох підприємств і результати сценарного
моделювання для підприємства В**

Об'єкт і сценарій	C1	C2	C3	I*bar	C4	C5	C6	C7	S
Підприємство А	0,745	0,403	0,581	0,474	0,392	0,808	0,704	0,616	0,709
Підприємство Б	0,554	0,652	0,679	0,662	0,187	0,742	0,683	0,597	0,674
Підприємство В (базовий)	0,298	0,797	0,767	0,785	0,064	0,695	0,666	0,580	0,647
В: технологічний	0,398	0,797	0,767	0,785	0,086	0,701	0,668	0,581	0,650
В: організаційний	0,298	0,697	0,767	0,725	0,082	0,714	0,670	0,581	0,655
В: комбінований	0,398	0,697	0,767	0,725	0,109	0,722	0,673	0,582	0,659

(розраховано автором)

Розбіжність зумовлена тим, що зниження внутрішньої бар'єрності діє двома шляхами — через $C4 = CGR \cdot (1 - I^*bar)$ і безпосередньо зв'язками $C2 \rightarrow C5$ та $C2 \rightarrow C8$, що відображають припущення про гальмування бар'єрами операційної діяльності й накопичення навичок незалежно від рівня готовності та за проведення процедури мають підтверджуватися експертно. За вилучення зв'язку $C2 \rightarrow C5$ співвідношення ефектів організаційного та технологічного сценаріїв знижується для підприємства В з 2,78 до 1,12, для Б — з 2,20 до 1,17, а за вилучення обох прямих зв'язків $C2$ — до 0,83 і 0,99, тобто перевага зникає; зміна λ від 1,0 до 3,0 її не усуває (для В — від 2,92 до 2,41) (табл. 2.16). Отже, співвідношення «2,8 раза» є результатом модельного прикладу за прийнятої структури зв'язків, а не властивістю об'єкта.

Зниження бар'єрів середовища на 0,1 дає для підприємства В приріст інтегральної стійкості 0,013 проти 0,008 за зниження внутрішніх бар'єрів на ту саму величину, тобто в 1,5 раза більший (для Б — 0,013 проти 0,009), оскільки бар'єри середовища діють безпосередньо на фінансову та інвестиційну складові, оминаючи ланцюг передавання. Поліпшення зовнішніх умов ефективніше, проте перебуває поза контролем компанії, тоді як зниження внутрішніх бар'єрів, насамперед керованих В1–В3, дає менший, але досяжний власними рішеннями ефект; тому роздільний облік складових бар'єрності є умовою коректного порівняння управлінських альтернатив.

Модель дає змогу оцінити й наслідки бездіяльності: для підприємства Б за одночасного підвищення готовності на 0,1 та зростання бар'єрів середовища на 0,1 скоригована готовність зростає лише з 0,187 до 0,194, а інтегральна стійкість знижується до значення, нижчого за базове, через безпосередній вплив бар'єрів середовища на фінансову та інвестиційну складові. Отже, технологічні вкладення самі собою не забезпечують стійкості в несприятливому середовищі, що пояснює поширену ситуацію, коли після впровадження цифрових рішень показники діяльності не поліпшуються, а компанія робить хибний висновок про неефективність самих рішень [48; 60].

Таблиця 2.16

Перевірка результатів сценарного моделювання на залежність від параметра λ і структури зв'язків

Варіант розрахунку	S: A / Б / В	ΔS технологічного сценарію, В	ΔS організаційного сценарію, В	Співвідношення орг./тех.: А / Б / В	k на рівні S: А / Б / В
Базовий: $\lambda = 1,6$, структура табл. 2.13	0,709 / 0,674 / 0,647	0,0030	0,0083	1,60 / 2,20 / 2,78	1,014 / 1,036 / 1,062
$\lambda = 1,0$	0,625 / 0,602 / 0,586	0,0017	0,0050	1,69 / 2,31 / 2,92	1,030 / 1,047 / 1,067
$\lambda = 3,0$	0,868 / 0,832 / 0,794	0,0047	0,0114	1,31 / 1,88 / 2,41	0,980 / 1,004 / 1,037
$\lambda = 1,6$, без зв'язку C2 $\rightarrow$ C5	0,723 / 0,701 / 0,683	0,0025	0,0028	0,97 / 1,17 / 1,12	1,033 / 1,065 / 1,120
$\lambda = 1,6$, без зв'язків C2 $\rightarrow$ C5 і C2 $\rightarrow$ C8	0,725 / 0,705 / 0,689	0,0024	0,0020	0,85 / 0,99 / 0,83	1,039 / 1,074 / 1,142

(розраховано автором; C10 — за формулою (2.14), $\varepsilon = 10^{-10}$; технологічний сценарій — підвищення CGR на 0,1, організаційний — зниження внутрішньої складової I int на 0,1)

Встановлення нададитивності сукупного ефекту, що впливає з припущень 1 і 2, потребує зіставлення сукупного ефекту із сумою часткових. Коефіцієнт нададитивності визначається як:

$$k = \frac{\Delta S_{\text{комб}}}{\Delta S_{\text{тех}} + \Delta S_{\text{орг}}}, \quad (2.20)$$

де k — коефіцієнт нададитивності; $\Delta S_{\text{комб}}$, $\Delta S_{\text{тех}}$, $\Delta S_{\text{орг}}$ — прирости інтегральної стійкості S відносно базового стану за комбінованим, технологічним та організаційним сценаріями відповідно.

Значення $k = 1$ означало б адитивність, $k > 1$ — взаємопідсилення, $k < 1$ — взаємне послаблення. Результати перевірки подано в таблиці 2.17.

Таблиця 2.17

Перевірка нелінійності сукупного ефекту

Рівень зіставлення	Ефект технологічного сценарію	Ефект організаційного сценарію	Сума часткових	Сукупний ефект	Нададитивність	k
Скоригована на готовність CGR*	+0,022	+0,018	+0,040	+0,045	+0,005	1,150
Інтегральна стійкість S	+0,003	+0,008	+0,011	+0,012	+0,001	1,062

(розраховано автором)

Нададитивність на рівні скоригованої готовності має точне аналітичне вираження. Якщо позначити приріст готовності через δ , а зниження зведеної бар'єрності $I^*_{\text{бар}}$ через ε , то сукупний ефект дорівнює $(\text{CGR} + \delta)(1 - I^*_{\text{бар}} + \varepsilon) - \text{CGR}(1 - I^*_{\text{бар}})$, тоді як сума часткових становить $\delta(1 - I^*_{\text{бар}}) + \text{CGR} \cdot \varepsilon$. Різниця між ними дорівнює:

$$\Delta = \delta \cdot \varepsilon, \quad (2.21)$$

де Δ — нададитивна складова сукупного ефекту (різниця між сукупним ефектом і сумою часткових ефектів); δ — приріст номінальної готовності CGR; ε — зниження зведеної бар'єрності $I^*_{\text{бар}}$.

Для підприємства В $\delta = 0,1$, а зниження внутрішньої складової на $0,1$ за множника $\gamma = 0,6$ зменшує зведену бар'єрність на $\varepsilon = 0,06$, отже нададитивність становить $\delta \cdot \varepsilon = 0,006$, що збігається з обчисленим значенням $0,0059$. Нададитивна складова є додатною за будь-якого одночасного підвищення готовності та зниження бар'єрності, тобто за мультиплікативної форми зв'язку виникає завжди, а не лише для розглянутих підприємств: зниження бар'єрності підвищує віддачу кожної одиниці приросту готовності, тому спільна реалізація технологічних та організаційних заходів дає ефект, більший за суму ефектів окремих проєктів. За значень модельного прикладу коефіцієнт нададитивності для підприємства В становить $1,150$ на рівні скоригованої готовності та $1,062$ на рівні інтегральної стійкості, для підприємств А і Б на рівні інтегральної стійкості — $1,014$ і $1,036$ відповідно. Підтвердження на масиві спостережень потребує придатність мультиплікативної форми, а не сам факт нададитивності, який із цієї форми випливає.

Менше значення коефіцієнта на рівні інтегральної стійкості пояснюється тим, що частина ефекту організаційного сценарію передається прямими зв'язками $C2 \rightarrow C5$ і $C2 \rightarrow C8$, оминаючи мультиплікативний зв'язок у $C4$, а приріст, переданий через $C4$, послаблюється похідною функції активації (у стаціонарних точках $0,25$ – $0,40$) і ваговими коефіцієнтами зв'язків [149; 150]. Зростання коефіцієнта зі зниженням вихідного рівня стійкості ($1,014$ для А, $1,036$ для Б, $1,062$ для В) зберігається за $\lambda = 1,0$ і $\lambda = 3,0$ та за вилучення прямих зв'язків $C2$, проте його величина від цих умов залежить (табл. 2.16), тому цей висновок має модельний, а не емпіричний характер.

Ефект розподіляється між складовими стійкості нерівномірно. Організаційний сценарій зосереджує його в операційному контурі (для підприємства В операційна стійкість зростає з $0,695$ до $0,714$, тобто на $0,019$, фінансова — на $0,004$, інвестиційна — на $0,001$), оскільки імпульс згасає в міру віддалення від точки прикладання; поліпшення зовнішнього середовища дає дзеркальний профіль — найбільший приріст інвестиційної складової

(0,020) і найменший операційної (0,006). Тому за вузького місця в операційній діяльності результативними є організаційні заходи, а за нестачі інвестиційного ресурсу доцільніше впливати на зовнішні обмеження, які піддаються впливу, — умови кредитування та подання фінансових результатів інвесторам [32; 103].

Оскільки вагові коефіцієнти впливів у модельному прикладі є прийнятими значеннями, проведено аналіз чутливості: кожен із вісімнадцяти коефіцієнтів послідовно змінювався на $\pm 20\%$ за незмінних значень решти з перерахунком моделі до стаціонарного стану. Максимальне відхилення інтегральної стійкості підприємства Б становить 0,013, або 1,89 % базового значення, і виникає за зміни коефіцієнта впливу операційної стійкості на фінансову; для шести найменш впливових коефіцієнтів відхилення не перевищило 0,3 %. Жодна зі змін не переводить підприємство на інший рівень за прийнятою шкалою і не змінює впорядкування сценаріїв: організаційний залишається результативнішим за технологічний у всіх вісімнадцяти випадках, тобто висновки моделі визначаються її структурою, а не конкретними значеннями ваг.

Найвпливовішими виявилися коефіцієнти передавання ефекту між складовими стійкості ($C5 \rightarrow C6$, $C6 \rightarrow C7$), а не коефіцієнти, що вводять зовнішній вплив ($C4 \rightarrow C5$, $C2 \rightarrow C5$): результат більшою мірою залежить від внутрішньої зв'язності контурів підприємства, ніж від сили початкового імпульсу, що узгоджується з положенням про домінування організаційних чинників над технічними [48; 28]. Найменш чутливим результат є до зв'язків $C5 \rightarrow C8$ і $C2 \rightarrow C8$ (зміна інтегрального показника менш ніж на 0,001), що належать до найслабшого, третього контуру. Їх збережено через самостійне змістове значення, проте це вказує, що заходи, спрямовані виключно на кадрову складову без одночасних змін в операційному та фінансовому контурах, дадуть обмежений результат.

Одержані результати дають змогу сформулювати положення прикладного значення. Перше: за високої бар'єрності вкладення в цифрові

рішення дають ефект, зменшений множителем $(1 - \bar{I})$, тому за достатньої готовності організаційні заходи за моделлю доцільно здійснювати раніше за технологічні або одночасно з ними, а за низької — паралельно за обома напрямками (для підприємства В за моделлю розподілу ресурсу, підрозділ 3.2, оптимальним є змішаний розподіл); положення потребує підтвердження структури зв'язків.

Друге: роздільне оцінювання проєктів цифровізації та організаційних змін систематично занижує їх спільну результативність, тому планування вкладень має здійснюватися пакетно, з урахуванням коефіцієнта нададитивності.

Третє: найбільшу віддачу дають заходи, що зміцнюють передавання ефекту між контурами, — узгодження операційного та фінансового планування, прозорість фінансових результатів для інвесторів, повернення інвестиційних ресурсів в операційну діяльність, — які не потребують капітальних вкладень.

Четверте: оскільки за організаційним сценарієм фінансова складова зростає більш ніж утричі менше, ніж операційна, система показників моніторингу має охоплювати всі три контури, а не обмежуватися фінансовою звітністю [31; 32].

Модель придатна також для оберненої задачі — визначення потрібної зміни вхідних параметрів для досягнення заданого стану. Для підприємства Б досягнення рівня обмеженої спроможності (скоригована готовність 0,2) потребує за незмінної бар'єрності підвищення цифрової готовності з 0,554 до 0,593, а за незмінної готовності — зниження зведеної бар'єрності з 0,662 до 0,639. Перехід до рівня спроможності до трансформації (0,45) за незмінної бар'єрності потребував би значення індексу цифрової готовності 1,331, що перевищує максимум шкали, а за незмінної готовності — зниження зведеної бар'єрності до 0,188, тобто більш ніж утричі; отже, він можливий виключно за одночасної дії за обома напрямками. Зіставлення цих величин з витратами на відповідні заходи є основою вибору напрямку вкладень, і саме в такому

вигляді модель входить до складу інструментального забезпечення управління [92].

Наявність трьох підприємств одного сегмента ринку дає змогу встановити міжорганізаційний ефект, який на окремому підприємстві виявити неможливо: оскільки узгодженість із контрагентами визначається середньою скоригованою готовністю решти підприємств сегмента, поліпшення стану одного з них змінює умови для двох інших без змін їхніх власних параметрів. Реалізація комбінованого сценарію на підприємстві В підвищує його скориговану готовність з 0,064 до 0,109, що збільшує узгодженість із контрагентами для підприємства А з 0,126 до 0,148 і для Б з 0,228 до 0,251, а їхню інтегральну стійкість — на 0,0022 і 0,0025 відповідно, без витрат власних ресурсів.

Підприємство А з найвищою власною скоригованою готовністю (0,392) має, навпаки, найнижчу узгодженість із контрагентами (0,126); якби вона відповідала його власному рівню, інтегральна стійкість становила б 0,735 замість 0,709, тобто за модельним розрахунком 3,4 % результату втрачається через цифрову незрілість партнерів. Отже, вкладення у власну готовність мають спадну віддачу без узгоджених дій у межах ланцюга, і для підприємства-лідера доцільним може бути сприяння цифровому розвитку контрагентів — уніфікація форматів обміну даними, спільні вимоги до документообігу, навчання підрядників.

Побудована модель має обмеження. Вагові коефіцієнти взаємовпливів у модельному прикладі є прийнятими значеннями без статистичного підтвердження; висновки стійкі до їх зміни в межах $\pm 20\%$, проте це не гарантовано за більших відхилень. За збільшення параметра λ значення концептів зміщуються вгору (інтегральна стійкість підприємства А — 0,625; 0,709 і 0,868 за $\lambda = 1,0; 1,6$ і $3,0$), а коефіцієнт нададитивності зменшується (для підприємства В — 1,067; 1,062 і 1,037), тому вибір параметра має фіксуватися до розрахунків. Висновок про перевагу організаційного сценарію залежить також від структури зв'язків (табл. 2.16). Верифікація

карти потребує зіставлення розрахункових станів із фактичними показниками операційної, фінансової та інвестиційної стійкості, а визначення часових лагів між упровадженням заходів і настанням ефекту — окремого дослідження на основі емпіричних даних [54].

Отже, побудовано модель взаємозв'язку цифрової готовності, трансформаційних бар'єрів і складових стійкості девелоперської компанії у формі нечіткої когнітивної карти з десяти концептів і вісімнадцяти зважених зв'язків із трьома контурами зворотного зв'язку; встановлено правило поширення впливів, умову збіжності та показник інтегральної стійкості. Сценарне моделювання, перевірка нададитивності та аналіз чутливості засвідчили, що висновки моделі визначаються її структурою і є коректними як висновки сценарно-аналітичної моделі з прийнятими параметрами. Одержані результати утворюють основу для розроблення інструментального забезпечення реалізації економічних технологій.

Висновки до 2-го розділу

Обґрунтовано інструментарій оцінювання за критерієм придатності до наявної інформаційної бази: поєднання контент-аналізу з методом Дельфі для відбору критеріїв та аналізу ієрархій за дворівневою схемою для визначення ваг, що зменшує кількість попарних порівнянь з 45 до 14. Достовірність забезпечується трьома перевітками — узгодженості суджень окремого експерта, статистичної значущості узгодженості групи та стійкості підсумкового значення до її складу; у модельному прикладі числово виконано перший рівень — перевірку відношення узгодженості.

Розмежовано емпіричні гіпотези та модельні припущення: гіпотези 1 і 2 підлягають перевірці за даними обстеження, а мультиплікативну форму зв'язку показників і нелінійність впливу на складові стійкості обґрунтовано аналітично. Для гіпотези 1 запропоновано незалежний спосіб перевірки — зіставлення складу зареєстрованих видів діяльності підприємства у сфері

інформаційних технологій зі значенням інтегрального показника; за трьома підприємствами воно має ілюстративний характер.

Побудовано інтегральний індекс цифрової готовності з десяти критеріїв у чотирьох групах. За прийнятого розподілу ваг організаційна та кадрова складові разом мають вагу 0,666 проти 0,225 технологічної, критичними є система показників результативності (0,226) та цифрова культура (0,165); розрахунок за рівними вагами дав би 0,570 замість 0,554, тобто оцінювання за переліком упроваджених рішень переоцінює стан підприємства.

Трансформаційні бар'єри класифіковано за джерелом виникнення та ступенем керованості з визначенням для кожного показника прояву та джерела даних; на повністю керовані бар'єри припадає 0,720 ваги внутрішньої складової.

Обґрунтовано мультиплікативну форму зв'язку показників, за якої приріст готовності дає результат, зменшений пропорційно рівню бар'єрності; скоригований показник є нижньою оцінкою рівня готовності. Підтверджено його обмеженість, монотонність і низьку чутливість до ваг: за зміни кожного вагового коефіцієнта на $\pm 20\%$ максимальне відхилення не перевищило 1,55 %, а віднесення підприємства В до низького рівня є прикордонним.

Побудовано модель взаємозв'язку готовності, бар'єрів і складових стійкості у формі нечіткої когнітивної карти з десяти концептів і вісімнадцяти зважених зв'язків із трьома контурами зворотного зв'язку; вузловим елементом є операційна стійкість (центральність 3,40 із 13,70). Установлено, що мультиплікативна форма зв'язку породжує нададитивність сукупного ефекту, яка дорівнює добутку приростів вхідних параметрів (для підприємства В коефіцієнт нададитивності становить 1,150 на рівні скоригованої готовності та 1,062 на рівні інтегральної стійкості), тому планування вкладень має бути пакетним. Прямий розрахунок переваги організаційних заходів не виявляє (0,0338 проти 0,0332), а в моделі за прийнятої структури зв'язків вона становить 2,8 раза і зумовлена прямими зв'язками внутрішніх бар'єрів, за вилучення яких співвідношення становить

0,83–1,17. Уведено концепт цифрової узгодженості з контрагентами й установлено, що підприємство з найвищою власною готовністю за модельним розрахунком втрачає 3,4 % результату через цифрову незрілість партнерів. За зміни вагових коефіцієнтів зв'язків на ± 20 % відхилення інтегральної стійкості не перевищило 1,89 %, а впорядкування сценаріїв збереглося.

Вагові коефіцієнти, оцінки критеріїв і бар'єрів, коефіцієнт γ та вагові коефіцієнти зв'язків когнітивної карти є прийнятими значеннями модельного прикладу; доказової сили одержані значення набувають лише після проведення експертної процедури з наведенням первинних матеріалів, а когнітивна карта як сценарно-аналітична модель потребує верифікації на фактичних показниках стійкості.

Основні наукові результати розділу 2 опубліковано в працях [6; 45; 52; 58; 60; 92; 108].

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЦИФРОВОЮ ТРАНСФОРМАЦІЄЮ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ КОМПАНІЙ

3.1. Цифрово-аналітичне середовище управління економічними технологіями девелоперської компанії

Побудовані показники цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів і модель їх взаємозв'язку дають змогу встановити стан підприємства, проте вимірювання не є управлінням. Перехід до управління потребує середовища, у якому обчислення виконуються регулярно, їх результати входять до управлінських процедур, а наслідки рішень повертаються як нові вихідні дані.

У дисертації цифрово-аналітичне середовище управління економічними технологіями визначається як сукупність інформаційних потоків, розрахункових процедур і організаційних ролей, що забезпечує обчислення показників стану підприємства, обґрунтування керуючого впливу та перевірку його результативності в межах єдиного замкненого контуру. Визначення є авторським. Інформаційна система (програмно-технічний засіб збирання, зберігання та оброблення даних) і система звітності (сукупність регламентованих форм з односпрямованим потоком даних від обліку до користувача) слугують для середовища джерелами вхідних даних. Від інформаційної системи середовище відрізняє наявність керуючого параметра, що обчислюється в ньому самому, від системи звітності — замкненість контуру, а від набору окремих цифрових рішень — спільна модель даних і єдиний порядок обчислень. Уявлення про цифрову екосистему учасників будівельного девелопменту, на яке спирається міжорганізаційний контур середовища, запозичено з [21].

Об'єктами дослідження визначено три підприємства київського ринку житлової нерухомості з різними функціональними ролями в будівельному

процесі: ПП «Спецбудпроект», ТОВ «Експертиза С» і ТОВ «АРХІМАТИКА» (реєстрові відомості — за даними Єдиного державного реєстру юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців та громадських формувань станом на вересень 2026 року). Надалі підприємства позначаються як А, Б і В відповідно.

Вибір зумовлений відмінністю функціональних ролей, яка визначає будову цифрово-аналітичного контуру: А — девелоперська компанія, що координує учасників проєктів і в якій сходяться дані всіх стадій життєвого циклу об'єкта; Б — єдина операційна особа інжинірингово-експертного профілю; В — компанія проєктно-орієнтованої моделі з власною компетенцією у сфері інформаційних технологій. Такий склад дає змогу перевірити придатність середовища для підприємств різної будови. Показники, вагові коефіцієнти та модель взаємодії зі складовими стійкості, одержані раніше, вважаються заданими.

Систематизація наявних розробок цифрового середовища управління в будівництві та девелопменті за об'єктом і повнотою охоплення дає змогу виокремити дві спільні прогалини.

Перша полягає в тому, що вимірювання стану підприємства та керуючий вплив на цей стан розглядаються окремо: одні розробки оцінюють готовність або зрілість, інші описують склад цифрового середовища, проте зв'язок між значенням показника і управлінським рішенням не встановлюється, і оцінка залишається констатацією [33; 20].

Друга прогалина стосується рівня розгляду. У девелоперській діяльності частина показників формується поза підприємством: якість даних від проєктувальників, підрядників і постачальників визначається їхньою власною цифровою зрілістю. Проте праці з упровадження інформаційного моделювання [56; 57; 73] описують поширення технології в галузевому масштабі без показників окремої компанії, дослідження цифрової зрілості [55] оцінюють окремі організації без зіставлення в межах ланцюга учасників, а ланцюг учасників розглядається лише концептуально, як інтеграція [21].

Розробки вітчизняної школи [21; 22; 41; 26; 68] зосереджені на рівні підприємства, проте кожна охоплює окремий контур: цифрову екосистему взаємодії, адміністрування мультипроектної діяльності, підготовку виробництва, аналітичне забезпечення, маркетингову діяльність. Тому середовище будується так, щоб обчислення показників і визначення керуючого впливу становили єдиний замкнений контур, а склад контурів обміну охоплював і взаємодію з контрагентами.

Рівень даних утворюють первинні записи обліку ресурсів і витрат, даних про реалізацію та попит, про постачання й запаси. Вимогою до нього є не повнота автоматизації (частина даних може вводиться вручну за регламентом), а однозначна ідентифікація об'єктів і незмінність складу показників протягом періоду спостереження: доки той самий об'єкт має різні позначення в обліковій, збутовій і логістичній системах, зведення даних потребує ручного зіставлення, що є основним джерелом фрагментарності процесів — бар'єру з найбільшою вагою у внутрішній складовій.

Середовище має чотирирівневу будову, у якій кожен рівень споживає результат нижчого і передає власний результат вищому (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Архітектура цифрово-аналітичного середовища управління економічними технологіями девелоперської компанії

(розроблено автором)

Рівень інтеграції забезпечує подієвий, а не файловий обмін: передається факт настання події життєвого циклу об'єкта з потрібним контекстом, що скорочує затримку відображення подій у показниках і уможливорює місячний такт оновлення бар'єрної складової. До цього рівня належать і процедури контролю якості даних.

Рівень аналітики виконує обчислення показників за встановленими правилами, виявляє відхилення фактичних значень від очікуваних і виконує сценарні розрахунки. Саме на цьому рівні реалізуються процедури нормалізації, згортки та поширення впливів, описані раніше. Рівень управління перетворює обчислені значення на рішення: розподіл ресурсу трансформації, вибір проектних рішень за критерієм приросту скоригованої готовності, перегляд вагових коефіцієнтів і порогових значень.

Замкненість контуру забезпечує зворотний зв'язок: кожне рішення породжує нові первинні записи, за якими наступного такту обчислюються оновлені значення показників.

Реєстрову характеристику об'єктів дослідження наведено в таблиці 3.1; вона слугує основою для оцінювання критеріїв цифрової готовності, що встановлюються за відкритими джерелами.

Таблиця 3.1

Реєстрова характеристика об'єктів дослідження

Характеристика	Підприємство А	Підприємство Б	Підприємство В
Повне найменування	ПП «Спецбудпроект»	ТОВ «Експертиза С»	ТОВ «АРХІМАТИКА»
Ідентифікаційний код	30602888	21580935	33783799
Організаційно-правова форма	Приватне підприємство	Товариство з обмеженою відповідальністю	Товариство з обмеженою відповідальністю
Дата реєстрації	уточнити	03.03.1994	29.09.2005
Тривалість діяльності, років	20	32	21
Статутний капітал, грн	340	380	33 200

Характеристика	Підприємство А	Підприємство Б	Підприємство В
Основні види діяльності	Організація будівництва, економічне забезпечення розвитку девелоперської компанії, цифровізація управлінських процесів	71.11 архітектура; 71.12 інжиніринг, технічне консультування; 71.20 технічні випробування та дослідження; 72.19 дослідження й розробки	71.11 архітектура; 41.20 будівництво; 71.12 інжиніринг; 62.01, 62.02, 62.03, 62.09 діяльність у сфері інформаційних технологій
Організаційна модель	Девелоперська компанія; координація учасників проєктів	Єдина операційна особа; інжинірингово-експертні послуги	Єдина операційна особа; 100 працівників (2025 р.)
Модель виробничого циклу	Централізований: вимоги до обміну задаються договорами з контрагентами	Розімкнений, сервісно-орієнтований	Розімкнений, проєктно-орієнтований

(розроблено автором)

Склад видів діяльності підприємства В охоплює чотири позиції у сфері інформаційних технологій, що документально засвідчує власну компетенцію з оброблення даних; у підприємства Б таких видів не зареєстровано, проте інжинірингові розрахунки й випробування потребують систематичного оброблення технічних даних. Підприємство А є центром, у якому сходяться дані проєктувальників, експертних організацій, підрядників і постачальників, тоді як Б і В виконують окремі стадії на договірних засадах; отже, обмін даними для всіх трьох потребує міжорганізаційного узгодження з різних позицій у ланцюгу учасників [55; 21].

У підприємства А контур централізований: єдиний ідентифікатор об'єкта та узгоджені довідники запроваджуються його договірними вимогами до контрагентів, а навантаження зосереджене на зведенні даних багатьох учасників. У підприємств Б і В контур розімкнений: вони виконують окремі стадії для різних замовників із власними обліковими політиками, тому узгодження потребує пристосування до вимог кожного замовника [56]. Отже, однакова за змістом задача має різну вартість реалізації залежно від організаційної моделі. Склад даних для обміну між

учасниками охоплює сім позицій — від проєктних рішень до фактичних обсягів виконаних робіт, — для кожної з яких визначено джерело, одержувача, подію передавання та показник впливу.

Обмін значеннями власних показників між учасниками не передбачений жодною з розглянутих розробок, проте без нього неможливо обчислити узгодженість із контрагентами. Розкриття комерційної інформації це не потребує: передається одне число — скоригована готовність.

Практичною перешкодою міжорганізаційного обміну є відсутність договірних підстав: договір підряду визначає обсяг, строки й вартість робіт, але не порядок обміну даними. Включення до договорів розділу про склад, формат і періодичність обміну даними є конкретним змістом зниження бар'єру фрагментарності процесів.

Робота середовища описується як взаємодія п'яти контурів, кожен з яких має визначений вхід, перетворення, вихід і такт оновлення (табл. 3.2).

Показники готовності відображають структурні характеристики й змінюються повільно, тому їх щомісячне обчислення дало б коливання в межах похибки; керуючий вплив пов'язаний з бюджетуванням і потребує річного горизонту, з яким збігається й такт контрольного контуру.

Таблиця 3.2

Специфікація входів і виходів контурів цифрово-аналітичного середовища

Контур	Вхід	Перетворення	Вихід	Такт
Діагностичний	Оцінки 10 критеріїв і 10 бар'єрів; дані обліку	Нормалізація, згортка за глобальними вагами	CGR, I int, I ext, I*bar, CGR*	Квартал
Міжорганізаційний	Значення CGR* решти учасників ланцюга	Усереднення за формулою узгодженості	C10 узгодженість із контрагентами	Квартал
Прогнозний	CGR*, C10, матриця впливів	Ітераційне поширення впливів до стаціонарного стану	Стани складових стійкості, показник S	Квартал

Контур	Вхід	Перетворення	Вихід	Такт
Управлінський	Стан показників, бюджет трансформації R	Перерахунок стану за рівняннями (3.1)–(3.4)	Розподіл ресурсу u , очікувані значення показників	Рік
Контрольний	Фактичні значення показників наступного періоду	Зіставлення очікуваних і фактичних значень	Оновлені коефіцієнти a, b ; уточнені ваги	Рік

(розроблено автором)

Три контури виконуються щоквартально (анкетування потребує лише діагностичний), а управлінський і контрольний поєднуються з річним бюджетним процесом. Отже, запровадження середовища потребує не постійно зайнятого персоналу, а закріпленої відповідальності та регламенту.

Керуючий вплив полягає в розподілі бюджету трансформації між двома напрямками: підвищенням номінальної готовності та зниженням керованої складової бар'єрності. Частка бюджету, спрямована на перший напрям, позначається як u , на другий — як $(1 - u)$. Зміна номінальної готовності описується рівнянням:

$$GR(t + 1) = CGR(t) + a(1 - CGR(t))u \frac{R}{R_0} \quad (3.1)$$

де $CGR(t)$ і $CGR(t + 1)$ — номінальний показник цифрової готовності в поточному та наступному тактах; u — частка бюджету трансформації, спрямована на підвищення номінальної готовності; a — коефіцієнт результативності вкладень у підвищення готовності; R — обсяг бюджету трансформації за період; R_0 — нормувальний обсяг. Множник $(1 - CGR)$ відображає спадну віддачу: чим вищий досягнутий рівень, тим дорожчим є кожен наступний приріст, а за CGR , що прямує до одиниці, приріст прямує до нуля. За формою рівняння (3.1) відтворює модифіковану експоненту, відому з моделей дифузії нововведень, у яких приріст пропорційний невикористаному запасу [147; 148]. Зміна керованої складової бар'єрності описується рівнянням:

$$I_{\text{int}}(t + 1) = I_{\text{int}}(t) \left[1 - b(1 - u) \frac{R}{R_0} \right], \quad (3.2)$$

де $I_{\text{int}}(t)$ і $I_{\text{int}}(t + 1)$ — внутрішня (керована) складова індексу бар'єрів у поточному та наступному тактах; b — коефіцієнт результативності вкладень у зниження бар'єрності. Пропорційна форма (дискретний аналог експоненційного згасання) відповідає тому, що усунення перешкод дається тим важче, чим менше їх залишилося. Запозиченою є форма рівнянь (3.1)–(3.2); авторським внеском є тлумачення керуючого параметра u як частки бюджету трансформації між двома напрямками, нормування вкладень величиною R_0 і поєднання рівнянь зі скоригованою готовністю через (3.3)–(3.4), що дає змогу поставити задачу розподілу ресурсу. Складова бар'єрів середовища не піддається впливу підприємства і залишається незмінною, тому зведений індекс обчислюється як:

$$I_{\text{bar}}^*(t + 1) = \gamma I_{\text{int}}(t + 1) + (1 - \gamma) I_{\text{ext}}, \quad (3.3)$$

а скоригована готовність наступного періоду — як:

$$CGR^*(t + 1) = CGR(t + 1) [1 - I_{\text{bar}}^*(t + 1)], \quad (3.4)$$

Схему контуру управління станом подано на рисунку 3.2.

Порядок обчислень ілюструє перерахунок стану трьох підприємств за один такт управління при частці бюджету на підвищення готовності $u = 0,30$, відносному обсязі бюджету $R/R_0 = 0,40$ та коефіцієнтах результативності $a = b = 0,50$. Зазначені значення є припущеннями розрахунку: вони не одержані з даних обстежуваних підприємств, а прийняті для демонстрації порядку обчислень; їх уточнення виконується за фактичним приростом показників наступного періоду. Для підприємства А скоригована готовність зростає з

0,392 до 0,426, для Б — з 0,187 до 0,228, для В — з 0,064 до 0,096. Підприємство Б за один такт переходить із критичного стану до стану обмеженої спроможності, тоді як В залишається в критичному стані, що відповідає його положенню у квадранті системного відставання.

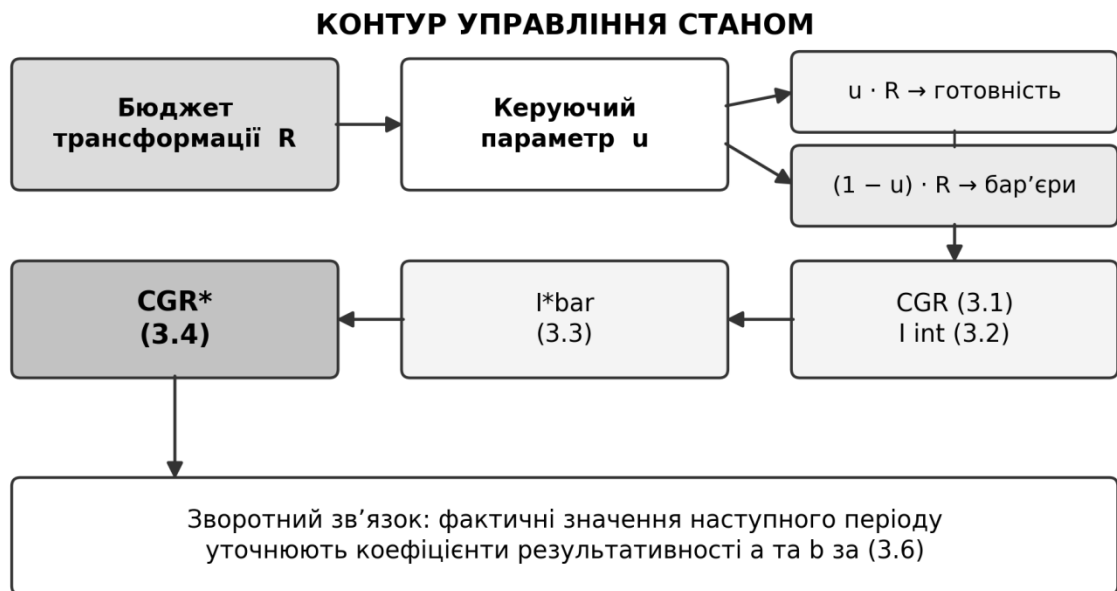


Рис. 3.2. Контур управління станом цифрово-аналітичного середовища
(розроблено автором)

Триразове застосування рівнянь для підприємства Б за незмінних параметрів керуючого впливу дає траєкторію скоригованої готовності 0,187 — 0,228 — 0,266 — 0,302 і траєкторію індексу бар'єрів 0,662 — 0,608 — 0,561 — 0,520. Індекс бар'єрів знижується швидше за перші такти й уповільнюється надалі, що є прямим наслідком пропорційної форми рівняння (3.2) і відповідає припущенню, що найпростіші для усунення перешкоди усуваються першими.

Побудована система рівнянь має три властивості, які підлягають перевірці. Перша — обмеженість: за $u \in [0; 1]$, невід'ємних коефіцієнтів a і b , для яких $aR/R_0 \leq 1$ та $bR/R_0 \leq 1$, та початкових значень з проміжку $[0; 1]$ усі наступні значення також належать цьому проміжку, що зберігає зіставність із

прийнятими шкалами. Друга — монотонність: приріст готовності є невід’ємним за будь-якого u , а керована складова бар’єрності не зростає, тобто керуючий вплив не може погіршити стан. Третя — узгодженість із раніше встановленою мультиплікативною формою зв’язку: за $u = 1$ весь ресурс спрямовується на готовність, і приріст скоригованого показника дорівнює приросту номінального, помноженому на наявну пропускну здатність, що відтворює співвідношення, обчислене під час побудови показників (підрозділ 2.2).

Робота середовища за один такт описується послідовністю з п’яти кроків з двома точками розгалуження, умови переходу між якими визначаються пороговою умовою за критичними критеріями та критерієм припинення циклу.

Перше розгалуження перевіряє порогову умову за критичними критеріями. Якщо оцінка за будь-яким із них не перевищує 0,2, підприємство не відноситься до високого рівня готовності незалежно від значення показника, і ця обставина позначається окремо, оскільки вона змінює перелік першочергових заходів.

Друге розгалуження визначає, чи слід продовжувати цикл: він припиняється за досягнення цільового рівня скоригованої готовності або за приросту, меншого за задану величину:

$$CGR^*(t + 1) - CGR^*(t) < \delta, \quad (3.5)$$

де $CGR^*(t)$ і $CGR^*(t + 1)$ — скоригована готовність у поточному та наступному тактах; δ — задана мінімальна величина приросту, за якої продовження циклу вважається доцільним.

Завершальний крок забезпечує здатність середовища уточнювати модель власними даними. Коефіцієнти результативності вкладень обчислюються заново за фактичним приростом показника наступного періоду:

$$a(t + 1) = \frac{CGR(t+1) - CGR(t)}{(1 - CGR(t))u \frac{R}{R_0}}, \quad (3.6)$$

Аналогічно обчислюється коефіцієнт b за фактичною зміною керованої складової бар'єрності. Практичне значення цієї процедури полягає в тому, що початкові значення коефіцієнтів, прийняті до першого такту, не мають бути точними: після двох-трьох тактів вони заміщуються величинами, обчисленими за фактичними даними самого підприємства. Якщо, наприклад, фактичний приріст готовності підприємства B становив 0,020 замість розрахункових 0,027, оновлене значення коефіцієнта дорівнює 0,374 замість початкового 0,500 (за формулою (3.6)).

Процедура (3.6) має умови застосовності. Її знаменник пропорційний частці u , тому за $u = 0$ коефіцієнт a не визначається, а аналогічна формула для b — за $u = 1$; за малих u оцінка стає нестійкою до похибки вимірювання, оскільки похибка коефіцієнта дорівнює похибці приросту готовності, поділеній на добуток $(1 - CGR) \cdot u \cdot R/R_0$. Якщо похибка вимірювання приросту становить, наприклад, 0,005, то для підприємства B похибка коефіцієнта a дорівнює 0,093 за $u = 0,30$ і 0,56 за $u = 0,05$. Тому одноперіодне калібрування застосовне лише за $u \in [u_{\min}; 1 - u_{\min}]$, де $u_{\min}$ визначається допустимою похибкою коефіцієнта: за допустимої похибки 0,1 для підприємства B $u_{\min} \approx 0,28$. Для підприємств, яким за розрахунком рекомендовано $u^* = 0$, це означає, що за рекомендованої стратегії коефіцієнт a не уточнюється; для його оцінювання доцільно виділяти пробну частку не менше $u_{\min}$, що через пологість цільової функції зменшує скориговану готовність першого такту підприємства B лише з 0,230 до 0,228.

Друга умова — оцінювання за кількома періодами: після накопичення щонайменше трьох тактів коефіцієнти оцінюються методом найменших квадратів (a — як відношення суми добутоків $\Delta CGR(t) \cdot x(t)$ до суми квадратів $x(t)$, де $x(t) = (1 - CGR(t)) \cdot u(t) \cdot R(t)/R_0$; b — аналогічно за відносним

зниженням керованої бар'єрності та величиною $(1 - u(t)) \cdot R(t)/R_0$). Третя — роздільне врахування зовнішніх змін: коефіцієнти обчислюються за номінальною готовністю та внутрішньою складовою бар'єрності, а періоди, оцінки яких зазнали впливу зміни зовнішніх умов, до оцінювання не включаються.

Алгоритм не передбачає автоматичного ухвалення рішень: остаточне рішення щодо розподілу ресурсу залишається за керівництвом, оскільки модель не враховує неформалізованих обставин (зобов'язань за розпочатими проєктами, кадрових обмежень, умов договорів).

Обчислювальні процедури середовища охоплюють чотири розрахункові задачі: визначення власних значень і власних векторів матриць попарних порівнянь [123], обчислення коефіцієнта конкордації з перевіркою значущості [124], ітераційне обчислення когнітивної карти [125; 126] та імітаційне моделювання [132; 155; 144]. Порівняння табличних процесорів, статистичних і спеціалізованих пакетів, пакетів інженерних обчислень і мов програмування показало, що всі чотири задачі за вільної ліцензії та високої відтворюваності покриває лише мова програмування загального призначення з бібліотеками наукових обчислень.

Цей засіб і обрано, оскільки він забезпечує: виконання всіх задач без перенесення даних між різними форматами; відтворюваність, адже розрахунок існує як послідовність команд (текст програмного модуля та вихідні дані наведено в додатку Г), яку може повторити незалежна особа; відсутність ліцензійних витрат; прозорість обчислень за наведеними формулами. Для збору експертних оцінок збережено звичну для респондентів табличну форму анкети.

Для систем самого підприємства, що утворюють рівень даних (планування ресурсів, управління відносинами з клієнтами, управління ланцюгами постачання, інформаційне моделювання об'єкта, бізнес-аналітика, інтеграційна шина), доцільно визначати класи та вимоги до них, а не перелік конкретних продуктів, що швидко втрачає чинність [15; 16].

Технічна побудова середовища є необхідною, але не достатньою умовою його роботи. Організаційна та кадрова складові готовності разом мають вагу 0,666 проти 0,225 технологічної, а на повністю керовані бар'єри припадає 0,720 ваги внутрішньої складової, тому середовище не запрацює без зміни розподілу відповідальності всередині підприємства.

Пропонована організаційна побудова спирається на розмежування механістичних та органічних форм [109]: середовище належить до органічного типу, оскільки склад його задач змінюється з кожним тактом. Перехід є доповненням функціональної структури: підрозділи зберігаються, а володіння даними, наскрізними процесами та показниками закріплюється за окремими ролями (табл. 3.3).

Склад ролей залежить від організаційної моделі. Для підприємства А потрібні всі шість, а визначальною є роль координатора обміну з контрагентами; для підприємства Б — роль власника даних, що забезпечує відтворюваність результатів випробувань і розрахунків; для підприємства В — ролі власника даних і власника наскрізного процесу, оскільки облікові процедури перебувають на стадії формування. Загальні засади розподілу повноважень і відповідальності викладено в [110].

Закріплення ролей не потребує капітальних вкладень, проте зачіпає наявний розподіл повноважень і наштовхується на опір, що відображають бар'єри організаційної інерції та браку лідерства (разом 0,437 у внутрішній складовій). Тому послідовність упровадження має бути такою: спершу ролі й регламент, потім технічна реалізація контурів [48].

Регламент функціонування середовища визначає для кожної процедури періодичність, відповідального та форму результату: збір первинних даних і обчислення показників — щокварталу, розподіл ресурсу та оновлення коефіцієнтів результативності — щороку, перегляд вагових коефіцієнтів — раз на три роки. Без такої регламентації одержані значення втратять зіставність у часі.

Зміна розподілу відповідальності за функціями середовища

Функція	Функціональна структура	Структура під середовище	Роль, за якою закріплено
Володіння даними предметної області	Розподілене між підрозділами, відповідального не визначено	Закріплено за однією особою за кожною предметною областю	Власник даних
Наскрізний облік об'єкта	У кожного підрозділу власне позначення об'єкта	Єдиний ідентифікатор, спільний реєстр об'єктів	Власник наскрізного процесу
Ухвалення рішення за відхиленням	Ескалація вгору за вертикаллю	Рішення на рівні контуру за встановленим порогом	Керівник контуру
Обчислення показників	Не виконується	Регламентоване, з визначеною періодичністю	Відповідальний за показники
Обмін даними з контрагентами	Через відповідальних за окремі договори	Єдиний порядок і протокол передавання	Координатор обміну
Перегляд ваг і порогових значень	Не передбачено	Раз на три роки з перерахунком попередніх значень	Керівництво підприємства

(розроблено автором)

Для підприємства А обмін значеннями показників із контрагентами запроваджується його власними договірними вимогами, для Б і В — потребує погодження з кожним замовником. Трирічний інтервал перегляду ваг з обов'язковим перерахунком попередніх значень прийнято як авторське методичне рішення: частіше оновлення руйнувало б зіставність рядів, оскільки зміна значення відображала б зміну способу вимірювання, а не стану підприємства.

Зіставлення з результатами обстеження визначає різні першочергові контури: для підприємства А — міжорганізаційний, оскільки його обмеження формується узгодженістю з контрагентами; для підприємства Б (квадрант заблокованого потенціалу) — організаційні ролі та регламент; для підприємства В — рівень даних, без якого решта контурів не має вхідної інформації. Отже, послідовність заходів визначається виміряним станом, що

відрізняє середовище від типових програм цифровізації з однаковим переліком кроків.

Побудовано цифрово-аналітичне середовище управління економічними технологіями девелоперської компанії у складі чотирьох рівнів — даних, інтеграції, аналітики та управління — і п'яти контурів із визначеними входами, виходами й тактами оновлення. Середовище усуває дві виявлені прогалини: роз'єднаність вимірювання стану та керуючого впливу і зосередженість на окремому підприємстві без урахування ланцюга учасників. Стан середовища описується системою рівнянь, у якій керуючим параметром є розподіл бюджету трансформації між підвищенням готовності та зниженням керованої бар'єрності, а зворотний зв'язок забезпечує уточнення коефіцієнтів результативності за фактичними даними. Обґрунтовано склад програмних засобів, розподіл відповідальності за ролями та регламент функціонування. Визначення оптимального значення керуючого параметра та прогнозування наслідків його застосування становить зміст подальшого викладу.

3.2. Сценарне прогнозування стратегічної стійкості девелоперської компанії

Цифрово-аналітичне середовище дає змогу обчислити стан підприємства та описати його зміну під керуючим впливом, проте вибір значення керуючого параметра потребує критерію, а результат впливу залежить від величин, точно не відомих на момент ухвалення рішення: результативності вкладень, обсягу бюджету, поведінки зовнішнього середовища. Тому прогноз має подавати не точкове значення, а діапазон можливих значень разом з імовірністю досягнення цільового рівня [155; 144]. Підхід до системного моделювання впливу інноваційних технологій на стратегічну стійкість девелоперської діяльності здобувач попередньо представив у доповіді [107].

Прогнозування виконується для трьох обстежених раніше підприємств: ПП «Спецбудпроект» (висока готовність за помірної бар'єрності), ТОВ «Експертиза С» (середня готовність за високої бар'єрності, розімкнений контур обміну з багатьма замовниками) і ТОВ «АРХІМАТИКА» (низька готовність за найвищої бар'єрності, облікові процедури на стадії формування). Різниця вихідних станів має принципове значення: якщо оптимальна стратегія виявиться однаковою для всіх трьох, вона є універсальною рекомендацією; якщо різною — визначається станом підприємства, і галузева рекомендація без попереднього вимірювання є безпідставною.

Керуючим параметром у рівняннях стану середовища виступає частка бюджету трансформації, спрямована на підвищення номінальної готовності; предметом викладу є вибір її значення та оцінювання наслідків на трирічному горизонті з урахуванням невизначеності вхідних величин [58].

Керуючий вплив полягає в розподілі бюджету трансформації між підвищенням готовності та зниженням керованої бар'єрності. Задача полягає у виборі частки u , що максимізує скориговану готовність наступного періоду:

$$CGR^*(t+1) \rightarrow \max, \quad u \in [0; 1], \quad (3.7)$$

Оскільки скоригована готовність є добутком двох множників, кожен з яких залежить від u протилежним чином, задача має внутрішній розв'язок. Похідна цільової функції за керуючим параметром дорівнює:

$$\frac{\partial CGR^*}{\partial u} = a(1 - CGR)\rho(1 - I_{\text{bar}}^*) - b\gamma\rho I_{\text{int}} CGR(t+1), \quad (3.8)$$

де $\rho = R/R_0$ — відносний обсяг бюджету. Прирівнявши похідну до нуля, одержуємо умову оптимального розподілу:

$$a(1 - CGR)(1 - I_{\text{bar}}^*) = b\gamma I_{\text{int}}CGR, \quad (3.9)$$

Ліва частина є маржинальним приростом за напрямом готовності, права — за напрямом бар'єрності. Якщо права частина перевищує ліву, весь ресурс доцільно спрямовувати на зниження бар'єрності, якщо навпаки — на підвищення готовності; рівність визначає точку розподілу. Оскільки обидві частини залежать від u через значення наступного періоду, розв'язок знаходиться чисельно перебором з кроком 0,01, тому значення наводяться з точністю до двох знаків після коми.

Цільова функція в околі оптимуму є пологою: для підприємства В зміна керуючого параметра від 0,50 до 0,62 змінює скориговану готовність менш ніж на 0,0001. Отже, оптимум визначає діапазон рівноцінних розподілів, у межах якого вибір може спиратися на позаекономічні міркування — наявність фахівців, стан договірних відносин, черговість проектів.

Розрахунок за коефіцієнтів результативності $a = b = 0,50$ та відносного обсягу бюджету $\rho = 0,40$ дає нетривіальний результат. Для «Спецбудпроекту» та «Експертизи С» оптимальним є повне спрямування ресурсу на зниження керованої бар'єрності: маржинальний приріст за цим напрямом перевищує приріст за напрямом готовності в 1,34 та 1,44 рази відповідно. Для «АРХІМАТИКИ» співвідношення обертається — 0,94, — і оптимальною стає змішана стратегія з часткою 0,56 бюджету на підвищення готовності. Отже, за цих припущень єдиної стратегії для галузі не існує: вона визначається виміряним станом підприємства (табл. 3.4).

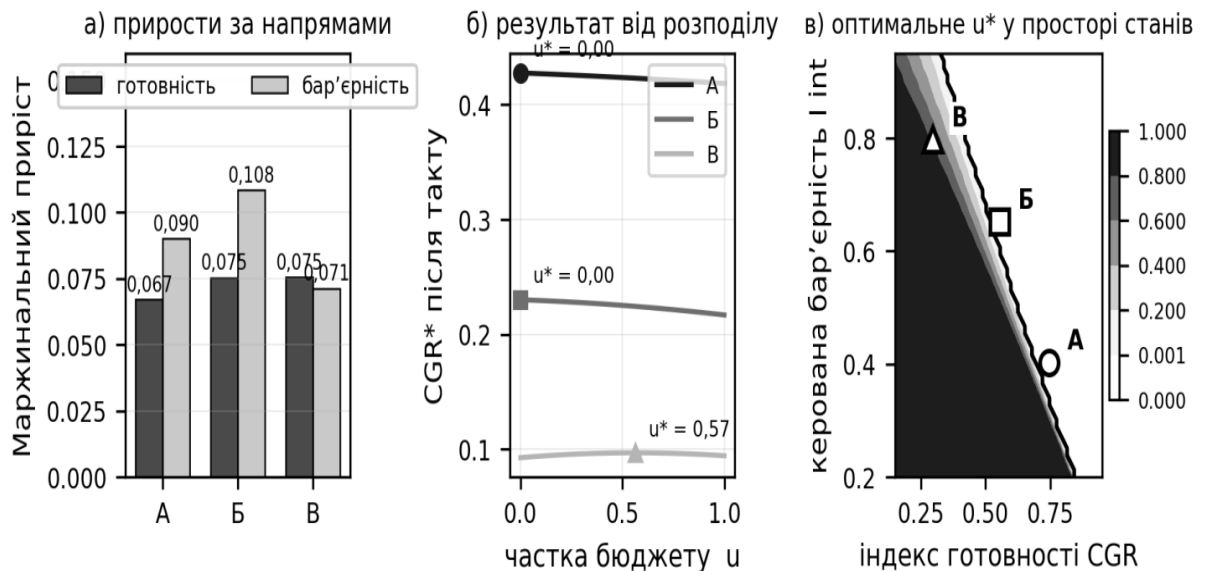


Рис. 3.3. Маржинальні прирости за напрямками вкладень, залежність результату від розподілу ресурсу та карта оптимального значення керуючого параметра (розраховано автором)

Область оптимальних значень керуючого параметра в просторі станів подано на рисунку 3.3 в. Межа, за якою повне спрямування ресурсу на бар'єри перестає бути оптимальним, є монотонною спадною лінією: чим нижча готовність, тим більшу частку бюджету доцільно спрямовувати на її підвищення. «Спецбудпроект» і «Експертиза С» розташовані в зоні нульового значення параметра, «АРХІМАТИКА» — у перехідній смузі, що й пояснює розбіжність рекомендацій.

Причина обертання полягає у структурі маржинальних приростів. Приріст за напрямом готовності пропорційний невикористаному запасу ($1 - \text{CGR}$), найбільшому в «АРХІМАТИКИ». Приріст за напрямом бар'єрності пропорційний добутку готовності на керовану бар'єрність, і низька готовність цього підприємства зменшує його попри найвищий рівень бар'єрів: за вкрай низької готовності зняття бар'єрів вивільняє потенціал, якого немає (умова (3.9), табл. 3.4).

Оптимальний розподіл ресурсу трансформації за станом підприємства

Підприємство	CGR	I int	I*bar	Маржинальний приріст за готовністю	Маржинальний приріст за бар'єрністю	Відношення	u*
А — «Спецбудпроект»	0,745	0,403	0,474	0,067	0,090	1,34	0,000
Б — «Експертиза С»	0,554	0,652	0,662	0,075	0,108	1,44	0,000
В — «АРХІМАТИКА»	0,298	0,797	0,785	0,075	0,071	0,94	0,56

(розроблено автором)

Отже, першочерговість організаційних заходів не є безумовною: для підприємств із достатнім рівнем готовності першочерговими є організаційні зміни, для підприємств із низьким рівнем — паралельні дії за обома напрямками, що узгоджується з встановленою в підрозділі 2.2 залежністю структури бар'єрності від масштабу діяльності.

Відношення маржинальних приростів в умові (3.9) визначається співвідношенням b/a , тому прийнята як припущення рівність $a = b = 0,50$ безпосередньо впливає на рекомендований розподіл. Для перевірки стійкості розрахунок першого такту та трирічної траєкторії за покроково оптимальною стратегією повторено за п'яти співвідношень коефіцієнтів у межах розподілів табл. 3.7 за $\rho = 0,40$ (табл. 3.5).

Повне спрямування ресурсу на зниження керованої бар'єрності для підприємств А і Б зберігається за $a \leq b$ і змінюється на протилежне вже за $a = 0,60$ і $b = 0,40$; для підприємства В змішаний розподіл за $a > b$ переходить у повне спрямування ресурсу на готовність, а за $a < b$ зменшується до 0,11 і нуля. За імітаційного моделювання з розподілами табл. 3.7 значення $u^* = 0$ на першому такті одержано лише у 82 % реалізацій для «Спецбудпроекту» і 78 % для «Експертизи С», а для «АРХІМАТИКИ» змішаний розподіл ($0 < u^* < 1$) — приблизно в 90 % реалізацій. Водночас скоригована готовність через

три роки змінюється значно менше: для А — у межах 0,481–0,505, для Б — 0,292–0,323, для В — 0,167–0,172, а впорядкування підприємств зберігається за всіх співвідношень.

Таблиця 3.5

Оптимальний розподіл ресурсу трансформації за різних співвідношень коефіцієнтів результативності

Коефіцієнти a / b	u^* першого такту: А	u^* першого такту: Б	u^* першого такту: В	CGR* через три роки: А	CGR* через три роки: Б	CGR* через три роки: В
0,30 / 0,70	0,00	0,00	0,00	0,505	0,323	0,167
0,40 / 0,60	0,00	0,00	0,11	0,494	0,314	0,169
0,50 / 0,50 (базовий розрахунок)	0,00	0,00	0,56	0,485	0,304	0,168
0,60 / 0,40	1,00	0,61	1,00	0,482	0,296	0,172
0,70 / 0,30	1,00	1,00	1,00	0,481	0,292	0,170

(розраховано автором за рівняннями (3.1)–(3.4) з кроком перебору u 0,01, $\rho = 0,40$, $\gamma = 0,6$)

Отже, рекомендації щодо u^* мають умовний характер: вони одержані за прийнятих значень коефіцієнтів результативності і підлягають уточненню після їх калібрування за фактичними даними (процедура (3.6)); ретроспективна перевірка адекватності моделі стане можливою після накопичення фактичних значень щонайменше за кілька тактів управлінського контуру.

Одержані значення керуючого параметра стосуються першого такту. Після зниження керованої бар'єрності права частина умови (3.9) зменшується, і вигіднішим стає напрям готовності: для підприємства Б — коли внутрішня складова бар'єрності знижується приблизно до 0,541, для підприємства А — до 0,326. Отже, стратегія потребує щорічного перерахунку.

Триразове застосування рівнянь стану за незмінного обсягу бюджету дає траєкторію показника на трирічний горизонт. Зіставлено три стратегії: технологічну (весь ресурс на готовність), організаційну (весь ресурс на бар'єрність) та покроково оптимальну, за якої на кожному такті обирається розподіл, що максимізує скориговану готовність наступного періоду (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Траєкторії скоригованої готовності за трьома стратегіями розподілу ресурсу

Підприємство	Стратегія	Вихідний стан	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Приріст за три роки
А — «Спецбудпроект»	Технологічна	0,392	0,419	0,440	0,457	+0,065
	Організаційна	0,392	0,428	0,457	0,480	+0,088
	Покроково оптимальна	0,392	0,428	0,457	0,485	+0,093
Б — «Експертиза С»	Технологічна	0,187	0,217	0,241	0,260	+0,073
	Організаційна	0,187	0,230	0,265	0,293	+0,106
	Покроково оптимальна	0,187	0,230	0,268	0,304	+0,117
В — «АРХІМАТИКА»	Технологічна	0,064	0,094	0,118	0,138	+0,074
	Організаційна	0,064	0,093	0,115	0,134	+0,070
	Покроково оптимальна	0,064	0,097	0,132	0,168	+0,104

(розроблено автором)

Покроково оптимальна стратегія переважає обидві однонапрямні для всіх трьох підприємств, проте величина переваги різна. Для «Спецбудпроекту» та «Експертизи С» перевага над організаційною стратегією становить лише 0,005 і 0,011, оскільки на перших тактах оптимальний розподіл збігається з організаційним. Для «АРХІМАТИКИ» перевага становить 0,030 над технологічною та 0,034 над організаційною, тобто приріст за три роки зростає майже в півтора рази.

«Спецбудпроект» за покроково оптимальної стратегії досягає значення 0,485 і на третій рік переходить до стану спроможності до трансформації. «Експертиза С» досягає 0,304, залишаючись у стані обмеженої спроможності, до якого перейшла вже за перший рік. «АРХІМАТИКА» досягає 0,168 і не долає порогу 0,20 протягом трьох років, що є наслідком вихідного стану, а не помилки в управлінні (табл. 3.6).

Різниця між стратегіями з часом накопичується: для підприємства Б розрив між покроково оптимальною та технологічною стратегіями становить 0,013 за перший рік і 0,044 за третій. З нього 0,033 зумовлює вибір напрямку вкладень відповідно до стану (перевага організаційної стратегії над технологічною), а щорічний перерахунок керуючого параметра додає ще 0,011. Тому перегляд розподілу ресурсу доцільно виконувати щорічно, хоча для підприємства з низькою готовністю основну частину переваги дає сам змішаний розподіл ресурсу.

Перевага оптимальної стратегії над організаційною для підприємств А і Б (0,005 і 0,011 за три роки) досягається лише перерозподілом того самого бюджету, тоді як такий самий приріст нарощуванням бюджету потребував би його збільшення приблизно на десяту частину; у цьому полягає практична цінність задачі розподілу за відсутності додаткових ресурсів.

Покроково оптимальна стратегія максимізує скориговану готовність кожного наступного періоду і тому не збігається з оптимальною для цілі «скоригована готовність через три роки». Розв'язання задачі на трирічному горизонті повним перебором послідовностей (u_1 ; u_2 ; u_3) з кроком 0,01 дає 0,4878 для «Спецбудпроекту», 0,3075 для «Експертизи С» і 0,1726 для «АРХІМАТИКИ» проти 0,4851, 0,3042 і 0,1683 за покроково оптимальною стратегією, тобто перевагу 0,0027, 0,0033 і 0,0043, або від 0,6 до 2,5 %. Оптимальні на горизонті послідовності — (0; 0; 1) для підприємств А і Б та (0; 0,58; 1) для В — спрямовують ресурс останнього року повністю на готовність, тобто залежать від фіксованого кінця горизонту, тоді як покроково оптимальне правило його не потребує. Щорічні значення

керуючого параметра за покроково оптимальною стратегією становлять 0; 0,62; 0,04 для підприємства А, 0; 0,71; 0,14 для Б і 0,56; 0,46; 0,54 для В.

Для підприємства В стала частка $u = 0,52$ протягом трьох років дає ту саму скориговану готовність, що й щорічний перерахунок, — 0,1683, тобто його перевага зумовлена змішаним розподілом ресурсу. Для підприємств А і Б найкраща стала частка (0,28 і 0,32) дає 0,4838 і 0,3020, тобто менше, ніж покроково оптимальна стратегія. Оскільки відхилення від оптимуму на горизонті не перевищує 0,0043, у регламенті середовища зберігається покроковий вибір керуючого параметра, і надалі під оптимальною стратегією розуміється саме покроково оптимальна.

Наведені траєкторії обчислено за фіксованих значень вхідних величин, тоді як жодна з них наперед не відома: коефіцієнти результативності визначаються лише після кількох тактів, обсяг бюджету залежить від фінансового стану, а бар'єри середовища можуть як зменшуватися, так і зростати. Тому точковий прогноз замінюється імітаційним моделюванням (методом Монте-Карло) [132; 144].

Для кожної реалізації g значення показника обчислюється як:

$$CGR_T^{(r)} = F(CGR_0, I_{int}, I_{ext}^{(r)}; a^{(r)}, b^{(r)}, \rho^{(r)}), \quad (3.10)$$

де $CGR_T^{(r)}$ — значення показника цифрової готовності наприкінці горизонту прогнозу T у r -й реалізації; CGR_0 — вихідне значення номінальної готовності; I_{int} — вихідне значення внутрішньої складової бар'єрності; $I_{ext}^{(r)}$, $a^{(r)}$, $b^{(r)}$, $\rho^{(r)}$ — значення зовнішньої складової бар'єрності, коефіцієнтів результативності вкладень і відносного обсягу бюджету, згенеровані в r -й реалізації; F — послідовне застосування рівнянь стану протягом T тактів з перерахунком керуючого параметра на кожному з них. Оцінка розподілу результату будується як емпірична функція за N реалізаціями:

$$F_N(x) = \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N I[CGR_T^{(r)} \leq x], \quad (3.11)$$

де $F_N(x)$ — емпірична функція розподілу показника; x — значення показника, для якого визначається функція розподілу; $I[\cdot]$ — індикаторна функція. Кількість реалізацій прийнято $N = 10\,000$: за такого обсягу похибка оцінювання квантилів не перевищує одиниці третього знака після коми [144]: стандартне відхилення оцінок 5-го, 50-го і 95-го процентилів між двадцятьма незалежними серіями по 10 000 реалізацій не перевищує 0,0005 для жодного з підприємств. Горизонт прогнозування $T = 3$ роки узгоджено з тактом управлінського контуру та тривалістю циклу девелоперського проєкту. Розподіли вхідних величин наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Розподіли вхідних величин імітаційного моделювання

Величина	Вид розподілу	Мінімум	Мода	Максимум	Підстава вибору меж
Коефіцієнт результативності а	Трикутний	0,30	0,50	0,70	Експертне припущення (оцінка за трьома точками)
Коефіцієнт результативності б	Трикутний	0,30	0,50	0,70	Те саме
Відносний обсяг бюджету р	Трикутний	0,25	0,40	0,55	Експертне припущення щодо коливання фінансових можливостей за роками
Множник бар'єрів середовища	Трикутний	0,90	1,00	1,15	Експертне припущення; асиметрія відображає більшу ймовірність погіршення умов

(розроблено автором)

Межі розподілів прийнято експертно за трьома точками — найгіршим, найімовірнішим і найкращим значеннями, — оскільки статистичної вибірки завершених проєктів організаційних змін для девелоперської галузі України не сформовано. Тому розподіли прогнозних значень відображають наслідки

прийнятих припущень, а не емпіричну мінливість, і слугують оцінюванню стійкості висновків до зміни вхідних величин.

Трикутний розподіл обрано тому, що три його параметри мають змістове тлумачення і можуть бути одержані експертним шляхом (на відміну від параметрів нормального чи логнормального розподілів, що потребують вибірки), а обмеженість з обох боків виключає нереалістичні значення в хвостах [144]. Асиметрія множника бар'єрів середовища відображає припущення, що регуляторні та ринкові умови погіршуються різкіше, ніж поліпшуються.

Вибір імітаційного моделювання замість кореляційно-регресійного аналізу зумовлений станом інформаційної бази: регресійна оцінка потребує щонайменше десяти спостережень на кожен предиктор [143; 151], тобто не менш як п'ятдесяти для п'яти підсистем, чого наявна кількість підприємств і періодів не забезпечує. Крім того, показник стійкості обчислюється з показників готовності та бар'єрності за встановленими співвідношеннями, і кореляція між ними відображала б спосіб обчислення. Імітаційне моделювання не оцінює невідомих параметрів за вибіркою, а багаторазово застосовує обґрунтовану модель до випадкових значень вхідних величин [132].

Результати десяти тисяч реалізацій для кожного підприємства подано в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Характеристики розподілу прогнозних значень скоригованої готовності

Підприємство	Вихідне значення	Медіана	Середнє	Середнє квадратичне відхилення	5-й процентиль	95-й процентиль	Розмах інтервалу
А	0,392	0,484	0,484	0,0201	0,452	0,518	0,066
Б	0,187	0,301	0,303	0,0251	0,264	0,345	0,082
В	0,064	0,166	0,167	0,0236	0,131	0,208	0,077

(розроблено автором)

Розподіли є одномодальними та близькими до симетричних, що засвідчує відсутність у моделі точок розриву в розглядуваному діапазоні; середні практично збігаються з медіанами. Відношення середнього квадратичного відхилення до середнього становить 4,2 % для підприємства А, 8,3 % для Б і 14,1 % для В: результат підприємства з низькою готовністю більшою мірою залежить від зовнішніх обставин, оскільки власний запас для компенсації несприятливих умов у нього менший.

Дев'яностовідсоткові інтервали трьох підприємств не перетинаються: [0,452; 0,518] для «Спецбудпроекту», [0,264; 0,345] для «Експертизи С» і [0,131; 0,208] для «АРХІМАТИКИ». Отже, впорядкування підприємств стійке до невизначеності вхідних величин у межах прийнятих розподілів, а вихідний стан визначає прогноз сильніше, ніж ця невизначеність.

Найширшим є інтервал підприємства Б — 0,082 проти 0,066 і 0,077 для А і В. Максимальна невизначеність припадає на проміжний стан: для підприємства Б покроково оптимальна стратегія на перших тактах збігається з організаційною, а на подальших відхиляється, тому результат чутливіший до значень коефіцієнтів. Отже, підприємства середнього рівня потребують найчастішого перегляду прогнозу (табл. 3.8).

Жоден з розподілів не має важких хвостів, тобто за прийнятих припущень модель не породжує катастрофічних сценаріїв. Це наслідок обмеженості вхідних розподілів і незмінності структури зв'язків, а не властивість реальності: події, що змінюють саму структуру (вихід ключового контрагента з ринку, припинення діяльності, різка зміна регуляторного режиму), до моделі не входять і мають оцінюватися окремо [44].

Практичне значення прогнозу полягає в оцінці ймовірності досягнення цільового рівня, яка обчислюється як частка реалізацій, у яких показник не менший за поріг:

$$P(CGR_T \geq CGR_{\text{ціль}}) = \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N I [CGR_T^{(r)} \geq CGR_{\text{ціль}}], \quad (3.12)$$

де $P(CGR_T \geq CGR_{ціль})$ — ймовірність досягнення цільового рівня наприкінці горизонту прогнозу; $CGR_{ціль}$ — цільовий рівень показника; $CGR_T^{(n)}$, N , $I[\cdot]$ — позначення, як у формулах (3.10)–(3.11).

Рівень обмеженої спроможності 0,20 «Спецбудпроект» та «Експертиза С» досягають з ймовірністю 100 %, «АРХІМАТИКА» — лише 8,8 %. Рівень спроможності до трансформації 0,45 «Спецбудпроект» досягає з ймовірністю 95,9 %, два інші підприємства — з нульовою. Такі оцінки містять не лише величину очікуваного зростання, а й міру впевненості в ній.

Для «АРХІМАТИКИ» ймовірність виходу з критичного стану протягом трьох років за наявного бюджету не перевищує дев'яти зі ста, тобто мета недосяжна за поточних умов і потребує збільшення вкладень, продовження горизонту або перегляду самої мети. За збільшення відносного обсягу бюджету в 1,3 раза ймовірність досягнення рівня 0,20 становить 50,4 %, у півтора раза — 74,5 %, у 1,8 раза — 93,3 %.

Для «Експертизи С» рівень 0,20 досягається гарантовано, рівень 0,45 — з нульовою ймовірністю, значення 0,30 — у 51,9 % реалізацій, 0,32 — у 24,1 %, 0,35 — лише у 3,6 %. Отже, обґрунтованою метою на трирічному горизонті є діапазон 0,30–0,32, а не рівень 0,45 (табл. 3.8).

Одержані ймовірності роблять прогноз перевірюваним: через три роки скоригована готовність підприємства Б з ймовірністю 0,90 перебуватиме в межах від 0,264 до 0,345, і вихід фактичного значення за ці межі буде підставою для перегляду моделі, а не для пояснення розбіжності зовнішніми обставинами.

Отже, характер потрібного втручання для трьох підприємств різний. «Спецбудпроекту» достатньо збереження поточного порядку дій: рівень спроможності до трансформації досягається з ймовірністю, близькою до одиниці, без додаткових вкладень. «Експертизі С» потрібен перерозподіл наявного ресурсу та реалістична постановка мети. «АРХІМАТИЦІ» потрібне збільшення обсягу вкладень, оскільки за поточного бюджету жодна стратегія

розподілу не забезпечує виходу з критичного стану з прийнятною ймовірністю (табл. 3.8).

Одержані оцінки залежать від прийнятих розподілів вхідних величин, тому підлягають перевірці на стійкість. Перевірка виконується послідовною зміною моди кожного розподілу на $\pm 20\%$ за незмінних решти з подальшим повторенням усього циклу моделювання. Для коефіцієнтів a , b і відносного обсягу бюджету змінена мода залишається в межах розподілу. Для множника бар'єрів середовища мода 1,20 і 0,80 виходить за межі проміжку $[0,90; 1,15]$, тому межу, яку перетинає мода, зміщено до її нового значення — використано трикутні розподіли з параметрами $(0,90; 1,20; 1,20)$ і $(0,80; 0,80; 1,15)$, — а протилежну межу збережено. Показником чутливості є відносна зміна медіани:

$$S_j = \frac{|M_j - M_0|}{M_0} \cdot 100\%, \quad (3.13)$$

де S_j — показник чутливості результату до j -го параметра, %; M_0 — медіана базового розрахунку, M_j — медіана після зміни j -го параметра. Результати наведено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Чутливість медіани прогнозу до вхідних припущень (ТОВ «Експертиза С»)

Параметр	Зміна моди +20 %	Зміна моди -20 %	Найбільше відхилення	Відносна чутливість, %
Бар'єри середовища	-0,0148	+0,0182	0,0182	6,04
Обсяг бюджету p	+0,0089	-0,0092	0,0092	3,05
Коефіцієнт результативності b	+0,0052	-0,0056	0,0056	1,86
Коефіцієнт результативності a	+0,0028	-0,0027	0,0028	0,91

(розроблено автором)

За зміни моди максимальне відхилення медіани становить 6,04 % і виникає за зміни припущення щодо бар'єрів середовища. Жодна зі змін не переводить підприємство на інший рівень шкали і не змінює впорядкування трьох підприємств, що засвідчує придатність прогнозу за помірної неточності найімовірніших значень вхідних величин.

Найвпливовішим виявився параметр поза контролем підприємства — бар'єри середовища, — тоді як коефіцієнти результативності власних вкладень дають утричі менший ефект. Отже, точність прогнозу обмежена передбачуваністю зовнішніх умов, а не оцінюванням внутрішніх параметрів, і прогноз доцільно переглядати насамперед за зміни регуляторних чи ринкових умов (табл. 3.9).

Оскільки зміна лише моди здебільшого зберігає межі розподілів, розрахунок повторено зі зсувом усіх трьох параметрів кожного трикутного розподілу (мінімуму, моди й максимуму) на ± 20 % за незмінних решти величин (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Чутливість медіани прогнозу за зсуву всіх параметрів розподілу (ТОВ «Експертиза С»)

Параметр	Відносна чутливість за зміни моди (табл. 3.9), %	Зсув розподілу +20 %	Зсув розподілу -20 %	Відносна чутливість за зсуву розподілу, %
Бар'єри середовища	6,04	-0,0352	+0,0358	11,89
Обсяг бюджету р	3,05	+0,0233	-0,0232	7,72
Коефіцієнт результативності b	1,86	+0,0150	-0,0155	5,14
Коефіцієнт результативності a	0,91	+0,0080	-0,0069	2,65

(розраховано автором)

За зсуву всього розподілу максимальне відхилення медіани досягає 11,89 %, тобто приблизно вдвічі перевищує відхилення за зміни моди, а впорядкування параметрів за впливовістю зберігається. Для підприємства Б віднесення до рівня шкали не змінюється: медіана становить 0,266 за несприятливого і 0,337 за сприятливого зсуву бар'єрів середовища. Для підприємства А несприятливий зсув множника бар'єрів середовища знижує

медіану до 0,446, тобто нижче порогу 0,45, а для В сприятливий зсув підвищує її до 0,198, що залишається нижче порогу 0,20; впорядкування трьох підприємств зберігається в усіх варіантах. Отже, висновок про нечутливість віднесення до рівнів шкали справедливий для помірної неточності найімовірніших значень, але не для систематичного зсуву припущень щодо зовнішніх умов.

Побудований прогноз має такі обмеження. Розподіли вхідних величин задано експертно; уточнення їх меж за даними завершених проєктів змінить оцінки ймовірностей. Модель припускає незмінність структури зв'язків протягом горизонту прогнозування, тому істотна зміна складу контрагентів або регуляторних умов потребує перегляду самої моделі. Прогноз стосується показника стану, а не фінансового результату, і перехід до вартісних величин потребує окремого обґрунтування.

Один повний цикл моделювання для трьох підприємств (10 000 реалізацій, три такти, перебір керуючого параметра з кроком 0,01) потребує близько дев'яти мільйонів обчислень стану і виконується за час, що не перешкоджає щоквартальному оновленню прогнозу, тобто процедура придатна до регулярного застосування в управлінському контурі.

Отже, сформульовано та розв'язано задачу оптимального розподілу ресурсу трансформації, для якої одержано умову рівності маржинальних приростів за двома напрямками вкладень. Установлено, що за $a = b = 0,50$ оптимальна стратегія визначається станом підприємства: для підприємств із достатнім рівнем готовності весь ресурс доцільно спрямовувати на зниження керованої бар'єрності, для підприємства з низькою готовністю оптимальною є змішана стратегія з часткою 0,56 на підвищення готовності. Цей результат умовний щодо співвідношення коефіцієнтів: за $a = 0,60$, $b = 0,40$ розподіл першого такту змінюється на 1,00, 0,61 і 1,00, за $a = 0,40$, $b = 0,60$ — на 0, 0 і 0,11, а за невизначеності коефіцієнтів у межах табл. 3.7 значення $u^* = 0$ для підприємств А і Б одержано у 82 і 78 % реалізацій (табл. 3.5). Покроково оптимальна стратегія переважає однонапрямні для всіх підприємств, а для

підприємства з найгіршим станом приріст за три роки зростає майже в півтора рази.

Імітаційне моделювання за 10 000 реалізацій із розподілами чотирьох невизначених величин дало дев'яностовідсоткові інтервали прогнозу [0,452; 0,518], [0,264; 0,345] та [0,131; 0,208] для трьох підприємств. Рівень обмеженої спроможності підприємства А і Б досягають гарантовано, підприємство В — з імовірністю 8,8 %; рівень спроможності до трансформації — лише підприємство А з імовірністю 95,9 %. За зміни моди будь-якого вхідного розподілу на ± 20 % відхилення медіани не перевищує 6,04 % і не змінює віднесення підприємств до рівнів шкали (табл. 3.9), тоді як за зсуву всіх параметрів розподілу на ± 20 % воно досягає 11,89 %, а медіана підприємства А за несприятливого зсуву бар'єрів середовища опускається нижче порогу 0,45 (табл. 3.10). Вартісна оцінка одержаних результатів і обґрунтування економічної доцільності вкладень становить зміст подальшого викладу.

3.3. Економічне обґрунтування інвестицій у цифрову трансформацію та апробація результатів

Одержані прогнозні оцінки описують зміну стану підприємства, проте не відповідають на питання, чи виправдані вкладення, які цю зміну спричиняють: приріст скоригованої готовності на 0,117 набуває економічного змісту лише після переведення у вартісні величини та зіставлення з витратами. Витрати на цифрову трансформацію здійснюються переважно на початкових етапах і є незворотними, тоді як ефект накопичується поступово й залежить від обставин, невідомих на момент ухвалення рішення, тому зіставлення витрат і ефекту в межах одного періоду систематично занижує результативність, а недисконтовані показники дають викривлену оцінку [128].

Витрати на цифрову трансформацію девелоперської компанії поділено за характером виникнення на одноразові, пов'язані зі створенням середовища (налаштування та інтеграція систем, обладнання, розроблення регламентів, узгодження форматів обміну з контрагентами), та періодичні, пов'язані з його підтриманням (ліцензії, навчання й оплата праці персоналу впровадження, супровід середовища). Поділ за спрямуванням відповідає керуючому параметру моделі: витрати на ліцензії, налаштування та обладнання формують частку u , спрямовану на підвищення готовності, витрати на навчання, персонал впровадження, регламенти та узгодження з контрагентами — частку $(1 - u)$, спрямовану на зниження керованої бар'єрності, а супровід середовища стосується обох напрямів. Це робить бюджет трансформації безпосередньо зіставним із розрахунковим розподілом ресурсу (табл. 3.4).

Для нормування витрат і ефекту прийнято питому величину — обсяг на квадратний метр річного введення в експлуатацію, що робить зіставною інтенсивність вкладень підприємств різного масштабу. Нормувальний обсяг R_0 , за якого відносний обсяг бюджету дорівнює одиниці, прийнято на рівні 400 грн/м² як величину, що відповідає повному циклу оновлення цифрової інфраструктури; це значення, як і обсяги річного введення S (40, 15 і 6 тис. м²; для підприємств Б і В — обсяг площ супроводжуваних і проєктованих об'єктів), є припущенням розрахунку і підлягає заміні фактичними даними Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. Оскільки і витрати, і ефект пропорційні S , така заміна змінює абсолютні значення чистої приведеної вартості, але не впливає на індекс цифрової окупності інновацій, дисконтований термін окупності та ймовірність від'ємного результату. За відносного обсягу 0,40 річні вкладення становлять 160 грн/м², тобто 6 400 тис. грн для «Спецбудпроект», 2 400 тис. грн для «Експертизи С» та 960 тис. грн для «АРХІМАТИКИ».

Приріст скоригованої готовності переводиться у вартісну форму через питомий економічний ефект — економічний результат у розрахунку на

квадратний метр річного введення, який дає одиничний приріст показника. Ефект складається з трьох компонентів, що відповідають раніше встановленим формам його прояву:

$$E = e_1 + e_2 + e_3, \quad (3.14)$$

де E — питомий економічний ефект, грн/м²; e_1 — зниження питомих адміністративних витрат унаслідок скорочення трудомісткості опрацювання даних; e_2 — зниження частки непередбачених витрат унаслідок зменшення кількості переробок і відхилень від кошторису; e_3 — приріст від прискорення обороту капіталу внаслідок скорочення строків реалізації площ. Значення $e_1 = 620$, $e_2 = 940$, $e_3 = 510$ грн/м² ($E = 2\,070$ грн/м²) є умовними величинами для ілюстрації порядку обчислень, а не одержаними з кошторисів та актів підприємств, що є головним обмеженням вартісної частини дослідження; вони залежать від вихідного рівня витрат і мають визначатися за даними обліку кожного підприємства, а їх заміна змінює вартісні показники пропорційно, зберігаючи впорядкування підприємств. Річний економічний ефект обчислюється як:

$$Ef(t) = \Delta CGR^*(t) \cdot E \cdot S, \quad (3.15)$$

де $Ef(t)$ — економічний ефект року t , грн; E — питомий економічний ефект за формулою (3.14), грн/м²; $\Delta CGR^*(t)$ — накопичений приріст скоригованої готовності до року t , S — річний обсяг введення в експлуатацію. Індекс цифрової окупності інновацій визначається як відношення дисконтованого економічного ефекту до дисконтованих витрат за прийнятий горизонт:

$$ІЦОІ = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{Ef(t)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{R(t)}{(1+r)^t}}, \quad (3.16)$$

де ЦОІ — індекс цифрової окупності інновацій; $R(t)$ — витрати на цифрову трансформацію в році t , грн; t — порядковий номер року; r — ставка дисконтування, T — горизонт оцінювання.

За формою запропонований показник, як і класичний індекс прибутковості [145], є відношенням дисконтованого ефекту до дисконтованих витрат; відмінність полягає в способі одержання чисельника: ефект обчислюється не з прогнозу грошових потоків проєкту, який неможливо перевірити до його завершення, а з приросту показника стану, що вимірюється щокварталу за документованими джерелами даних. Унаслідок цього прогнозне значення індексу може бути збірене з фактичним уже після першого року, що робить показник придатним для контролю, а не лише для обґрунтування: прогнозний приріст $\Delta CGR^{*(1)}$ замінюється фактичним, питомий економічний ефект E уточнюється за даними обліку за трьома його складниками (табл. 3.12), а індекс перераховується за фактичним першим роком і прогнозом на решту горизонту; розбіжність між прогнозним і перерахованим значеннями є мірою точності обґрунтування вкладень.

Порогове значення індексу дорівнює одиниці: вкладення є окупними, якщо дисконтований ефект не менший за дисконтовані витрати. Шкала інтерпретації наведена в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

Шкала інтерпретації індексу цифрової окупності інновацій

Проміжок значень	Оцінка вкладень	Управлінське тлумачення
$ЦОІ < 1,0$	Неокупні	Вкладення не повертаються за прийнятого горизонту; потрібен перегляд обсягу або структури витрат
$1,0 \leq ЦОІ < 1,3$	Гранично окупні	Окупність досягається, проте запас стійкості до несприятливих відхилень відсутній
$1,3 \leq ЦОІ < 2,0$	Окупні	Вкладення виправдані за помірного відхилення вхідних величин
$ЦОІ \geq 2,0$	Високоокупні	Доцільним є розгляд збільшення обсягу вкладень

(розроблено автором)

Порогове значення одиниці впливає з означення показника. Межі 1,3 та 2,0 обрано за критерієм запасу стійкості до зниження питомого економічного ефекту як найменш визначеної величини розрахунку, від якої індекс залежить лінійно: за значення індексу 1,3 окупність зберігається, доки фактичний питомий ефект не виявиться нижчим за прийнятий більш ніж на 23 %, за значення 2,0 — більш ніж на 50 %. Оскільки нижня межа прийнятого діапазону питомого ефекту (від 1 100 до 2 700 грн/м² за моди 2 070 грн/м²) відповідає відхиленню на 47 %, рівень «високоокупні» означає збереження окупності навіть за найгіршого з розглянутих значень питомого ефекту.

Складники питомого ефекту мають різні джерела вихідних даних і різний часовий профіль прояву, тому підлягають роздільному обчисленню (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Складники питомого економічного ефекту цифрової трансформації

Складник	Механізм виникнення	Показник вимірювання	Джерело даних	Значення, грн/м ²
e ₁ — зниження адміністративних витрат	Скорочення трудомісткості опрацювання та звіряння даних	Питомі адміністративні витрати	Кошторис адміністративних витрат	620
e ₂ — зниження непередбачених витрат	Зменшення кількості переробок і відхилень від кошторису	Частка непередбачених витрат; відхилення «план — факт»	Зведений кошторисний розрахунок, акти виконаних робіт	940
e ₃ — прискорення обороту капіталу	Скорочення строку реалізації площ за рахунок цінової та попитової аналітики	Темп реалізації площ; середній строк експозиції	Договори купівлі-продажу, дані обліку	510
Разом E	—	—	—	2 070

(розроблено автором)

Найбільшу частку — 45,4 % — становить зниження непередбачених витрат, що узгоджується з установленою структурою бар'єрності: фрагментарність процесів має найбільшу вагу серед керованих бар'єрів, а її наслідком є саме повторні узгодження, переробки та відхилення від кошторису. Частка зниження адміністративних витрат становить 30,0 %, прискорення обороту капіталу — 24,6 %; останній складник має найбільший часовий лаг, оскільки проявляється лише на стадії реалізації площ.

Чиста приведена вартість програми цифрової трансформації обчислюється за загальноприйнятою формулою [145]:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{Ef(t) - R(t)}{(1+r)^t}, \quad (3.17)$$

де NPV — чиста приведена вартість вкладень у цифрову трансформацію, грн; $Ef(t)$, $R(t)$, r , T — позначення, як у формулах (3.15)–(3.16).

Ставку дисконтування прийнято на рівні 0,18 як орієнтир, що відповідає порядку вартості залучення позикових коштів для будівельної галузі за поточних умов; її уточнення потребує даних про структуру та вартість джерел фінансування кожного підприємства. Ця ставка є номінальною, тоді як ефект і витрати задано в незмінних цінах, тому розрахунок перевірено також за реальною ставкою (табл. 3.14). Горизонт оцінювання становить сім років — три роки вкладень і чотири роки віддачі за незмінного рівня досягнутої готовності — і прийнятий як припущення щодо тривалості життєвого циклу девелоперського проєкту. На відміну від типового оцінювання ефективності інвестицій, ефект тут виникає з приросту показника стану, який залежить від розподілу бюджету між напрямками, тому за одного й того самого обсягу вкладень економічний результат різниться залежно від розподілу коштів. Для підприємства Б відхилення від оптимального розподілу на користь технологічного напрямку зменшує приріст

показника за три роки з 0,117 до 0,073, тобто на 37,6 %, і пропорційно зменшує економічний ефект без зміни обсягу витрат (табл. 3.6). Дисконтований термін окупності визначається [145] як найменше значення періоду, за якого накопичений дисконтований потік стає невід'ємним:

$$DPP = \min \left\{ T: \sum_{t=1}^T \frac{Ef(t) - R(t)}{(1+r)^t} \geq 0 \right\}, \quad (3.18)$$

де DPP — дисконтований строк окупності, років, тобто найменший горизонт T, за якого накопичений дисконтований грошовий потік стає невід'ємним; решта позначень — як у формулі (3.17).

Порядок дисконтування відповідає загальновизнаному порядку оцінювання інвестицій [145] і узгоджується з розрахунковими процедурами визначення глобальних витрат за ДСТУ EN 15459-1:2017 [114] у частині зіставлення додаткових капітальних витрат із подальшою економією за життєвий цикл, що є обґрунтованим з огляду на однакову економічну природу обох випадків: одноразові витрати на початку та розподілена в часі економія. Грошові потоки та накопичений дисконтований потік для трьох підприємств наведено в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13

Грошові потоки програми цифрової трансформації, тис. грн

Підприємство	Показник	Рік 1	Рік 2	Рік 3	Рік 4	Рік 5	Рік 6	Рік 7
А — «Спецбудпроект»	Витрати	6 400	6 400	6 400	960	960	960	960
	Ефект	2 981	5 382	7 700	7 700	7 700	7 700	7 700
	Накопичений дисконтований потік	-2 898	-3 629	-2 837	639	3 586	6 082	8 198
Б — «Експертиза С»	Витрати	2 400	2 400	2 400	360	360	360	360
	Ефект	1 335	2 515	3 633	3 633	3 633	3 633	3 633
	Накопичений дисконтований потік	-902	-820	-69	1 619	3 049	4 262	5 289
В — «АРХІМАТИКА»	Витрати	960	960	960	144	144	144	144
	Ефект	410	845	1 292	1 292	1 292	1 292	1 292
	Накопичений дисконтований потік	-466	-549	-347	245	746	1 172	1 532

(розроблено автором)

Дисконтований термін окупності становить 3,82 року для «Спецбудпроекту», 3,04 року для «Експертизи С» і 3,59 року для «АРХІМАТИКИ». Найкоротший термін «Експертизи С» пояснюється тим, що за однакового відносного обсягу бюджету вона одержує найбільший приріст скоригованої готовності — 0,117 проти 0,093 і 0,104, — оскільки перебуває у стані заблокованого потенціалу, де зняття бар'єрів вивільняє вже накопичену готовність (табл. 3.4, 3.6).

Індекс цифрової окупності інновацій становить 1,529 для «Спецбудпроекту», 1,911 для «Експертизи С» та 1,659 для «АРХІМАТИКИ», тобто вкладення є окупними за прийнятого горизонту, проте «Спецбудпроект» має найменший запас над порогом. Найвища віддача на одиницю вкладень припадає на підприємство із заблокованим потенціалом, а не на найпотужніше, тому черговість вкладень серед учасників сегмента доцільно визначати за індексом окупності, а не за масштабом діяльності (табл. 3.13).

У базовому розрахунку всі три підприємства досягають окупності протягом четвертого року, тобто після завершення періоду вкладень, протягом якого накопичений дисконтований потік залишається від'ємним. Тому оцінювання результативності програми за річними показниками в період вкладень призводить до хибного висновку про неефективність і може бути однією з причин передчасного припинення таких програм.

Базовий розрахунок містить два припущення, що підлягають перевірці. Перше стосується ставки дисконтування: для потоків у незмінних цінах узгодженим є дисконтування за реальною ставкою $(1 + 0,18) / (1 + \pi) - 1$, де π — очікуваний рівень інфляції [145]. За середнього рівня споживчої інфляції 7,3 %, що є середнім значенням прогнозу Національного банку України на 2026–2028 роки (10 %, 6,9 % і 5 % на кінець відповідного року) [161], реальна ставка становить 0,0997, або близько 0,10. Друге припущення стосується моменту виникнення ефекту: частина складників, насамперед прискорення

обороту капіталу, проявляється із запізненням, тому розрахунок повторено з лагом ефекту в один рік (ефект кожного року дорівнює ефекту попереднього року базового розрахунку за незмінних витрат і семирічного горизонту). Результати перевірки наведено в таблиці 3.14.

Перехід до реальної ставки підвищує чисту приведену вартість у 1,5–1,6 раза, а індекс цифрової окупності інновацій — до 1,719, 2,151 і 1,875, тобто базовий розрахунок із номінальною ставкою дає консервативну оцінку. Лаг ефекту в один рік за ставки 0,18 знижує чисту приведену вартість до 2 537, 2 630 і 600 тис. грн, індекс — до 1,164, 1,453 і 1,258, а дисконтований термін окупності подовжує до 5,83, 4,73 і 5,44 року; за шкалою табл. 3.11 вкладення підприємства А при цьому стають гранично окупними. За одночасного врахування лагу та реальної ставки індекс становить 1,366, 1,707 і 1,484.

Таблиця 3.14

Перевірка вартісних показників за реальною ставкою дисконтування та лагом ефекту

Підприємство	Варіант розрахунку	Чиста приведена вартість, тис. грн	Індекс цифрової окупності інновацій	Дисконтований термін окупності, років
А — «Спецбудпроект»	Базовий: $r = 0,18$, без лагу	8 198	1,529	3,82
	Реальна ставка $r \approx 0,10$, без лагу	13 102	1,719	3,65
	$r = 0,18$, лаг ефекту 1 рік	2 537	1,164	5,83
	Реальна ставка $r \approx 0,10$, лаг ефекту 1 рік	6 662	1,366	5,16
Б — «Експертиза С»	Базовий: $r = 0,18$, без лагу	5 289	1,911	3,04
	Реальна ставка $r \approx 0,10$, без лагу	7 859	2,151	2,94
	$r = 0,18$, лаг ефекту 1 рік	2 630	1,453	4,73
	Реальна ставка $r \approx 0,10$, лаг ефекту 1 рік	4 829	1,707	4,36
В —	Базовий: $r = 0,18$,	1 532	1,659	3,59

Підприємство	Варіант розрахунку	Чиста приведена вартість, тис. грн	Індекс цифрової окупності інновацій	Дисконтований термін окупності, років
«АРХІМАТИКА»	без лагу			
	Реальна ставка $r \approx 0,10$, без лагу	2 391	1,875	3,44
	$r = 0,18$, лаг ефекту 1 рік	600	1,258	5,44
	Реальна ставка $r \approx 0,10$, лаг ефекту 1 рік	1 322	1,484	4,88

(розраховано автором)

Отже, висновок про окупність вкладень за прийнятого горизонту та впорядкування підприємств за індексом стійкі до обох перевірок, тоді як дисконтований термін окупності найбільш чутливий до припущення про лаг ефекту: висновок про досягнення окупності протягом четвертого року справедливий лише за відсутності лагу (за реальної ставки підприємство Б окупує вкладення вже протягом третього року).

Наведені оцінки виходять із незмінного плану вкладень, тоді як практично рішення ухвалюється поетапно: після першого року стають відомими фактичні значення показників, і обсяг подальших вкладень може бути змінений. Така можливість має самостійну вартість, яка не враховується показниками чистої приведеної вартості та окупності, обчисленими за фіксованим планом [128; 129].

Вартість можливості змінити рішення визначається як різниця між очікуваними значеннями чистої приведеної вартості з урахуванням і без урахування права перегляду [129]:

$$ROV = E[NPV_{\text{опц}}] - E[NPV_{\text{план}}], \quad (3.19)$$

де ROV — вартість реального опціону (можливості переглянути обсяг вкладень після першого року); $E[\cdot]$ — математичне сподівання; $NPV_{\text{опц}}$ —

чиста приведена вартість за стратегії з правом перегляду обсягу вкладень;
 $NPV_{\text{план}}$ — чиста приведена вартість за фіксованим планом вкладень.

Правило реалізації права на розширення формулюється через спостережений приріст показника за перший рік:

$$R(t) = 1,5R(1), \text{ якщо } \Delta CGR^*(1) \geq \delta^*; \text{ інакше } R(1), \quad (3.20)$$

де $R(1)$ — обсяг вкладень першого року; $R(t)$ — обсяг вкладень у наступні роки горизонту; $\Delta CGR^{*(1)}$ — приріст скоригованої готовності за перший рік; δ^* — критичне значення приросту, за якого збільшення бюджету є виправданим; для підприємств А і Б воно становить 0,030, для В — 0,025. Оцінювання виконано за тими самими розподілами вхідних величин, що й прогнозування, з додатковим урахуванням невизначеності питомого економічного ефекту, заданої трикутним розподілом з межами 1 100, 2 070 та 2 700 грн/м².

У кожній з 10 000 реалізацій генеруються значення коефіцієнтів a і b , відносного обсягу бюджету p , множника бар'єрів середовища (табл. 3.7) та питомого ефекту E , для яких за рівняннями (3.1)–(3.4) з щорічним вибором керуючого параметра обчислюється траєкторія скоригованої готовності на три роки; приріст $\Delta CGR^*(t)$ відраховується від вихідного значення (0,392, 0,187 і 0,064). Витрати років 1–3 дорівнюють $p \cdot R_0 \cdot S$, витрати на підтримання в роках 4–7 — 15 % витрат третього року; ефект обчислюється за (3.15), для років 4–7 — на рівні третього року, а чиста приведена вартість — за (3.17) за ставки 0,18. За фіксованим планом p не змінюється, а за правилом (3.20) у разі $\Delta CGR^*(1) \geq \delta^*$ відносний обсяг бюджету другого й третього років збільшується в 1,5 раза, що змінює і траєкторію показника, і витрати, зокрема базу витрат на підтримання.

Критичні значення δ^* не виведено з окремого оптимізаційного розрахунку, а прийнято як порогові величини на рівні 70–83 % модального приросту першого року за табл. 3.6 (0,036 для підприємства А, 0,043 для Б і

0,033 для В): розширення передбачається, якщо фактичний результат першого року не виявився істотно гіршим за очікуваний. За зміни δ^* змінюється частка реалізацій із розширенням і, відповідно, очікувана чиста приведена вартість за правилом.

Очікувана чиста приведена вартість за фіксованим планом становить 6 589, 4 513 і 1 267 тис. грн, а з правом розширення — 7 345, 5 404 і 1 633 тис. грн для «Спецбудпроекту», «Експертизи С» та «АРХІМАТИКИ» відповідно; розширення відбувається в 62, 81 і 76 % реалізацій. Отже, вартість можливості поетапного розширення становить 757, 890 і 367 тис. грн, або 11,5, 19,7 і 28,9 % очікуваної чистої приведеної вартості. Відмінності між підприємствами визначаються не масштабом, оскільки і витрати, і ефект пропорційні обсягу введення в експлуатацію, а траєкторією приросту показника, від якої залежить частка реалізацій із розширенням; проте, як показує порівняння з безумовним розширенням, цей приріст зумовлений насамперед чистою приведеною вартістю додаткових вкладень, а не гнучкістю рішення (табл. 3.15).

Імовірність від'ємного значення чистої приведеної вартості за 10 000 реалізацій становить 11,6 % для «Спецбудпроекту», 2,0 % для «Експертизи С» і 5,8 % для «АРХІМАТИКИ». Найвищий ризик має найпотужніше підприємство через найменший приріст показника за однакового відносного обсягу вкладень (0,093 проти 0,117 і 0,104), оскільки абсолютний обсяг вкладень на цю ймовірність не впливає; тому для «Спецбудпроекту» доцільним є не збільшення обсягу програми, а точніше визначення питомого ефекту до початку вкладень (табл. 3.16).

Право припинити програму після першого року має вартість, близьку до нуля, — 0,12 % очікуваної чистої приведеної вартості за фіксованим планом для «Спецбудпроекту» і менше 0,02 % для двох інших підприємств, навіть за умови, що рішення ухвалюється за повної інформації про значення вхідних величин у реалізації (у разі припинення витрати й ефект років 2–7 дорівнюють нулю). Причина полягає в тому, що витрати першого року вже

понесені й є незворотними, а подальші вкладення разом із витратами на підтримання менші за ефект майже в усіх реалізаціях: від’ємний сукупний внесок років 2–7 виникає лише в 0,9 % реалізацій для «Спецбудпроект», 0,1 % для «Експертизи С» і 0,2 % для «АРХІМАТИКИ». Отже, у межах моделі приріст очікуваної чистої приведеної вартості дає саме збільшення обсягу вкладень.

Різниця (3.19) порівнює правило розширення лише з фіксованим планом і за додатної очікуваної чистої приведеної вартості додаткових вкладень та постійної віддачі від масштабу бюджету містить насамперед вартість самих додаткових вкладень. Власну вартість гнучкості визначено порівнянням із найкращою з жорстких альтернатив — фіксованим планом або безумовним розширенням з першого року вкладень: $BГ = E[NPV_{опц}] - \max\{E[NPV_{план}]; E[NPV_{розш}]\}$ [128; 129]. Результати наведено в таблиці 3.15.

Безумовне розширення дає вищу очікувану чисту приведену вартість, ніж правило (3.20), для всіх трьох підприємств — 7 622, 5 534 і 1 695 тис. грн проти 7 345, 5 404 і 1 633 тис. грн, тому вартість гнучкості правила в межах моделі від’ємна і становить –277, –131 та –61 тис. грн.

Таблиця 3.15

**Порівняння правила поетапного розширення з жорсткими
альтернативами**

Підприємство	Очікувана NPV за фіксованим планом, тис. грн	Очікувана NPV за правилом (3.20), тис. грн	Очікувана NPV за безумовного розширення, тис. грн	Частка реалізацій із розширенням за правилом (3.20), %	Вартість гнучкості ВГ, тис. грн
А — «Спецбудпроект»	6 589	7 345	7 622	62	–277
Б — «Експертиза С»	4 513	5 404	5 534	81	–131
В — «АРХІМАТИКА»	1 267	1 633	1 695	76	–61

(розраховано автором; 10 000 реалізацій, $r = 0,18$)

Перебір порогових значень δ^* від 0 до 0,040 показує, що очікувана чиста приведена вартість за правилом зменшується зі зростанням порогу і є найбільшою за $\delta^* = 0$, тобто за фактично безумовного розширення. Отже, значення 11,5–28,9 % є приростом очікуваної чистої приведеної вартості від правила розширення відносно фіксованого плану, а не цінністю гнучкості як такої. Додатна вартість поетапності може виникнути лише за умов, яких модель не містить, — спадної віддачі від збільшення бюджету, обмеженого доступу до фінансування або зв'язку між результатом першого року та питомим ефектом наступних років, — і її оцінювання потребує відповідного розширення моделі.

Вихідні дані та зведені результати розрахунку, виконаного для трьох підприємств за єдиною процедурою, наведено в таблиці 3.16; вони підтверджують придатність інструментарію до підприємств різного стану й масштабу, причому розподіл ресурсу спирається на виміряні показники стану, а вартісна оцінка — на прогнозований приріст цих показників.

Таблиця 3.16

Вихідні дані та зведені результати розрахунку

Показник	Одиниця	А — «Спецбудпро ект»	Б — «Експертиза С»	В — «АРХІМАТИ КА»
Річний обсяг введення в експлуатацію (прийнятий нормувальний)	тис. м ²	40,0	15,0	6,0
Індекс цифрової готовності CGR	частка	0,745	0,554	0,298
Індекс трансформаційних бар'єрів I*bar	частка	0,474	0,662	0,785
Скоригована готовність CGR* на початок	частка	0,392	0,187	0,064
Оптимальна частка бюджету на готовність α^*	частка	0,000	0,000	0,56
Річні вкладення	тис. грн	6 400	2 400	960
Приріст CGR* за три роки	частка	0,093	0,117	0,104
Скоригована готовність через три роки	частка	0,485	0,304	0,168
Річний ефект третього року	тис. грн	7 700	3 633	1 292
Чиста приведена вартість	тис. грн	8 198	5 289	1 532
Індекс цифрової окупності інновацій	частка	1,529	1,911	1,659
Дисконтований термін окупності	роки	3,82	3,04	3,59

Показник	Одиниця	А — «Спецбудпро ект»	Б — «Експертиза С»	В — «АРХІМАТИ КА»
Імовірність від'ємного результату	%	11,6	2,0	5,8
Вартість можливості поетапного розширення	тис. грн	757	890	367

(розроблено автором)

Розрахунки засвідчили, що «АРХІМАТИКА» як підприємство з найнижчим станом є окупним, проте не досягає порогового рівня скоригованої готовності протягом трирічного горизонту. Це не суперечність, а наслідок різної природи двох показників: індекс окупності вимірює віддачу на вкладення, а скоригована готовність — досягнутий стан; тому для цього підприємства економічно виправданим є продовження програми за межі трирічного горизонту, а не її розширення в межах цього періоду.

Сукупна чиста приведена вартість за трьома підприємствами становить 15 019 тис. грн за модальних значень вхідних величин, а очікувана за результатами імітаційного моделювання — 12 368 тис. грн за фіксованим планом і 14 382 тис. грн з правом поетапного розширення (табл. 3.15); це потенційний ефект за прийнятих припущень, а не результат фактичного впровадження. У розрахунку на квадратний метр річного введення ефект становить 205, 353 і 255 грн для підприємств А, Б і В, тобто найвищу питому віддачу має підприємство із заблокованим потенціалом.

Упровадження результатів дослідження підтверджено довідками підприємств, наведеними в додатку А «Довідки про впровадження результатів дослідження». Довідки мають конкретно називати впроваджені результати: методику оцінювання цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів з одержаними числовими значеннями, модель розподілу ресурсу трансформації з обґрунтованим розподілом бюджету, значення індексу цифрової окупності інновацій, величину економічного ефекту та період, за який його одержано.

Перше обмеження одержаних оцінок стосується питомого економічного ефекту як найменш визначеної величини розрахунку: віднесення зміни показника саме до цифрової трансформації, а не до інших чинників, потребує зіставлення з підприємствами, які таких змін не здійснювали, тому за його відсутності одержані значення слід тлумачити як верхню межу ефекту. За нижньої межі прийнятого діапазону питомого ефекту (1 100 грн/м²) окупність гранично зберігається лише для підприємства Б (індекс цифрової окупності інновацій 1,02), тоді як для підприємств А і В вкладення стають неокупними (0,81 і 0,88).

Друге обмеження стосується горизонту: розрахунок припускає збереження досягнутого рівня готовності протягом чотирьох років після завершення вкладень за рахунок витрат на підтримання в обсязі 15 % річних вкладень. Оскільки в рівняннях (3.1)–(3.2) член вибуття не передбачено, це припущення є зовнішнім щодо моделі стану і підлягає перевірці; за нульових витрат на підтримання ефект четвертого і подальших років обнуляється, а індекс окупності знижується нижче порогового значення для всіх трьох підприємств.

Третє обмеження полягає в тому, що розрахунок виконано для кожного підприємства окремо без урахування встановленого в підрозділі 2.3 міжорганізаційного ефекту, яке потребувало б розподілу спільного приросту між учасниками за їхньою домовленістю; оскільки обстежені підприємства не пов'язані договірними відносинами в межах одного об'єкта, цей ефект оцінюється за середнім рівнем цифрової зрілості підприємств сегмента, а наведені значення є нижньою межею сукупного ефекту.

Практична цінність одержаних результатів полягає в можливості обґрунтувати числом, а не посиланням на галузеву практику, обсяг вкладень (для кожного підприємства за прийнятої величини річного бюджету обчислено строк окупності), розподіл бюджету між організаційними та технологічними заходами (відхилення від обґрунтованого розподілу без зміни витрат зменшує приріст скоригованої готовності за три роки на 5–38 %

залежно від стану підприємства і напряду відхилення) та ризик рішення (імовірністю від'ємного результату, а не якісною характеристикою).

Обчислення виконано засобами обґрунтованого раніше програмного середовища й оформлено окремим програмним модулем, який за приростом скоригованої готовності, питомим ефектом, обсягом введення в експлуатацію та обсягом вкладень обчислює дисконтовані ефект і витрати, чисту приведену вартість, індекс цифрової окупності інновацій і дисконтований термін окупності. Текст модуля та вихідні дані наведено в додатку Г; зафіксоване початкове значення генератора псевдовипадкових чисел забезпечує відтворюваність результатів, окреме виведення проміжних величин — їх простежуваність, а повний цикл обчислень триває менше секунди без спеціалізованих потужностей чи пропрієтарних продуктів.

Отже, побудовано вартісне обґрунтування вкладень у цифрову трансформацію девелоперської компанії. Запропоновано індекс цифрової окупності інновацій, який відрізняється від класичного індексу прибутковості [145] обчисленням чисельника з приросту вимірюваного показника стану, що дає змогу звірити прогноз із фактом уже після першого року, та шкалу його інтерпретації (табл. 3.11). Індекс становить 1,529, 1,911 і 1,659 за дисконтованого терміну окупності 3,82, 3,04 та 3,59 року; найвища віддача припадає на підприємство із заблокованим потенціалом. Вартість можливості поетапного розширення (11,5–28,9 % очікуваної чистої приведеної вартості) зумовлена переважно додатковими вкладеннями (табл. 3.15), а ймовірність від'ємного результату становить 2,0–11,6 %.

Висновки до 3-го розділу

Огляд розробок цифрових середовищ управління в будівництві та девелопменті виявив дві прогалини: відокремленість вимірювання стану від керуючого впливу та неохопленість проміжної ланки — сукупності пов'язаних між собою учасників.

Цифрово-аналітичне середовище управління економічними технологіями побудовано у складі чотирьох рівнів (даних, інтеграції, аналітики, управління) і п'яти контурів; його стан описується системою рівнянь із керуючим параметром — часткою бюджету трансформації на підвищення номінальної готовності — і зворотним зв'язком для уточнення коефіцієнтів результативності.

Апробація на трьох підприємствах київського ринку житлової нерухомості засвідчила, що конфігурація цифрово-аналітичного контуру (централізована в девелоперської компанії, розімкнена в інжинірингово-експертної та проєктної організацій) визначається не масштабом, а позицією підприємства в ланцюгу учасників, що зумовлює трудомісткість і черговість заходів.

Розв'язано задачу оптимального розподілу ресурсу трансформації (умова оптимуму — рівність маржинальних приростів за двома напрямками). За $a = b = 0,50$ стратегія визначається станом підприємства: за достатньої готовності весь ресурс доцільно спрямовувати на зниження керованої бар'єрності (співвідношення маржинальних приростів 1,34 і 1,44), за низької — частку 0,56 бюджету на підвищення готовності (0,94), оскільки усунення перешкод дає результат лише тоді, коли є що вивільняти. Результат умовний щодо коефіцієнтів результативності (за $a = 0,60$, $b = 0,40$ — 1,00, 0,61 і 1,00; в імітаційному моделюванні — оптимальність у 82 і 78 % реалізацій) і підлягає уточненню після їх калібрування.

Імітаційне моделювання за 10 000 реалізацій дало дев'яностовідсоткові інтервали прогнозу скоригованої готовності, які для трьох підприємств не перетинаються; рівень обмеженої спроможності два підприємства досягають гарантовано, третє — з імовірністю 8,8 %, рівень спроможності до трансформації — одне підприємство з імовірністю 95,9 %.

Відхилення медіани за зміни моди будь-якого вхідного розподілу на ± 20 % не перевищує 6,04 %, за зсуву всіх параметрів — 11,89 % (медіана підприємства А тоді опускається нижче порогу 0,45); найвпливовішим

параметром є бар'єри середовища, що перебувають поза контролем підприємства.

Запропоновано індекс цифрової окупності інновацій, чисельник якого обчислюється з приросту вимірюваного показника стану, що дає змогу звірити прогноз із фактом уже після першого року; межі шкали інтерпретації обґрунтовано запасом стійкості до зниження питомого економічного ефекту (23 % для 1,3 і 50 % для 2,0), найбільшу частку якого (45,4 %) становить зниження непередбачених витрат. Індекс становить 1,529, 1,911 та 1,659 за дисконтованого терміну окупності 3,82, 3,04 і 3,59 року; найвища віддача припадає на підприємство із заблокованим потенціалом. Окупність досягається після завершення періоду вкладень (протягом четвертого року, за лагу ефекту — п'ятого–шостого), а висновок про окупність і впорядкування підприємств стійкий до реальної ставки дисконтування та лагу ефекту.

Вартість можливості поетапного розширення (11,5–28,9 % очікуваної чистої приведеної вартості) зумовлена переважно додатковими вкладеннями, вартість гнучкості правила в межах моделі не є додатною, а право припинити програму має вартість, близьку до нуля; імовірність від'ємного результату становить 2,0–11,6 %.

Розрахунки оформлено програмним модулем (додаток Г), що забезпечує їх відтворюваність. Вартісні результати мають статус розрахункового обґрунтування: питомий ефект, нормувальний обсяг вкладень, обсяги введення в експлуатацію, ставка дисконтування та коефіцієнти результативності є прийнятими величинами, заміна яких на фактичні змінює результати пропорційно, зберігаючи впорядкування підприємств. Сукупна чиста приведена вартість за трьома підприємствами становить 15 019 тис. грн, а очікувана з правом поетапного розширення — 14 382 тис. грн.

Результати досліджень, наведених у розділі 3, висвітлено в публікаціях [44; 58; 90; 107].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення науково-прикладної задачі обґрунтування економіко-аналітичних засад цифрової трансформації девелоперських компаній і розроблення інструментарію, що поєднує вимірювання стану підприємства, обґрунтування керуючого впливу та вартісну оцінку результату. Одержані результати дають підстави для таких висновків.

Економічні технології розвитку девелоперської компанії є самостійною економічною категорією, яку від управлінських технологій відмежовує вартісна цілеспрямованість; видовою ознакою в авторському визначенні є вимірюваний вплив на вартість, витрати та ризик девелоперського проєкту. Жоден із семи систематизованих наукових підходів до цифрової трансформації не охоплює всіх економічних категорій і галузевої специфіки девелопменту, тому доцільним є їх поєднання. Обґрунтовано п'ять каналів впливу сталого розвитку на чисту приведену вартість проєкту та систему з десяти показників його вимірювання.

Обґрунтовано інструментарій оцінювання: метод Дельфі для відбору критеріїв і аналіз ієрархій за дворівневою схемою, що зменшує кількість попарних порівнянь з 45 до 14, із трирівневою перевіркою достовірності вагових коефіцієнтів. За побудованими інтегральними індексами готовність визначається переважно нетехнічними чинниками: організаційна та кадрова складові разом мають вагу 0,666 проти 0,225 технологічної, критичними є система показників результативності та цифрова культура. Класифікація бар'єрів за джерелом виникнення та ступенем керованості відокремила керовану частину бар'єрності від некерованої. Зміна будь-якого вагового коефіцієнта на $\pm 20\%$ змінює індекс готовності не більше ніж на 1,55 %, проте для підприємства зі значенням поблизу межі рівнів (0,298) віднесення до рівня шкали є прикордонним.

Обґрунтовано мультиплікативну форму зв'язку цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів і побудовано модель їх взаємозв'язку зі

складовими стійкості у формі нечіткої когнітивної карти з десяти концептів і вісімнадцяти зважених зв'язків. Мультиплікативна форма породжує нададитивність сукупного ефекту (коефіцієнт 1,150 на рівні скоригованої готовності та 1,062 на рівні інтегральної стійкості), тому вкладення в цифровізацію та організаційні зміни доцільно планувати пакетно. Найвищою складовою стійкості є операційна (0,808, 0,742 і 0,695 для підприємств А, Б і В), у якій насамперед проявляється ефект організаційних заходів, найнижчою — інвестиційна (0,616, 0,597 і 0,580). За концептом цифрової узгодженості з контрагентами підприємство з найвищою власною готовністю втрачає 3,4 % результату через цифрову незрілість партнерів.

Сформовано цифрово-аналітичне середовище управління економічними технологіями з чотирьох рівнів (даних, інтеграції, аналітики, управління) і п'яти контурів, яке усуває розрив між вимірюванням стану та керуючим впливом і охоплює ланцюг учасників. Його стан описано системою рівнянь із керуючим параметром розподілу бюджету трансформації та зворотним зв'язком за фактичними даними; обґрунтовано виділення наскрізної аналітичної функції в організаційній структурі.

Умовою оптимального розподілу ресурсу трансформації є рівність маржинальних приростів за двома напрямками: за прийнятих коефіцієнтів результативності ($a = b = 0,50$) і достатньої готовності ресурс доцільно спрямовувати на зниження керованої бар'єрності, а за низької — оптимальною є змішана стратегія з часткою 0,56 бюджету на підвищення готовності; рекомендації чутливі до співвідношення коефіцієнтів. Імітаційне моделювання за 10 000 реалізацій дало дев'яностовідсоткові інтервали прогнозу, що для підприємств не перетинаються, та ймовірності досягнення порогових рівнів (8,8 і 95,9 %); найвпливовішим параметром є бар'єри середовища. Індекс цифрової окупності інновацій становить 1,529, 1,911 і 1,659 за дисконтованого терміну окупності 3,82, 3,04 і 3,59 року, причому найвища віддача припадає на підприємство із заблокованим потенціалом. Правило поетапного розширення збільшує очікувану чисту приведену

вартість відносно фіксованого плану на 11,5–28,9 %, переважно за рахунок додаткових вкладень.

Обмеження дослідження. Числові результати розділів 2–3 одержано на модельному прикладі трьох підприємств, тому межі їх застосування визначаються прийнятими вихідними значеннями, залежністю вагових коефіцієнтів від складу експертної групи та невизначеністю питомого економічного ефекту; первинні матеріали експертного опитування не збереглися, тому другий і третій рівні перевірки вагових коефіцієнтів числово не виконано; абсолютні рівні стійкості залежать від параметра λ і структури зв'язків когнітивної карти, а обсяги річного введення прийнято як нормувальні величини. Подальші дослідження доцільно спрямувати на зіставлення прогнозних значень із фактичними, визначення часових лагів між керуючим впливом і економічним ефектом, розширення вибірки для моделювання структурними рівняннями та поширення міжорганізаційного контуру на більшу кількість учасників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Yurchyshyn O. Ya., Stepanets O. V., Skorobogatova N. Ye. Analysis of Digital Technologies in Ukraine: Problems and Prospects. CEUR Workshop Proceedings. 2024. Vol. 3781. P. 114–131. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3781/paper15.pdf>
2. Гаврилюк О. О., Кужелєв М. О. Розвиток цифрової економіки: тенденції та перспективи. Сучасні тренди соціально-економічних перетворень та інтелектуалізації суспільства в умовах сталого розвитку : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Запоріжжя, 10 листопада 2023 р. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. С. 99–101. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a6dc6833-0c62-45be-9738-b350c83e111b/content>
3. Дергачова Г. М., Колешня Я. О. Цифрова трансформація бізнесу: сутність, ознаки, вимоги та технології. Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». 2020. № 17. С. 280–290. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.17.2020.216367>. URL: <https://ev.fmm.kpi.ua/article/view/216367>
4. Дергачова В. В., Колешня Я. О., Голюк В. Я. Цифрова термінологія у стратегіях: сутність, місце та роль діджитал-менеджменту. Економічний вісник НТУУ «КПІ». 2022. № 22. С. 114–117. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.22.2022.260165>. URL: <https://ev.fmm.kpi.ua/article/view/260165>
5. Рибальченко Д. Економічна сутність та стратегічна роль цифрової трансформації підприємств в умовах формування цифрової економіки. Економіка та суспільство. 2026. № 83. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-83-57>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/7462>
6. Оксенчук Р. Дослідження ключових концепцій економічних технологій та їх застосування в девелоперському бізнесі. Шляхи підвищення ефективності будівництва. 2025. Т. 2, № 56. С. 275–286. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.25.2025.275-286>

[https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(2\).275-286](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).275-286).

URL:

<https://ways.knuba.edu.ua/article/view/348086>

7. Економічні перетворення в Україні: досвід, проблеми, перспективи : колективна монографія / за ред. О. Й. Леська, Н. В. Буреннікової, В. О. Козловського. Вінниця : ВНТУ, 2020. 127 с. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/44066>

8. Інноваційна Україна 2020 : національна доповідь / за заг. ред. В. М. Гейця та ін. ; НАН України. Київ : НАН України, 2015. 336 с. ISBN 978-966-02-7615-4. URL: https://ipr.nas.gov.ua/wp-content/uploads/2016/10/1.24_4_%D0%86%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0-%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0-2020_%D0%9D%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C_2015.pdf

9. Левицький В., Радинський С., Матійчук Л., Радинська С. Історичні нариси та сучасний контекст цифровізації економічних процесів в Україні та світі. Соціально-економічні проблеми і держава. 2025. Вип. 1 (32). С. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.33108/sepd2025.01.020>. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/49110>

10. Barrie D. S., Paulson B. C. Professional Construction Management: Including CM, Design-Construct, and General Contracting. 3rd ed. New York : McGraw-Hill, 1992. 577 p. ISBN 978-0-07-003889-9. URL: https://archive.org/details/professionalcons0000barr_v2i5

11. Блиндюк Р. В. Девелоперський бізнес: до визначення сутності поняття. Інвестиції: практика та досвід. 2024. № 20. С. 175–180. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.20.175>. URL: <https://nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/4791>

12. Бляхарський Я. С. Визначення девелоперської діяльності як окремого виду економічної діяльності. Університетські наукові записки. 2020. № 3–4 (75–76). С. 234–248. DOI: <https://doi.org/10.37491/UNZ.75-76.25>. URL: https://unz.univer.km.ua/index.php/unz/en/article/view/75-76_234-248
13. Кіщенко Т. Є. Місце девелопменту в інвестиційно-будівельному процесі. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин : збірник наукових праць. Київ : КНУБА, 2011. Вип. 24. С. 51–54. URL: <https://ways.knuba.edu.ua/>
14. Madanhire I., Mbohwa C. Enterprise Resource Planning (ERP) in Improving Operational Efficiency: Case Study. Procedia CIRP. 2016. Vol. 40. P. 225–229. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.108>
15. Nemati S. A., Mangaladurai D. Impact of Enterprise Resource Planning in Supply Chain Management : Master's Thesis. Borås : University College of Borås, School of Engineering, 2013. 60 p. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1309425/FULLTEXT01.pdf>
16. Seethamraju R. Adoption of Software as a Service (SaaS) Enterprise Resource Planning (ERP) Systems in Small and Medium Sized Enterprises (SMEs). Information Systems Frontiers. 2015. Vol. 17, No. 3. P. 475–492. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10796-014-9506-5>
17. Alasiri M. M., Salameh A. A. The Impact of Business Intelligence (BI) and Decision Support Systems (DSS): Exploratory Study. International Journal of Management. 2020. Vol. 11, No. 5. P. 1001–1016. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3631747
18. Solano M. C., Cruz J. C. Integrating Analytics in Enterprise Systems: A Systematic Literature Review of Impacts and Innovations. Administrative Sciences. 2024. Vol. 14, No. 7. Article 138. DOI: <https://doi.org/10.3390/admsci14070138>
19. Сидоров Д. В. Аналіз ефективності моніторингових систем у процесі управління сучасним підприємством на прикладі ТОВ «І-СПЕЙС ІСТ». Актуальні питання економічних наук. 2024. № 5. DOI:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14426754>.

URL:

[https://a-](https://a-economics.com.ua/index.php/home/article/view/91)

[economics.com.ua/index.php/home/article/view/91](https://a-economics.com.ua/index.php/home/article/view/91)

20. Vararean-Cochisa D., Crisan E.-L. The Digital Transformation of the Construction Industry: A Review. IIM Ranchi Journal of Management Studies. 2024. Vol. 4, No. 1. P. 3–16. DOI: <https://doi.org/10.1108/IRJMS-04-2024-0035>

21. Кричевська Ю. В., Рижакова Г. М., Шпаков А. В., Поколенко В. О., Приходько Д. О. 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>. URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/323589>

22. Фесун А., Кучеренко О., Федоров В., Крупник Д., Костенко Д. Цифрова трансформація процесів адміністрування в будівельному девелопменті: економіко-аналітичний підхід до мультипроектної діяльності підприємств. Просторовий розвиток. 2024. № 10. С. 593–608. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.10.593-608>. URL: <https://spd.knuba.edu.ua/article/view/324182>

23. Лагодієнко О. В. Використання цифрових платформ для звітності при впровадженні та оцінки ESG стратегій. Економічний простір. 2024. № 192. С. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.192.63-67>. URL: <https://economicspace.pgasa.dp.ua/article/view/311846>

24. Смельянов О. Ю. Інноваційний розвиток підприємств: сутність, послідовність оцінювання та перешкоди на його шляху. Ефективна економіка. 2020. № 11. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.11.7>. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8329>

25. Соколова Н. М., Штулер Ю. Ю. Інноваційні технології в діяльності будівельних підприємств та підвищення ефективності їх впровадження в умовах конкуренції та динамічних змін. Актуальні проблеми економіки. 2023. № 10, т. 2 (268/2). С. 65–71. DOI: <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2023-2-268-65-71>. URL: <https://eco->

science.net/wp-content/uploads/2023/10/10-2.23._topic-Nataliia-M.-Sokolova-Yurii-Yu.-Shtuler-65-71.pdf

26. Онікієнко Н. В. Аналітико-прикладне й організаційно-структурне забезпечення процесів інноваційного розвитку підприємств агробудівельних кластерів. Управління розвитком складних систем. 2024. № 59. С. 208–216. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.59.208-216>. URL: <https://mdcs.knuba.edu.ua/article/view/315853>

27. Фісуненко П. А., Герасименко О. В. Ітеративний підхід до оптимізації девелоперської діяльності. Економіка та суспільство. 2024. № 59. С. 298–303. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-135>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3486>

28. Шимановська-Діанич Л. М., Лозова О. В. Вплив цифрової зрілості на трансформацію бізнес-процесів підприємств в умовах змін економіки України. Економіка: реалії часу. 2024. № 2 (72). С. 74–84. DOI: <https://doi.org/10.15276/ETR.02.2024.9>. URL: <https://economics.op.edu.ua/files/archive/2024/No2/74.pdf>

29. Яценко В.В. Діджиталізація – сучасний фактор розвитку бізнес-процесів. Ефективна економіка. 2022. № 2. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2022.2.200>. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=10042>

30. Белєнкова О.Ю. Переваги впровадження контролінгу в плануванні діяльності будівельних підприємств. Інвестиції: практика та досвід. 2018. № 10. С. 47–50. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/10_2018/11.pdf

31. Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. Boston : Harvard Business School Press, 1996. 322 p. ISBN 978-0-87584-651-4. URL: https://books.google.com/books/about/The_Balanced_Scorecard.html?id=mRHC5kHXczEC

32. Самігулліна Ю.Р. Оцінка інвестиційної привабливості підприємств: огляд вітчизняних методик. Вісник Вінницького політехнічного

інституту. 2012. № 3. С. 32–37. URL:
<https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/1235>

33. Olanipekun A.O., Sutrisna M. Facilitating Digital Transformation in Construction – A Systematic Review of the Current State of the Art. *Frontiers in Built Environment*. 2021. Vol. 7. Article 660758. DOI:
<https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.660758>

34. Elkington J. *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford : Capstone, 1997. 402 p. ISBN 190096127X. URL:
https://books.google.com/books/about/Cannibals_with_Forks.html?id=QLg9PgAACAAJ

35. Беленкова О.Ю. Теоретичні передумови формування поняття «соціально відповідальний девелопмент». Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2018. Вип. 38. С. 79–91. DOI: <https://doi.org/10.32347/2707-501x.2018.38.79-91>. URL:
<https://ways.knuba.edu.ua/article/view/201523>

36. Gwartney J.D., Lee D.R., Ferrarini T.H., Calhoun J.P., Stroup J.S., Filer R.K. *Common Sense Economics: What Everyone Should Know About Personal & National Prosperity*. 2nd ed. Newark, NJ : Economic Fundamentals Initiative, 2024. ISBN 978-1-952729-31-7. URL: https://econfun.s3.eu-central-1.amazonaws.com/books/Common_Sense_Economics_%5Ben%5D.pdf

37. Згалат-Лозинська Л.О., Оксенчук Р.О., Ползіков М.О., Матвеїв В.В. Адаптивні моделі стратегічного управління девелоперськими будівельними проєктами в умовах динамічного економічного середовища. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2025. № 5 (288). С. 5–17. DOI:
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17019081>

38. Кульчицький О.І. Оцінка цифрової зрілості бізнес-компаній за методикою Європейських цифрових інноваційних хабів. *Економіка: реалії часу*. 2024. № 5 (75). С. 117–122. DOI: <https://doi.org/10.15276/ETR.05.2024.13>. URL: <https://economics.op.edu.ua/files/archive/2024/No5/117.pdf>

39. Краус Н.М. Інноваційна економіка в глобалізованому світі: інституціональний базис формування та траєкторія розвитку : монографія. Київ : Аграр Медіа Груп, 2019. 492 с. ISBN 978-617-646-450-1. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi81/0061106.pdf>

40. Приходько Д.О., Оксенчук Р.О., Ананко Є.І. Економічні технології розвитку девелоперських компаній та кластеризація стейкхолдерів житлового будівництва на ґрунті BSC. Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України : матеріали VIII Міжнар. конф. (м. Київ, 12 листоп. 2025 р.). Київ : КНУБА, 2025. С. 412–413. URL: <https://www.knuba.edu.ua/osvitnij-proczes-v-ukrayini-vyrishennya-aktualnyh-problem-cherez-navchannya-ta-rozvytok/>

41. Малихін М.О. Формування новітньої системи інтегрованої цифрової підготовки будівництва. Просторовий розвиток. 2025. № 11. С. 435–455. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.11.435-455>. URL: <https://spd.knuba.edu.ua/article/view/348975>

42. Інженерні інновації та розбудова національної економіки : матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні, 09–10 травня 2024 р., м. Запоріжжя / наук. ред. Н.Г. Метеленко. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. 1020 с. ISBN 978-617-554-288-0. URL: https://www.znu.edu.ua/ii_znu/nauka/conf10/zbirnyk_24.pdf

43. Селезньова О.О. Розвиток управління маркетинговою діяльністю будівельних підприємств в Україні : монографія. Одеса : Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2017. 355 с. ISBN 978-617-7195-40-4. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/items/cdba30d3-f1ba-49b9-bdec-4a8feec364da>

44. Чуприна Х.М., Мовсесян А.С., Оксенчук Р.О., Ананко Є.І. Оцінка інвестиційного клімату, ключових викликів та інституційних факторів як основи методології управління розвитком і стратегічними трансформаціями будівельних підприємств-стейкхолдерів. Формування ринкових відносин в

Україні. 2025. № 2 (285). С. 38–51. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15315733>

45. Чуприна Ю.А., Ползіков М.О., Оксенчук Р.О., Алексєєнко В.О. Концептуалізація мультипроектної діяльності в будівельному секторі. Просторовий розвиток. 2025. Вип. 13. С. 729–742. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.13.729-742>

46. Naji K.K., Gunduz M., Alhenzab F., Al-Hababi H., Al-Qahtani A. Assessing the Digital Transformation Readiness of the Construction Industry Utilizing the Delphi Method. Buildings. 2024. Vol. 14, No. 3. Article 601. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14030601>

47. Parasuraman A. Technology Readiness Index (TRI): A Multiple-Item Scale to Measure Readiness to Embrace New Technologies. Journal of Service Research. 2000. Vol. 2, No. 4. P. 307–320. DOI: <https://doi.org/10.1177/109467050024001>

48. Utomo A.A., Maulida M., Musa S. Organizational Inertia, Digital Capabilities, Digital Transformation, and Firm Competencies. The South East Asian Journal of Management. 2023. Vol. 17, No. 1. Article 6. P. 130–144. DOI: <https://doi.org/10.21002/seam.v17i1.1283>. URL: <https://scholarhub.ui.ac.id/seam/vol17/iss1/6/>

49. Wang K., Guo F., Zhang C., Schaefer D. From Industry 4.0 to Construction 4.0: Barriers to the Digital Transformation of Engineering and Construction Sectors. Engineering, Construction and Architectural Management. 2024. Vol. 31, No. 1. P. 136–158. DOI: <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2022-0383>

50. Бугріменко Р.М., Смірнова П.В. Вплив розвитку цифрової трансформації на діяльність підприємства. Економіка та суспільство. 2024. № 59. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-29>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3386>

51. Siddiqui F.H., Thaheem M.J., Abdekhodae A. A Review of the Digital Skills Needed in the Construction Industry: Towards a Taxonomy of Skills.

Buildings. 2023. Vol. 13, No. 11. Article 2711. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13112711>

52. Горбач М., Оксенчук Р. Оцінювання готовності будівельного бізнесу до впровадження інноваційних економічних технологій. Економіка та підприємництво в умовах сучасних викликів : матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Житомир, 4 черв. 2026 р.). Житомир : Поліський нац. ун-т, 2026. С. 341–343. URL: <http://ir.polissiauniver.edu.ua/>

53. Михайлов І.О., Квіта Г.М. Цифрова економіка – економіка ХХІ століття. Домінанти соціально-економічного розвитку України в умовах інноваційного типу прогресу : збірник тез доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених (м. Київ, 25 березня 2021 р.). Київ : КНУТД, 2021. С. 116–118. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/18716>

54. Ferreira J.J.M., Fernandes C.I., Ferreira F.A.F. To Be or Not to Be Digital, That Is the Question: Firm Innovation and Performance. Journal of Business Research. 2019. Vol. 101. P. 583–590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.11.013>

55. Digital Transformation: The Future of Connected Construction : an IDC InfoBrief, sponsored by Autodesk. IDC, 2020. 27 p. URL: https://constructioncloud.autodesk.com/rs/572-JSV-775/images/Autodesk-IDC-Digital%20Transformation_The-Future-of-Connected-Construction.pdf

56. EU BIM Task Group. Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. 2017. URL: https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2017/07/EUBIM_Handbook_Web_Optimized-1.pdf

57. Kiviniemi A. Adopting Innovation: Building Information Models in the Finnish Real Estate and Construction Cluster. Clients Driving Construction Innovation: Moving Ideas into Practice / eds. K.A. Brown, K.D. Hampson, P.S. Brandon. Brisbane : Icon.Net Pty Ltd, 2006. P. 15–23. ISBN 1741071283. URL:

<https://cris.vtt.fi/en/publications/adopting-innovation-building-information-models-in-the-finnish-re/>

58. Приходько Д.О., Оксенчук Р.О., Ананко Є.І., Біденко Д.В. Математичне та економічне моделювання стадій, бізнес-процесів і механізмів ухвалення рішень щодо стратегічних змін у компаніях-стейкхолдерах будівельної галузі. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2024. Вип. 53, т. 2. С. 256–275. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(2\).256-275](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(2).256-275)

59. Пілявоз Т.М., Шварц І.В., Коваль Н.О., Нетребя О.О. Стратегічна трансформація бізнес-моделі підприємства електронної комерції в умовах цифрової трансформації та кризового середовища. *Modern Economics*. 2026. № 55. С. 214–221. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V55\(2026\)-30](https://doi.org/10.31521/modecon.V55(2026)-30). URL: <https://modecon.mnau.edu.ua/strategic-transformation-of-the-business/>

60. Чуприна Ю.А., Ползіков М.О., Матвеїв В.В., Оксенчук Р.О. Загально-методичні підходи до оцінки впливу внутрішніх та зовнішніх факторів на інноваційний розвиток підприємств-виконавців девелоперських проєктів. *Просторовий розвиток*. 2025. Вип. 12. С. 162–179. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.12.162-179>

61. Ареф'єва О.В., Годун В.І. Стратегізація підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку транспортних послуг. *Економіка та суспільство*. 2023. № 55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-113>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2943>

62. Головчук Ю.О. Маркетингова домінанта розвитку конкурентних переваг підприємства в умовах інформаційної економіки. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2017. № 3, т. 1. С. 69–73. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/handle/123456789/6226>

63. Череп А.В., Дашко І.М., Огренич Ю.О. Формування конкурентних переваг підприємства через цифрову трансформацію логістичних систем на основі інновацій та штучного інтелекту. *Економіка та*

суспільство. 2025. № 80. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-106>.
URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/6942>

64. Краус Н.М., Голобородько О.П., Краус К.М. Діагностика впливу R&D сектора вищої освіти на інновації підприємств в Україні. Ефективна економіка. 2019. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6817>

65. Спіфанова І.Ю. Формування інноваційних стратегій промислових підприємств у сучасних умовах. Підприємництво та інновації. 2020. Вип. 13. С. 33–39. DOI: <https://doi.org/10.37320/2415-3583/13.6>. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/30499>

66. Інноваційна діяльність підприємств та її фінансове забезпечення в умовах трансформаційних змін економіки України: монографія / В.В. Зянько, І.Ю. Спіфанова, В.В. Зянько. Вінниця : ВНТУ, 2015. 172 с. ISBN 978-966-641-609-7. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/77>

67. Комарницька Н.М. Формування і оцінювання системи управління інноваційною діяльністю підприємства: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04 / Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2017. 230 с. URL: <https://ena.lpnu.ua/items/689f2dd5-3671-473f-951f-d56700389274>

68. Фісуненко П.А., Подрез В.С., Спиридоненков В.А. Цифровізація маркетингової діяльності девелоперської компанії як інноваційний орієнтир. Київський економічний науковий журнал. 2024. № 7. С. 170–175. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2024-7-23>. URL: <https://journals.kyiv.ua/index.php/economy/article/view/198>

69. Жигалкевич Ж.М. Цільові орієнтири розвитку квазіінтеграційних структур взаємодіючих підприємств: монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського ; Херсон : ФОП Вишемирський В.С., 2020. 348 с. ISBN 978-617-7783-94-6. URL: <https://ela.kpi.ua/items/bd85c710-e86d-4999-a627-6233e1bfb3d9>

70. Науменко М.О., Черкашина М.В. Концепція побудови механізму управління розвитком кластерно-мережних структур. Бізнес Інформ. 2013. № 10. С. 373–378. URL: <https://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000323412>

71. Назаренко С.А., Холод В.М., Садовий М.В. Інноваційні підходи до управління та комунікацій в сучасних агропромислових підприємствах. Економіка та суспільство. 2024. № 68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-180>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/5056>
72. Müller R., Drouin N., Sankaran S. Organizational Project Management: Theory and Implementation. Cheltenham : Edward Elgar Publishing, 2019. 256 p. ISBN 978-1-78811-096-9. URL: https://books.google.com/books/about/Organizational_Project_Management.html?id=1n-4DwAAQBAJ
73. Rinchen S., Banihashemi S., Alkilani S. Driving Digital Transformation in Construction: Strategic Insights into Building Information Modelling Adoption in Developing Countries. Project Leadership and Society. 2024. Vol. 5. Article 100138. P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plas.2024.100138>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666721524000231>
74. Коломієць А.О., Шипуліна Ю.С. Цифрова трансформація споживчої поведінки. Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених: зб. тез доп. XVIII Міжнародної науково-практичної конференції магістрантів та аспірантів, 19–22 листопада 2024 р. Харків : НТУ «ХПІ», 2024. С. 551. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/entities/publication/d531540a-ad14-4749-a25d-4a1ffcefc146>
75. Краус К.М., Краус Н.М. Blockchain як комунікаційно-інформаційна фінансова новітня технологія цифровізації економіки. Цифрова економіка: матеріали Національної науково-методичної конференції, 4–5 жовтня 2018 р. Київ : ДВНЗ «КНЕУ ім. Вадима Гетьмана», 2018. С. 226–230. URL: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/24631/>
76. Maghsoudi M., Nezafati N. Navigating the Acceptance of Implementing Business Intelligence in Organizations: A System Dynamics Approach. Telematics and Informatics Reports. 2023. Vol. 11. Article 100070.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.teler.2023.100070>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772503023000300>

77. Mišić V.V., Perakis G. Data Analytics in Operations Management: A Review. *Manufacturing & Service Operations Management*. 2020. Vol. 22, No. 1. P. 158–169. DOI: <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0805>. URL: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/msom.2019.0805>

78. Gezgin E., Huang X., Samal P., Silva I. Digital Transformation: Raising Supply-Chain Performance to New Levels. McKinsey & Company. 2017. 17 November. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/digital-transformation-raising-supply-chain-performance-to-new-levels>

79. Пігуль О.В., Сьомушкін В.О. Інтеграція понять сталого розвитку й управління проєктами в сучасні моделі житлового будівництва. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-64>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2685>

80. Оксенчук Р.О. Вплив технологій сталого розвитку на стратегічне управління та ефективність девелоперських компаній у динамічному ринковому середовищі. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2026. № 11 (294). С. 41–55. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18853393>. URL: <https://zenodo.org/records/18853393>

81. Hwang B.-G., Tan J.S. Green Building Project Management: Obstacles and Solutions for Sustainable Development. *Sustainable Development*. 2012. Vol. 20, No. 5. P. 335–349. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.492>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sd.492>

82. World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. Oxford : Oxford University Press, 1987. 383 p. ISBN 0-19-282080-X. URL: <https://digitallibrary.un.org/record/139811>

83. Sachs J.D. *The Age of Sustainable Development*. New York : Columbia University Press, 2015. 544 p. ISBN 978-0-231-17315-5. URL: <https://cup.columbia.edu/book/the-age-of-sustainable-development/9780231173155>

84. Gou Z., Lau S.S.Y. Contextualizing Green Building Rating Systems: Case Study of Hong Kong. Habitat International. 2014. Vol. 44. P. 282–289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.07.008>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397514001179>
85. Lizarralde G., Chmutina K., Bosher L., Dainty A. Sustainability and Resilience in the Built Environment: The Challenges of Establishing a Turquoise Agenda in the UK. Sustainable Cities and Society. 2015. Vol. 15. P. 96–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.12.004>
86. Іщенко І., Жданова-Неділько О., Большая О., Бабенко І. Системний підхід до управління для забезпечення сталого розвитку. Витоки педагогічної майстерності. 2024. № 34. С. 94–99. DOI: <https://doi.org/10.33989/2075-146X.2024.34.318009>. URL: <https://sources.pnpu.edu.ua/article/view/318009>
87. Зайцев Ю.К. Людиноцентрична парадигма сучасної економіки як умова сталого розвитку суспільства. Ефективна економіка. 2013. № 2. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/items/91bd32c2-eef7-4799-bed5-d2f96cdee411>
88. Островський І.А., Стадник Г.В. Управління сталим розвитком міст: трансформація підходів. Економіка та суспільство. 2023. № 58. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-59>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3315>
89. Польова Н.М., Подібка В.В., Дмитришин Я.І. Стратегічне управління будівельними підприємствами. Сталый розвиток економіки. 2024. № 4 (51). С. 176–180. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-51-25>. URL: <https://economdevelopment.in.ua/index.php/journal/article/view/1100>
90. Козак А.А., Соболев Д.В., Данілов С.Ю., Оксенчук Р.О. Концептуалізація енергоадаптованих будівельних проєктів у контексті сталого розвитку, регуляторного поля та цифрової трансформації. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2022. Вип. 49, т. 2. С. 305–319. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49\(2\).305-319](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).305-319)

91. Микитюк Ю.І. Розвиток системи управління інноваційно-інвестиційними проектами в житловому будівництві : дис. ... д-ра філос. : 073 «Менеджмент». Тернопіль, 2020. 225 с. URL: <https://www.wunu.edu.ua/svr/disertacia/mukutyk/dusertatsia.pdf>

92. Оксенчук Р.О. Технології розвитку девелоперських компаній. Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України : круглий стіл (м. Київ, 30 трав. 2023 р.) : програма. Київ : КНУБА, 2023. URL: <https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/programa-kruglogo-stolu-nalashtuvannya-osvitnih-trayektorij-v-pidgotovczy-menedzheriv-budivnycztva-v-konteksti-vidbudovy-ukrayiny.pdf>

93. Onslow J. UKRAINE REMONT: The battle to build: signs of recovery in Ukraine's construction industry. bne IntelliNews. 2025. 7 April. URL: <https://www.intellinews.com/ukraine-remont-the-battle-to-build-signs-of-recovery-in-ukraine-s-construction-industry-375127/>

94. Васильців А., Дмитроца Л.П. Вплив війни та воєнного стану на темпи цифровізації в Україні. Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства : тези VI Міжнар. наук.-практ. конф. учених та студентів, 9–10 груд. 2025 р. Тернопіль : ТНТУ, 2025. С. 89–91. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/51353>

95. David F.R., David F.R. Strategic Management: Concepts and Cases – A Competitive Advantage Approach. 16th ed. Boston : Pearson Education, 2017. 651 p. ISBN 978-0-13-416784-8. URL: https://www.strategyclub.com/wp-content/uploads/2015/10/Preface.16th.ed_.pdf

96. Mintzberg H. The Structuring of Organizations: A Synthesis of the Research. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1979. 512 p. ISBN 978-0-13-855270-1. URL: https://books.google.com/books/about/The_Structuring_of_Organizations.html?id=NQ1HAAAAMAAJ

97. Mintzberg H., Ahlstrand B., Lampel J. Strategy Safari: A Guided Tour Through the Wilds of Strategic Management. New York : Free Press, 1998. 406 p. ISBN 0-684-84743-4. URL: <https://search.worldcat.org/title/Strategy-safari-:-a-guided-tour-through-the-wilds-of-strategic-management/oclc/38354698>
98. Kermanshachi S., Safapour E. Identification and Quantification of Project Complexity from Perspective of Primary Stakeholders in US Construction Projects. Journal of Civil Engineering and Management. 2019. Vol. 25, No. 4. P. 380–398. DOI: <https://doi.org/10.3846/jcem.2019.8633>. URL: <https://journals.vilniustech.lt/index.php/JCEM/article/view/8633>
99. Kermanshachi S., Rouhanizadeh B., Dao B. Application of Delphi Method in Identifying, Ranking, and Weighting Project Complexity Indicators for Construction Projects. Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction. 2020. Vol. 12, No. 1. Article 04519033. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LA.1943-4170.0000338](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000338)
100. Дибя О.М. Ієрархія інноваційного розвитку бізнесу. Інноваційне підприємництво: стан та перспективи розвитку : зб. матеріалів III Всеукр. наук.-практ. конф., 29–30 берез. 2018 р. Київ : КНЕУ, 2018. С. 17–19. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/items/c7a8366b-f7d4-443d-8d20-e5ae3b4c224d>
101. Soltwisch B.W. The Paradox of Organizational Rigidity: A Contingency Model for Information Processing During Times of Opportunity and Threat. Journal of Leadership & Organizational Studies. 2015. Vol. 22, No. 4. P. 395–403. DOI: <https://doi.org/10.1177/1548051815594884>
102. Тіщенко Є.О., Зайчук С.В., Мустафаєв Т.Т. Трансформація фінансових послуг в умовах повоєнної відбудови. Економіка та суспільство. 2025. № 74. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-16>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/5994>
103. Шандрівська О.Я., Мрочко О.Ю. Дослідження ринку нерухомості України в умовах економічної нестабільності. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Проблеми економіки та управління». 2025. Т. 9, № 1. С. 112–129. DOI:

<https://doi.org/10.23939/semi2025.01.112>.

URL:

<https://science.lpnu.ua/uk/semi/vsi-vypusky/volume-9-number-1-2025/doslidzhennya-rynku-neruhomosti-ukrayiny-v-umovah>

104. Sologoub I. Development of Mortgages in Ukraine. CEPR VoxEU. 2024. 3 June. URL: <https://cepr.org/voxeu/columns/development-mortgages-ukraine>

105. Strohmeier S. Research in e-HRM: Review and Implications. Human Resource Management Review. 2007. Vol. 17, No. 1. P. 19–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2006.11.002>

106. Кальніцька М.О., Крупський О.П., Стасюк Ю.М. Організаційна культура : навч.-метод. посіб. для студентів денної форми навчання за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» за напрямом 073 «Менеджмент», 242 «Туризм». Дніпро : ДНУ ім. О. Гончара, 2021. 62 с. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6542861>

107. Оксенчук Р.О. Системне моделювання впливу інноваційних технологій на стратегічну стійкість девелоперської діяльності. Енергоощадні машини і технології : програма V Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 22–24 трав. 2024 р.). Київ : КНУБА, 2024. URL: <https://www.knuba.edu.ua/rezultaty-provedennya-v-mizhnarodnoyi-naukovo-praktychnoyi-konferencziyi-energooshhadni-mashyny-i-tehnologiyi/>

108. Чуприна Ю.А., Матвеїв В.В., Оксенчук Р.О., Литарев О.Г. Підходи до формалізованого оцінювання рівня трудової мотивації персоналу з урахуванням галузевої специфіки будівництва. Будівельне виробництво. 2025. № 81. С. 29–38. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.81.29-38>

109. Burns T., Stalker G.M. The Management of Innovation. London : Tavistock Publications, 1961. 269 p. URL: https://books.google.com/books/about/The_management_of_innovation.html?id=P06gkLo9WucC

110. Андрушків Б.М., Черничинець С.П. Корпоративне управління : навч. посіб. Київ : Кондор, 2011. 528 с. ISBN 978-966-351-337-9. URL: <https://koha.tntu.edu.ua/bib/217460>

111. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2017. № 33. Ст. 359. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>

112. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Вид. офіц. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2022. III, 23 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037

113. ДБН В.1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Вид. офіц. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2022. III, 17 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98036

114. ДСТУ EN 15459-1:2017. Енергоефективність будівель. Процедура економічного оцінювання для енергетичних систем будівель. Частина 1. Розрахункові процедури, Модуль М1-14 (EN 15459-1:2017, IDT). Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 44 с.

115. Директива (ЄС) 2022/2464 Європейського Парламенту і Ради від 14 грудня 2022 року про внесення змін до Регламенту (ЄС) № 537/2014, Директиви 2004/109/ЄС, Директиви 2006/43/ЄС і Директиви 2013/34/ЄС щодо звітності підприємств зі сталого розвитку (зі змінами, внесеними директивами (ЄС) 2025/794 і (ЄС) 2026/470). Official Journal of the European Union. 2022. L 322, 16.12.2022. P. 15–80. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj>

116. Регламент (ЄС) 2020/852 Європейського Парламенту і Ради від 18 червня 2020 року про створення засад для сприяння сталим інвестиціям та внесення змін до Регламенту (ЄС) 2019/2088. Official Journal of the European Union. 2020. L 198, 22.06.2020. P. 13–43. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj>

117. Директива (ЄС) 2026/470 Європейського Парламенту і Ради від 24 лютого 2026 року про внесення змін до директив 2006/43/ЄС, 2013/34/ЄС, (ЄС) 2022/2464 та (ЄС) 2024/1760 щодо певних вимог до звітності підприємств зі сталого розвитку та певних вимог до належної обачності підприємств у сфері сталого розвитку. Official Journal of the European Union. L, 2026/470. 26.02.2026. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2026/470/oj>

118. Voluntary Sustainability Reporting Standard for non-listed SMEs (VSME) / European Financial Reporting Advisory Group (EFRAG). Brussels : EFRAG, 2024. URL: <https://www.efrag.org/en/news-and-calendar/news/efrag-releases-the-voluntary-sustainability-reporting-standard-for-nonlisted-smes> ;
Рекомендація Комісії (ЄС) 2025/1710 від 30 липня 2025 року щодо добровільного стандарту звітності зі сталого розвитку для малих і середніх підприємств. Official Journal of the European Union. L, 2025/1710. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2025/1710/oj>

119. ISO 14064-1:2018. Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. 2nd ed. Geneva : ISO, 2018. 47 p. URL: <https://www.iso.org/standard/66453.html>

120. Про інвестиційну діяльність : Закон України від 18.09.1991 № 1560-XII. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 47. Ст. 646. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1560-12>

121. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 34. Ст. 343. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>

122. Про гарантування речових прав на об'єкти нерухомого майна, які будуть споруджені в майбутньому : Закон України від 15.08.2022 № 2518-IX. Відомості Верховної Ради України. 2023. № 23–24. Ст. 90. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2518-20>

123. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York : McGraw-Hill, 1980. xiii, 287 p. ISBN 0-07-

054371-2.

URL:

https://books.google.com/books/about/The_Analytic_Hierarchy_Process.html?id=Xxi7AAAAIAAJ

124. Kendall M.G., Babington Smith B. The Problem of m Rankings. The Annals of Mathematical Statistics. 1939. Vol. 10, No. 3. P. 275–287. DOI: <https://doi.org/10.1214/aoms/1177732186>

125. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps. International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 24, No. 1. P. 65–75. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)

126. Özesmi U., Özesmi S.L. Ecological Models Based on People's Knowledge: a Multi-Step Fuzzy Cognitive Mapping Approach. Ecological Modelling. 2004. Vol. 176, No. 1–2. P. 43–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.10.027>

127. Dalkey N., Helmer O. An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts. Management Science. 1963. Vol. 9, No. 3. P. 458–467. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.9.3.458>

128. Dixit A.K., Pindyck R.S. Investment under Uncertainty. Princeton : Princeton University Press, 1994. xiv, 468 p. ISBN 978-0-691-03410-2. URL: <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691034102/investment-under-uncertainty>

129. Trigeorgis L. Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. Cambridge, MA : MIT Press, 1996. xiii, 427 p. ISBN 0-262-20102-X. URL:

https://books.google.com/books/about/Real_Options.html?id=cRe8nQEACAAJ

130. Krippendorff K. Content Analysis: An Introduction to Its Methodology. 4th ed. Thousand Oaks : SAGE Publications, 2018. 472 p. ISBN 978-1-5063-9566-1. URL: <https://www.sagepub.com/shop/buy-a-book/content-analysis-4-258450>

131. Kruskal W.H., Wallis W.A. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*. 1952. Vol. 47, No. 260. P. 583–621. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
132. Metropolis N., Ulam S. The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association*. 1949. Vol. 44, No. 247. P. 335–341. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1949.10483310>
133. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J.Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 122. P. 889–901. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
134. World Green Building Council. The Business Case for Green Building: A Review of the Costs and Benefits for Developers, Investors and Occupants. [S. l.] : World Green Building Council, 2013. 120 p. URL: https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/03/Business_Case_For_Green_Building_Report_WEB_2013-04-11-2.pdf
135. Директива (ЄС) 2025/794 Європейського Парламенту і Ради від 14 квітня 2025 року про внесення змін до Директив (ЄС) 2022/2464 і (ЄС) 2024/1760 щодо дат, з яких держави-члени мають застосовувати певні вимоги до звітності підприємств зі сталого розвитку та належної обачності. *Official Journal of the European Union*. 2025. L series, 2025/794, 16.04.2025. 4 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2025/794/oj>
136. Директива 2002/91/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 16 грудня 2002 року про енергетичні характеристики будівель (втратила чинність 01.02.2012 у зв'язку з прийняттям Директиви 2010/31/ЄС). *Official Journal of the European Communities*. 2003. L 1, 04.01.2003. P. 65–71. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/91/oj>
137. Saaty T.L. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process: The Organization and Prioritization of Complexity. Pittsburgh : RWS Publications, 1996. 370 p. ISBN 0-9620317-9-8. URL:

https://books.google.com/books/about/Decision_Making_with_Dependence_and_Feed.html?id=MGpaAAAAYAAJ

138. Rezaei J. Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*. 2015. Vol. 53. P. 49–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>

139. OECD, European Commission, Joint Research Centre. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Paris : OECD Publishing, 2008. 162 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>

140. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M., Torrisi G. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. *Social Indicators Research*. 2019. Vol. 141, No. 1. P. 61–94. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>

141. Saltelli A., Ratto M., Andres T., Campolongo F., Cariboni J., Gatelli D., Saisana M., Tarantola S. *Global Sensitivity Analysis: The Primer*. Chichester : John Wiley & Sons, 2008. 304 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470725184>

142. Hair J.F., Hult G.T.M., Ringle C.M., Sarstedt M. *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. 3rd ed. Thousand Oaks : SAGE Publications, 2022. 384 p. URL: <https://www.sagepub.com/shop/buy-a-book/a-primer-on-partial-least-squares-structural-equation-modeling-pls-sem-3-270548>

143. Peduzzi P., Concato J., Kemper E., Holford T.R., Feinstein A.R. A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*. 1996. Vol. 49, No. 12. P. 1373–1379. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(96\)00236-3](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(96)00236-3)

144. Vose D. *Risk Analysis: A Quantitative Guide*. 3rd ed. Chichester : John Wiley & Sons, 2008. 752 p. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Risk+Analysis%3A+A+Quantitative+Guide%2C+3rd+Edition-p-9780470512845>

145. Brealey R.A., Myers S.C., Allen F. *Principles of Corporate Finance*. 13th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2020. ISBN 978-1-260-01390-0.

URL: <https://www.abebooks.com/9781260013900/Principles-Corporate-Finance-Brealey-Richard-1260013901/plp>

146. Aczél J., Saaty T.L. Procedures for synthesizing ratio judgements. *Journal of Mathematical Psychology*. 1983. Vol. 27, No. 1. P. 93–102. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(83\)90028-7](https://doi.org/10.1016/0022-2496(83)90028-7)

147. Bass F.M. A New Product Growth for Model Consumer Durables. *Management Science*. 1969. Vol. 15, No. 5. P. 215–227. DOI: <https://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>

148. Mansfield E. Technical Change and the Rate of Imitation. *Econometrica*. 1961. Vol. 29, No. 4. P. 741–766. DOI: <https://doi.org/10.2307/1911817>

149. Knight C.J.K., Lloyd D.J.B., Penn A.S. Linear and sigmoidal fuzzy cognitive maps: An analysis of fixed points. *Applied Soft Computing*. 2014. Vol. 15. P. 193–202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2013.10.030>

150. Bueno S., Salmeron J.L. Benchmarking main activation functions in fuzzy cognitive maps. *Expert Systems with Applications*. 2009. Vol. 36, No. 3, Pt. 1. P. 5221–5229. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.06.072>

151. Harrell F.E. *Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic and Ordinal Regression, and Survival Analysis*. 2nd ed. Cham : Springer, 2015. 582 p. (Springer Series in Statistics). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19425-7>

152. Delbecq A.L., Van de Ven A.H., Gustafson D.H. *Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes*. Glenview : Scott, Foresman, 1975. 174 p. URL: https://books.google.com/books/about/Group_Techniques_for_Program_Planning.html?id=1jhHAAAAMAAJ

153. Diakoulaki D., Mavrotas G., Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers & Operations Research*. 1995. Vol. 22, No. 7. P. 763–770. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)00059-H](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H)

154. Hwang C.-L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. A State-of-the-Art Survey. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1981. 269 p. (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems ; vol. 186). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
155. Hertz D.B. Risk Analysis in Capital Investment. Harvard Business Review. 1964. Vol. 42, No. 1. P. 95–106. URL: <https://hbr.org/1979/09/risk-analysis-in-capital-investment>
156. Fuerst F., McAllister P. Green Noise or Green Value? Measuring the Effects of Environmental Certification on Office Values. Real Estate Economics. 2011. Vol. 39, No. 1. P. 45–69. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6229.2010.00286.x>
157. Siegel S., Castellan N.J. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. 2nd ed. New York : McGraw-Hill, 1988. 399 p. URL: https://books.google.com/books/about/Nonparametric_Statistics_for_the_Behavio.html?id=bq3uAAAAMAAJ
158. Buer S.-V., Strandhagen J.O., Chan F.T.S. The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. International Journal of Production Research. 2018. Vol. 56, No. 8. P. 2924–2940. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
159. Hammer M. Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. Harvard Business Review. 1990. Vol. 68, No. 4. P. 104–112. URL: <https://hbr.org/1990/07/reengineering-work-dont-automate-obliterate>
160. World Bank, Government of Ukraine, European Union, United Nations. Ukraine: Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4), February 2022 – December 2024. Washington, DC : World Bank, 2025. URL: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099022025114040022>
161. Національний банк України. Інфляційний звіт. Липень 2026 року. Київ : НБУ, 2026. URL: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/inflyatsiyniy-zvit-lipen-2026-roku>

162. KtoStroit. Надійні забудовники Києва 2020 : рейтинг. URL: <https://ktostroit.com/ua/kyiv-rating>

163. Петруха Н.М., Вовкович Ю.В., Мовсесян А.С., Оксенчук Р.О. Використання міжнародного досвіду управління змінами для розроблення інструментарію вибору стратегії будівельного підприємства. Формування ринкових відносин в Україні. 2025. № 3 (286). С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15623698>

ДОДАТКИ

Додаток А

ДОВІДКИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Довідки про впровадження наводяться на наступних сторінках.



ІНСТИТУТ МІСЦЕВОГО РОЗВИТКУ

КОНСУЛЬТАТИВНІ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ЕКСПЕРТНІ ПОСЛУГИ

М. КИЇВ, ВУЛ. ІГОРІВСЬКА 14А, ТЕЛ.: (044) 428-76-10

01.05.2026 № 71

Інформація про використання результатів наукового дослідження Оксенчука Романа Олександровича.

Інститут місцевого розвитку підтверджує, що окремі результати наукового дослідження Оксенчука Романа Олександровича використано у науково-аналітичній та дослідницькій діяльності Інституту під час опрацювання питань цифрової трансформації, економічної результативності та стратегічної стійкості девелоперських компаній.

Науково-аналітичну цінність становить сформована автором концепція нових економічних технологій розвитку девелоперських компаній як інтегрованої цифрово-аналітичної системи, орієнтованої на узгодження економічних, інформаційних, організаційних та управлінських складових розвитку. Важливим результатом є обґрунтування необхідності переходу від фрагментарного використання цифрових інструментів до їх системної інтеграції у єдину управлінську екосистему.

Використано положення щодо комплексного оцінювання цифрової готовності підприємства, трансформаційних бар'єрів та стратегічної стійкості. Методичний інтерес становить застосування інтегральних показників CGR*, Ibar та Sst, що створюють можливість зіставлення рівня цифрової спроможності, сили трансформаційних обмежень та результативності стратегічних змін у єдиній аналітичній системі.

Методологічну основу дослідження сформовано із застосуванням системного, структурно-функціонального, економічного та порівняльного аналізу, експертного оцінювання, інтегральних і мультикритеріальних методів, економіко-математичного моделювання, регресійного та сценарного аналізу, прогнозування, а також цифрово-аналітичних інструментів. Поєднання зазначених методів забезпечило комплексне дослідження економічних, організаційних, технологічних та поведінкових чинників цифрової трансформації девелоперських компаній.

Науково-аналітичне значення мають положення щодо системного аналізу внутрішніх і зовнішніх бар'єрів цифрової трансформації, зокрема організаційної інерції, дефіциту цифрових компетентностей,

неадаптивності управлінських процедур, регуляторної невизначеності та фінансових обмежень. Їх урахування розширює можливості дослідження причин недостатньої результативності цифрових ініціатив та обґрунтування напрямів адаптивного реагування.

Окремий науковий інтерес становить обґрунтована автором модель інтеграції ERP, CRM, SCM, BI та Lean-технологій у цифрову екосистему девелоперської компанії. Такий підхід дозволяє розглядати цифрові технології як взаємопов'язану систему створення економічної цінності, підвищення операційної ефективності, ресурсної збалансованості та стратегічної стійкості.

Результати дослідження використано також для розвитку науково-аналітичних підходів до сценарного прогнозування та формування дорожніх карт цифрової трансформації. Їх застосування створює методичну основу для визначення пріоритетів цифрового розвитку, оцінювання очікуваних економічних ефектів та формування адаптивних механізмів реагування на зміни ринкового середовища.

Використання зазначених результатів у діяльності Інституту підтверджує їх наукову та прикладну значущість для дослідження економічних механізмів цифрової трансформації, оцінювання цифрової готовності, стратегічної стійкості та адаптивності девелоперських компаній.

Виконавчий директор

Інституту місцевого розвитку

доктор економічних наук



Руслан ТОРМОСОВ



Вих. № 189 від 03.03.2026 р

ПІДСУМКОВА ІНФОРМАЦІЯ

про використання науково-прикладних результатів дисертації здобувача КНУБА Оксенчука Романа Олександровича в практиці діяльності компанії «Спецбудпроект».

Даною довідкою підтверджується, що окремі результати наукових досліджень Оксенчука Романа Олександровича, одержані ним у процесі підготовки дисертаційної роботи, апробовано та використано у практичній діяльності Спецбудпроект під час вирішення питань цифровізації управлінських процесів, економічного забезпечення розвитку девелоперської компанії, оцінювання цифрової готовності, подолання трансформаційних бар'єрів та підвищення стратегічної стійкості підприємства.

Практичне застосування отримали результати, сформовані в межах науково-дослідної діяльності Київського національного університету будівництва і архітектури, зокрема наукової теми «Розбудова сучасного аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (№ 0115U000860), спрямованої на розвиток аналітичного забезпечення управлінських процесів, підвищення прозорості інформаційних потоків та результативності девелоперської діяльності. Окремі положення дослідження використано також у межах наукової теми «Розвиток управлінської взаємодії інституційних учасників девелоперських проєктів» (№ 0121U111793), що сприяла розвитку підходів до координації учасників, узгодження управлінських дій та інформаційного обміну в процесі реалізації девелоперських проєктів.

У діяльності підприємства апробовано розроблений здобувачем підхід до побудови цифрово-аналітичного середовища управління розвитком девелоперської компанії. Його практична реалізація передбачає інтеграцію ERP, CRM,

SCM, BI та Lean-технологій у єдину цифрову екосистему, в якій дані щодо ресурсів, фінансів, постачання, клієнтських взаємодій та операційних процесів використовуються для формування обґрунтованих управлінських рішень. Така інтеграція сприяє переходу від фрагментарного інформаційного забезпечення до системного використання даних на стратегічному, тактичному та операційному рівнях.

Важливе практичне значення мав запропонований Оксенчуком Р.О. підхід до оцінювання фактичної цифрової готовності девелоперської компанії. На відміну від формального визначення наявності цифрової інфраструктури, запропонована модель передбачає врахування організаційних, кадрових, інформаційних, технологічних, фінансових та поведінкових передумов цифрової трансформації. Застосування скоригованого індексу цифрової готовності CGR* дозволяє оцінювати не лише номінальну забезпеченість підприємства цифровими технологіями, а й реальну спроможність організації ефективно їх упроваджувати та використовувати.

Практичну цінність становить також використання інтегрального індексу бар'єрів Ibar як коригуючого параметра оцінювання цифрової готовності. Його застосування дозволяє систематизувати та враховувати організаційну інерцію, розірваність процесів і даних, дефіцит цифрових компетентностей, недостатню готовність персоналу до змін, фінансові та регуляторні обмеження. Такий підхід створює можливість переходу від констатації проблем цифровізації до визначення конкретних напрямів управлінського впливу, спрямованих на зниження сили відповідних бар'єрів.

У практичній діяльності компанії використано розроблену здобувачем логіку поетапного подолання внутрішніх і зовнішніх бар'єрів цифрової трансформації. Вона передбачає послідовне виконання діагностичних, аналітичних, прогнозних та управлінських процедур: визначення критичних обмежень, оцінювання їх впливу на результативність, формування альтернативних сценаріїв та вибір відповідних заходів управлінського реагування. Такий

підхід забезпечує можливість пов'язувати інвестиції у цифровізацію не лише з придбанням технологій, а й з необхідними організаційними, кадровими та процесними змінами.

Окремим напрямом впровадження стало використання положень щодо формування інтегрованого інформаційного середовища девелоперської компанії. Практична реалізація такого середовища передбачає наскрізне поєднання інформації про об'єкти будівництва, договори, графіки робіт, ресурси, постачання та фінансові потоки. Інтеграція відповідних даних створює можливість своєчасно виявляти причинно-наслідкові зв'язки між змінами окремих параметрів проєкту та їх економічними наслідками, що підвищує прозорість управління та скорочує час реагування на відхилення.

Застосування BI-інструментів у складі запропонованого цифрово-аналітичного середовища дозволило сформуванню інформаційний контур моніторингу ключових показників діяльності. Аналітичні панелі можуть використовуватися для відстеження виконання календарних і фінансових параметрів, ресурсного забезпечення, стану постачання, клієнтських взаємодій та ризиків відхилення від запланованих показників. Це сприяє підвищенню оперативності управлінських рішень та створює основу для переходу від ретроспективного контролю до прогнозно-орієнтованого управління.

Практичне застосування отримав також запропонований підхід до сценарного прогнозування розвитку девелоперської компанії. Його використання дозволяє моделювати альтернативні траєкторії розвитку залежно від зміни внутрішніх і зовнішніх чинників, зокрема фінансових, регуляторних, ресурсних та кадрових обмежень. Результати сценарного аналізу можуть використовуватися для визначення пріоритетності цифрових інвестицій, коригування параметрів окремих проєктів та перерозподілу ресурсів між напрямками діяльності компанії.

Важливим результатом є апробація підходу до інтеграції економічних технологій у єдиний контур управління. ERP

використовується як основа координації ресурсів та фінансових потоків, CRM — для управління клієнтськими взаємодіями, SCM — для забезпечення стабільності постачання, BI — для аналітичного опрацювання даних і прогнозування, а Lean-підходи — для системного виявлення та усунення втрат. Їх поєднання дозволяє розглядати цифрові інструменти не як сукупність автономних систем, а як взаємопов'язані елементи економічної технології розвитку девелоперської компанії.

У діяльності підприємства використано також положення щодо інтеграції цифрово-аналітичного управління з принципами ESG та концепцією Triple Bottom Line. Такий підхід створює передумови для одночасного врахування економічних, соціальних та екологічних результатів розвитку, що є важливим для оцінювання довгострокової стійкості девелоперської компанії, її інвестиційної привабливості та репутаційної надійності.

Практична цінність наукових результатів полягає також у можливості формування дорожніх карт цифрової трансформації з урахуванням фактичного рівня готовності підприємства, сили трансформаційних бар'єрів, доступних ресурсів та очікуваного економічного ефекту. Такий підхід дозволяє визначати послідовність цифрових змін, встановлювати пріоритети їх реалізації та здійснювати подальший моніторинг отриманих результатів.

За результатами практичного використання науково-прикладних розробок Оксенчука Р.О. удосконалено окремі процедури оцінювання цифрової готовності, діагностики трансформаційних бар'єрів, інтеграції цифрових технологій та прогнозування розвитку девелоперської компанії. Запропонований інструментарій сприяє підвищенню прозорості інформаційних потоків, обґрунтованості економічних рішень, адаптивності управління та стратегічної стійкості підприємства в умовах динамічного ринкового середовища.

Директор

ТОВ «Спецбудпроект»



П.П. Павленко

**ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів наукових досліджень
Оксенчука Романа Олександровича**



Вих. № 425 від 29.05.2026 р.

Повідомляємо про використання окремих науково-прикладних результатів дослідження Оксенчука Романа Олександровича у практичній діяльності компанії ТОВ «Експертиза С». Запропоновані автором положення та інструменти використано під час вирішення питань економічного забезпечення розвитку компанії, цифрової трансформації управлінських процесів, підвищення операційної та інвестиційної стійкості, а також адаптації управлінських рішень до змін ринкового середовища.

При впровадженні результатів дисертації в практиці нашої компанії було забезпечено суттєву модернізацію концептуально-теоретичних та методичних підходи до трактування нових економічних технологій розвитку девелоперських компаній як інтегрованої цифрово-аналітичної системи управління вартістю та результативністю діяльності. Практичне значення цього підходу полягає у можливості поєднання фінансових, управлінських, інформаційних та аналітичних механізмів у єдиному контурі прийняття рішень.

У діяльності компанії використано положення щодо переходу від фрагментарного обліку до data-driven управління, за якого економічні рішення ґрунтуються на системному опрацюванні фінансових, ресурсних, транзакційних та операційних даних. Інтеграція відповідних інформаційних потоків створює передумови для підвищення прозорості економічних процесів, своєчасного виявлення відхилень та прогнозування їх можливих наслідків.

Подальшого розвитку набули підходи до інтеграції ERP, CRM, SCM, BI та Lean-технологій у цифрову екосистему девелоперської компанії. Їх комплексне використання дозволяє узгоджувати управління ресурсами, взаємодію із замовниками та контрагентами, постачання, аналітичне опрацювання даних і вдосконалення бізнес-процесів. Практична цінність такого поєднання полягає у формуванні єдиного інформаційного середовища для прийняття рішень на стратегічному, тактичному та операційному рівнях.

У практичній роботі компанії використано також положення щодо подальшого розвитку концепції інноваційно-економічних технологій сталого

девелопменту через інтеграцію принципів ESG та Triple Bottom Line. Зазначений підхід дозволяє враховувати не лише поточні економічні результати, а й довгострокові соціальні, екологічні та репутаційні наслідки реалізації девелоперських рішень. Практичну цінність становлять розроблені автором підходи до оцінювання цифрової зрілості та стратегічної стійкості компанії. Використання системи взаємопов'язаних індикаторів дозволяє комплексно оцінювати готовність підприємства до цифрових змін, силу трансформаційних обмежень та результати впровадження економічних технологій. Це створює основу для обґрунтування пріоритетів цифрового розвитку та визначення напрямів ресурсного забезпечення відповідних заходів.

Окреме практичне значення мають положення щодо формування адаптивної моделі управління, у межах якої результати поточного моніторингу поєднуються із прогнозуванням та сценарним аналізом. Така модель забезпечує можливість своєчасного коригування управлінських рішень залежно від зміни фінансових, ресурсних, організаційних та ринкових параметрів діяльності.

Застосування розробленого інструментарію дозволяє також формувати дорожні карти цифрової трансформації з урахуванням наявних ресурсів, рівня цифрової готовності, трансформаційних бар'єрів та очікуваних економічних ефектів. Практичне використання такого підходу сприяє більш обґрунтованому визначенню послідовності цифрових змін та узгодженню технологічних інвестицій із стратегічними цілями розвитку компанії.

За результатами використання науково-прикладних розробок Оксенчука Р.О. удосконалено окремі процедури цифрово-аналітичного забезпечення діяльності компанії, оцінювання результативності технологічних змін, прогнозування економічних параметрів та адаптивного коригування управлінських рішень. Запропоновані положення мають практичну цінність для підвищення економічної ефективності, прозорості, ресурсної збалансованості та стратегічної стійкості девелоперської компанії.

Директор

ТОВ «Експертиза С»



В.П. Голуб

**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА
ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ**

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Приходько Д.О., Оксенчук Р.О., Ананко Є.І., Біденко Д.В. Математичне та економічне моделювання стадій, бізнес-процесів і механізмів ухвалення рішень щодо стратегічних змін у компаніях-стейкхолдерах будівельної галузі. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2024. Вип. 53, т. 2. С. 256–275. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(2\).256-275](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(2).256-275)

(Особистий внесок здобувача: систематизація моделей процесів стратегічних змін у будівельному секторі за стадіями та бізнес-процесами компаній-стейкхолдерів)

2. Чуприна Х.М., Мовсесян А.С., Оксенчук Р.О., Ананко Є.І. Оцінка інвестиційного клімату, ключових викликів та інституційних факторів як основи методології управління розвитком і стратегічними трансформаціями будівельних підприємств-стейкхолдерів. Формування ринкових відносин в Україні. 2025. № 2 (285). С. 38–51. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15315733>

(Особистий внесок здобувача: аналіз інвестиційного середовища м. Києва та динаміки змін зовнішнього середовища будівельних компаній)

3. Петруха Н.М., Вовкович Ю.В., Мовсесян А.С., Оксенчук Р.О. Використання міжнародного досвіду управління змінами для розроблення інструментарію вибору стратегії будівельного підприємства. Формування ринкових відносин в Україні. 2025. № 3 (286). С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15623698>

(Особистий внесок здобувача: адаптація міжнародних практик управління змінами до умов українського будівельного ринку та обґрунтування практичних рекомендацій щодо вибору оптимальної стратегії будівельного підприємства)

4. Згалат-Лозинська Л.О., Оксенчук Р.О., Ползіков М.О., Матвеїв В.В. Адаптивні моделі стратегічного управління девелоперськими будівельними проєктами в умовах динамічного економічного середовища. Формування ринкових відносин в Україні. 2025. № 5 (288). С. 5–17. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17019081>

(Особистий внесок здобувача: оцінювання рівня адаптивності стратегічних підходів до управління девелоперськими проєктами та порівняльна характеристика цих підходів в умовах динамічного середовища)

5. Чуприна Ю.А., Ползіков М.О., Матвеїв В.В., Оксенчук Р.О. Загально-методичні підходи до оцінки впливу внутрішніх та зовнішніх факторів на інноваційний розвиток підприємств-виконавців девелоперських проєктів. Просторовий розвиток. 2025. Вип. 12. С. 162–179. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.12.162-179>

(Особистий внесок здобувача: SWOT-аналіз будівельного підприємства — виконавця девелоперських проєктів у контексті чинників інноваційного розвитку)

6. Чуприна Ю.А., Ползіков М.О., Оксенчук Р.О., Алексєєнко В.О. Концептуалізація мультипроєктної діяльності в будівельному секторі. Просторовий розвиток. 2025. Вип. 13. С. 729–742. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.13.729-742>

(Особистий внесок здобувача: обґрунтування ролі цифрових інструментів (BIM, ERP, PMIS) та аналітичної підтримки ухвалення рішень у системі управління мультипроєктною діяльністю будівельної компанії)

7. Оксенчук Р.О. Вплив технологій сталого розвитку на стратегічне управління та ефективність девелоперських компаній у динамічному ринковому середовищі. Формування ринкових відносин в Україні. 2026. № 11 (294). С. 41–55. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18853393>

8. Козак А. А., Соболев Д. В., Данилов С. Ю., Оксенчук Р. О., Шаршун Ф. К. Концептуалізація енергоадаптованих будівельних проєктів у контексті сталого розвитку, регуляторного поля та цифрової трансформації. Шляхи

підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2022. Вип. 49, т. 2. С. 305–319. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49\(2\).305-319](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).305-319)

(Особистий внесок здобувача: систематизація нормативів енергоефективності та взаємозв'язків між регуляторним полем, проектними стандартами й енергоадаптацією будівель)

9. Оксенчук Р.О. Дослідження ключових концепцій економічних технологій та їх застосування в девелоперському бізнесі. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2025. Т. 2, № 56. С. 275–286. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(2\).275-286](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(2).275-286)

10. Чуприна Ю.А., Матвеїв В.В., Оксенчук Р.О., Литарев О.Г. Підходи до формалізованого оцінювання рівня трудової мотивації персоналу з урахуванням галузевої специфіки будівництва. Будівельне виробництво. 2025. № 81. С. 29–38. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.81.29-38>

(Особистий внесок здобувача: виявлення специфічних чинників будівельного середовища та оцінка їхнього впливу на трудову мотивацію персоналу)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

11. Оксенчук Р.О. Технології розвитку девелоперських компаній. Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України : круглий стіл (м. Київ, 30 трав. 2023 р.) : програма. Київ : КНУБА, 2023. URL: <https://lnk.ua/FL4IPeGId>

12. Оксенчук Р.О. Системне моделювання впливу інноваційних технологій на стратегічну стійкість девелоперської діяльності. Енергоощадні машини і технології : програма V Міжнар. наук.-практ. конф., 22–24 трав. 2024 р., м. Київ. Київ : КНУБА, 2024. URL: <https://lnk.ua/wmbp18Yos>

13. Приходько Д.О., Оксенчук Р.О., Ананко Є.І. Економічні технології розвитку девелоперських компаній та кластеризація стейкхолдерів житлового будівництва на ґрунті BSC. Актуальні проблеми освітнього процесу в

контексті європейського вибору України : матеріали VIII Міжнар. конф., 12 листоп. 2025 р., м. Київ. Київ : КНУБА, 2025. С. 412–413. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3ee36dea-c2b0-4aa6-ab17-18bcc01dccc3/content>

14. Горбач М., Оксенчук Р. Оцінювання готовності будівельного бізнесу до впровадження інноваційних економічних технологій. Економіка та підприємництво в умовах сучасних викликів : матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф., 4 черв. 2026 р., м. Житомир. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2026. С. 341–343. URL: https://fileview.ukr.net/?url=https%3A%2F%2Fmail.ukr.net%2Fapi%2Fpublic%2Ffile_view%2Flist%3Ftoken%3DXKI0KzG41Axyd_j-XdjN6GxIVBqHfVuIOSaXTFmMtocs57O4ueRtatd2QAxSUjpMMeYf1ZJQVs1ZSSBOldEbTLpV2WnIx-oXy3Y%3ARZ-q3GjxmBNUbE2H%26r%3D1790711204696&default_mode=view&lang=uk&mli d=0#start=0

АНКЕТА ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЦИФРОВОЇ ГОТОВНОСТІ ТА ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ БАР'ЄРІВ ДЕВЕЛОПЕРСЬКОЇ КОМПАНІЇ

Шановний експерте! Просимо Вас взяти участь в експертному оцінюванні цифрової готовності та трансформаційних бар'єрів девелоперських компаній. Опитування проводиться в межах наукового дослідження і не має на меті оцінювання діяльності окремих осіб чи підрозділів. Відповіді використовуються в узагальненому вигляді; персональні дані не розголошуються. Анкета є інструментом методики, викладеної в підрозділі 2.1, і складається з трьох частин; орієнтовний час заповнення — до 60 хвилин. Частини 1 і 3 заповнюються щодо девелоперських компаній загалом, частина 2 — щодо підприємства, яке Ви представляєте.

Відомості про експерта

Показник	Відповідь
Посада	
Функціональний напрям (економіка та фінанси / проєктування / будівництво / реалізація / інформаційні технології)	
Стаж роботи у сфері девелопменту або будівництва, років	
Участь у проєктах упровадження цифрових рішень (так / ні)	
Умовний код експерта	
Дата заповнення	

Прізвище та ініціали не зазначаються; для зіставлення результатів турів кожному експерту присвоюється умовний код.

Частина 1. Оцінювання значущості критеріїв

1.1. Оцінювання значущості критеріїв (тури методу Дельфі)

Оцініть значущість кожного критерію для результативності цифрової трансформації девелоперської компанії за дев'ятибальною шкалою: 1 — критерій не має значення; 9 — критерій має визначальне значення. У другому й третьому турах поруч із критерієм наводяться медіана та

міжквартильний розмах оцінок групи за попередній тур; Ви можете зберегти або змінити свою оцінку.

Критерій	Медіана (міжквартильний розмах) за попередній тур	Оцінка значущості (1–9)
K1. IT-інфраструктура		
K2. Рівень автоматизації		
K3. Аналітична підтримка		
K4. Організаційна структура		
K5. Система показників результативності		
K6. Інтеграція з підрядниками		
K7. Навчання персоналу		
K8. Цифрова культура		
K9. Фінансова готовність		
K10. Підтримка керівництва		

Разом: 10 оцінок у кожному турі.

1.2. Попарне порівняння груп критеріїв

Порівняйте групи критеріїв за їх значущістю для результативності цифрової трансформації. У кожному рядку зазначте важливішу групу та ступінь переваги за шкалою: 1 — однаково важливі; 3 — помірна перевага; 5 — істотна; 7 — значна; 9 — абсолютна. Проміжні значення 2, 4, 6, 8 використовуються за потреби.

№	Група А	Група Б	Важливіша	У скільки разів
1	Технологічна	Організаційна		
2	Технологічна	Кадрова		
3	Технологічна	Фінансово-управлінська		
4	Організаційна	Кадрова		
5	Організаційна	Фінансово-управлінська		
6	Кадрова	Фінансово-управлінська		

Разом: 6 порівнянь.

1.3. Попарне порівняння критеріїв усередині груп

Критерії різних груп між собою не порівнюються: їх відносна значущість визначається через ваги груп, одержані в п. 1.2.

№	Група	Критерій А	Критерій Б	Важливіший	Разів
1	Технологічна	K1. IT-інфраструктура	K2. Рівень автоматизації		
2	Технологічна	K1. IT-інфраструктура	K3. Аналітична підтримка		

3	Технологічна	К2. Рівень автоматизації	К3. Аналітична підтримка		
4	Організаційна	К4. Організаційна структура	К5. Система показників результативності		
5	Організаційна	К4. Організаційна структура	К6. Інтеграція з підрядниками		
6	Організаційна	К5. Система показників результативності	К6. Інтеграція з підрядниками		
7	Кадрова	К7. Навчання персоналу	К8. Цифрова культура		
8	Фінансово-управлінська	К9. Фінансова готовність	К10. Підтримка керівництва		

Разом: 8 порівнянь. Загалом у пп. 1.2–1.3 — 14 суджень.

1.4. Попарне порівняння бар'єрів і складових бар'єрності

Порівняйте бар'єри в межах кожної складової за силою їх гальмівного впливу на результативність цифрової трансформації, а в останньому рядку — внутрішню та зовнішню складові між собою. Шкала та порядок заповнення — як у п. 1.2. Бар'єри різних складових між собою не порівнюються.

№	Складова	Бар'єр А	Бар'єр Б	Сильніший	Разів
1	Внутрішня	В1. Фрагментарність процесів	В2. Організаційна інерція		
2	Внутрішня	В1. Фрагментарність процесів	В3. Брак лідерства		
3	Внутрішня	В1. Фрагментарність процесів	В4. Дефіцит цифрових навичок		
4	Внутрішня	В1. Фрагментарність процесів	В5. Слабка комунікація		
5	Внутрішня	В2. Організаційна інерція	В3. Брак лідерства		
6	Внутрішня	В2. Організаційна інерція	В4. Дефіцит цифрових навичок		
7	Внутрішня	В2. Організаційна інерція	В5. Слабка комунікація		
8	Внутрішня	В3. Брак лідерства	В4. Дефіцит цифрових навичок		
9	Внутрішня	В3. Брак лідерства	В5. Слабка комунікація		
10	Внутрішня	В4. Дефіцит цифрових навичок	В5. Слабка комунікація		
11	Зовнішня	В6. Правова нестабільність	В7. Податкові обмеження		
12	Зовнішня	В6. Правова нестабільність	В8. Обмеження кредитування		

№	Складова	Бар'єр А	Бар'єр Б	Сильніший	Разів
13	Зовнішня	В6. Правова нестабільність	В9. Регуляторні процедури		
14	Зовнішня	В6. Правова нестабільність	В10. Ринкова нестабільність		
15	Зовнішня	В7. Податкові обмеження	В8. Обмеження кредитування		
16	Зовнішня	В7. Податкові обмеження	В9. Регуляторні процедури		
17	Зовнішня	В7. Податкові обмеження	В10. Ринкова нестабільність		
18	Зовнішня	В8. Обмеження кредитування	В9. Регуляторні процедури		
19	Зовнішня	В8. Обмеження кредитування	В10. Ринкова нестабільність		
20	Зовнішня	В9. Регуляторні процедури	В10. Ринкова нестабільність		
21	Складові	Внутрішня складова (В1–В5)	Зовнішня складова (В6–В10)		

Разом: 21 судження (по 10 у кожній складовій і 1 порівняння складових).

Загалом у частині 1 — 10 оцінок значущості та 35 попарних порівнянь.

Частина 2. Оцінювання стану підприємства

Оцініть стан Вашого підприємства за кожним критерієм і ступінь прояву кожного бар'єра за дев'ятибальною шкалою, де 1 — найнижчий рівень (для бар'єрів — відсутність прояву), 9 — найвищий. Якщо зазначений документ Вам недоступний, оцінку можна дати за власним спостереженням, позначивши це літерою «О» в останній графі.

2.1. Критерії цифрової готовності

Критерій	Зміст	Джерело даних	Оцінка	О
К1. IT-інфраструктура	Наявність і стан серверного, мережевого та клієнтського обладнання, ліцензованого програмного забезпечення	Облік основних засобів; ліцензійні угоди		
К2. Рівень автоматизації	Частка господарських операцій, що виконуються без ручного введення даних	Журнали облікової системи		
К3. Аналітична підтримка	Наявність аналітичного контуру та регулярність формування управлінської звітності	Регламент управлінської звітності		
К4.	Наявність підрозділу або	Штатний розпис;		

Організаційна структура	відповідальної особи за цифровий розвиток	положення про підрозділи		
K5. Система показників результативності	Наявність системи показників результативності, пов'язаної з оплатою праці	Положення про оплату праці; звіти про виконання		
K6. Інтеграція з підрядниками	Частка підрядників, з якими обмін даними ведеться в електронній формі	Договори підряду; журнали документообігу		
K7. Навчання персоналу	Частка працівників, які пройшли навчання цифровим інструментам за період	Плани навчання; підтвердні документи		
K8. Цифрова культура	Готовність персоналу застосовувати аналітичні інструменти в щоденній роботі	Внутрішнє опитування; статистика використання систем		
K9. Фінансова готовність	Частка витрат на цифровий розвиток у загальних адміністративних витратах	Кошторис адміністративних витрат		
K10. Підтримка керівництва	Наявність затвердженої програми цифрового розвитку та закріпленого бюджету	Рішення керівних органів		

2.2. Трансформаційні бар'єри

Бар'єр	Прояв у діяльності	Показник вимірювання	Оцінка	О
B1. Фрагментарність процесів	Паралельне ведення обліку в несумісних системах	Частка операцій, що вимагають повторного введення тих самих даних		
B2. Організаційна інерція	Збереження регламентів, що не переглядалися після зміни умов	Середній строк від ухвалення рішення до зміни регламенту		
B3. Брак лідерства	Формальна підтримка змін керівництвом без закріплення ресурсів	Частка ініціатив, що не вийшли за межі пілотного етапу		
B4. Дефіцит цифрових навичок	Використання персоналом лише базових інструментів	Частка працівників, які не працюють з аналітичними системами		
B5. Слабка комунікація	Відсутність регулярної міжфункціональної взаємодії	Кількість міжфункціональних узгоджень на місяць		
B6. Правова нестабільність	Зміни містобудівних умов і дозвільних вимог протягом циклу проєкту	Кількість змін нормативних вимог за період		
B7. Податкові обмеження	Зміна ставок і правил амортизації цифрових	Частка податкового навантаження у		

	активів	витратах		
B8. Обмеження кредитування	Оцінювання лише наявного майна замість фінансової моделі проєкту	Відношення обсягу залученого фінансування до потреби		
B9. Регуляторні процедури	Затягування погоджень і підключення до інфраструктури	Середня тривалість дозвільних процедур		
B10. Ринкова нестабільність	Коливання попиту та цін у межах циклу проєкту	Коефіцієнт варіації обсягу реалізації за період		

2.3. Пропозиції щодо повноти переліку

№	Пропонований критерій або бар'єр	Обґрунтування
1		
2		
3		

Опитування проводиться у два–три тури: перший тур дає первинний розподіл оцінок, другий — їх уточнення, третій проводиться лише за недосягнення критерію збіжності. Після кожного туру надсилаються узагальнені результати у вигляді медіани та міжквартильного розмаху без зазначення авторства окремих оцінок. Критерієм завершення турів є коефіцієнт варіації оцінок значущості (п. 1.1) не вище 0,33 за всіма критеріями. Узгодженість суджень у пп. 1.2–1.4 перевіряється відношенням узгодженості ($CR \leq 0,10$), узгодженість групи — коефіцієнтом конкордації Кендалла з поправкою на зв'язані ранги та перевіркою значущості за критерієм хі-квадрат, міжгрупова узгодженість — критерієм Крускала — Уолліса (підрозділ 2.1).

Частина 3. Оцінювання зв'язків моделі взаємозв'язку

Для кожного зв'язку зазначте напрям впливу (+ — підсилювальний; – — гальмівний; 0 — вплив відсутній) та його силу за шкалою: 1 — дуже слабкий; 3 — слабкий; 5 — помірний; 7 — сильний; 9 — дуже сильний (проміжні значення 2, 4, 6, 8 — за потреби). Оцінка сили ділиться на 10 і береться зі знаком напрямку; ваговий коефіцієнт зв'язку визначається як середнє значення за групою в проміжку від –1 до 1.

№	Від концепту	До концепту	Напрям (+ / – / 0)	Сила (1–9)
1	C2. Внутрішні трансформаційні бар'єри	C5. Операційна стійкість		
2	C2. Внутрішні трансформаційні бар'єри	C8. Компетентність і вмотивованість персоналу		
3	C3. Бар'єри середовища	C6. Фінансова стійкість		
4	C3. Бар'єри середовища	C7. Інвестиційна стійкість		
5	C4. Скоригована цифрова готовність	C5. Операційна стійкість		
6	C4. Скоригована цифрова готовність	C9. Аналітичний контур ухвалення рішень		
7	C5. Операційна стійкість	C6. Фінансова стійкість		
8	C5. Операційна стійкість	C8. Компетентність і вмотивованість персоналу		
9	C6. Фінансова стійкість	C5. Операційна стійкість		
10	C6. Фінансова стійкість	C7. Інвестиційна стійкість		
11	C7. Інвестиційна стійкість	C5. Операційна стійкість		
12	C8. Компетентність і вмотивованість персоналу	C5. Операційна стійкість		
13	C9. Аналітичний контур ухвалення рішень	C5. Операційна стійкість		
14	C9. Аналітичний контур ухвалення рішень	C6. Фінансова стійкість		
15	C9. Аналітичний контур ухвалення рішень	C7. Інвестиційна стійкість		
16	C10. Цифрова узгодженість із контрагентами	C5. Операційна стійкість		
17	C10. Цифрова узгодженість із контрагентами	C6. Фінансова стійкість		
18	C10. Цифрова узгодженість із контрагентами	C7. Інвестиційна стійкість		
19	Пропонований додатковий зв'язок (за потреби)			

Разом: 18 оцінок. Концепти C1 і C4 обчислюються за формулами (2.8) і (2.12), тому їх зв'язки з C2 і C3 не оцінюються.

Дякуємо за участь.

(розроблено автором; анкета є інструментом методики підрозділу 2.1; первинні матеріали опитування за нею не збереглися, тому в модельному прикладі розділу 2 значення, які нею визначаються, прийнято умовно)

РОЗРАХУНКОВИЙ МОДУЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Таблиця Г.1

Вихідні дані модуля

Параметр	Позначення	Значення	Джерело
Річний обсяг введення в експлуатацію, м ²	S	40 000 / 15 000 / 6 000	Прийнято за масштабом діяльності
Нормувальний обсяг вкладень, грн/м ²	R ₀	400	Прийнято
Відносний обсяг бюджету	ρ	0,40	Прийнято
Питомий економічний ефект, грн/м ²	E	620 + 940 + 510 = 2 070	Прийнято
Ставка дисконтування	r	0,18	Прийнято як орієнтир
Горизонт оцінювання, років	T	7	Життєвий цикл проєкту
Приріст скоригованої готовності за роками	ΔCGR*	за результатами прогнозування	Розрахунок підрозділу 3.2

Наведені значення є прийнятими величинами і підлягають заміні на дані фінансової звітності та обліку підприємств після завершення обстеження.

Текст програмного модуля

Нижче наведено текст програмного модуля мовою Python, яким виконано розрахунки розділів 2 і 3. Вихідні дані модуля відповідають табл. Г.1 та таблицям розділів 2–3; для імітаційного моделювання зафіксовано початкове значення генератора випадкових чисел (SEED = 20260916), тому повторний запуск дає ті самі значення. Через округлення вхідних величин до третього знака окремі проміжні значення можуть відрізнятися від наведених у тексті на одиницю останнього знака.

```
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
```

Розрахунковий модуль до дисертації «Економіко-аналітичні засади цифрової трансформації розвитку девелоперських компаній». Реалізує розрахунки розділів 2-3 за формулами (2.2)–(2.21), (3.1)–(3.20) і вихідними даними, наведеними в таблицях 2.3–2.13, 3.4–3.7,

```
3.13 та Г.1. Запуск: python3 module.py
(потрібна бібліотека numpy ≥ 1.20).
Результати імітаційного моделювання
відтворюються однозначно за зафіксованим
значенням SEED.
"""
import numpy as np
```

```

# ===== 1. ВИХІДНІ ДАНІ =====
ENT = ["A", "B", "B"]
# Табл. 2.3: матриця попарних порівнянь груп
# (Техн., Орг., Кадр., Фін.-упр.)
M_GROUPS = np.array([[1, 1/2, 1, 2], [2, 1, 2, 3], [1, 1/2, 1, 3], [1/2, 1/3, 1/3, 1]])
W_GROUPS_TEXT = [0.225, 0.418, 0.248, 0.109]
RI = {1: 0, 2: 0, 3: 0.58, 4: 0.90, 5: 1.12, 6: 1.24, 7: 1.32} # індекс Саати [125]
# Табл. 2.4: локальні ваги критеріїв K1...K10
GROUP_OF = [0, 0, 0, 1, 1, 1, 2, 2, 3, 3]
W_LOCAL = [0.540, 0.297, 0.163, 0.297, 0.540, 0.163, 0.333, 0.667, 0.333, 0.667]
W_GLOBAL_TEXT = [0.121, 0.067, 0.037, 0.124, 0.226, 0.068, 0.083, 0.165, 0.036, 0.073]
# Табл. 2.5: оцінки прояву критеріїв x'_i
X = {"A": [0.85, 0.75, 0.70, 0.80, 0.75, 0.65, 0.70, 0.60, 0.85, 0.90],
      "B": [0.70, 0.50, 0.30, 0.60, 0.50, 0.40, 0.60, 0.40, 0.80, 0.90],
      "B": [0.40, 0.30, 0.15, 0.30, 0.20, 0.25, 0.30, 0.25, 0.40, 0.60]}
CRITICAL = [4, 7] # K5,
K8: глобальна вага > 1,5 середньої (0,150)
# Табл. 2.7: ваги бар'єрів та оцінки прояву
W_INT = [0.283, 0.246, 0.191, 0.161, 0.119]
# B1...B5
W_EXT = [0.270, 0.180, 0.240, 0.191, 0.119]
# B6...B10
B_INT = {"A": [.45, .40, .30, .45, .40], "B": [.75, .65, .50, .70, .60], "B": [.85, .80, .70, .85, .75]}
B_EXT = {"A": [.75, .50, .45, .60, .55], "B": [.80, .55, .70, .65, .60], "B": [.85, .65, .85, .70, .70]}
GAMMA = 0.6
# (2.11), підрозділ 2.2
# Табл. 2.12, 3.4: значення CGR, I_int, I_ext
# (три знаки), що є входами
# подальших розрахунків (НKK, модель стану)
PUB = {"A": (0.745, 0.403, 0.581), "B": (0.554, 0.652, 0.679), "B": (0.298, 0.797, 0.767)}
# Табл. 2.2: середня затримка введення, міс.
# (10 забудовників)
DELAYS = [2, 3, 4, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14]
# НKK: табл. 2.12 (початкові наближення C5...C9),
# табл. 2.13 (18 зв'язків),  $\lambda$  і  $\varepsilon$  – підрозділ 2.3
LAMBDA, EPS = 1.6, 1e-10
A0_RESULT = {5: 0.50, 6: 0.52, 7: 0.45, 8: 0.45, 9: 0.40}
LINKS = {(2, 5): -0.35, (2, 8): -0.40, (3, 6): -0.30, (3, 7): -0.45, (4, 5): 0.70, (4, 9): 0.65,
          (5, 6): 0.55, (5, 8): 0.25, (6, 5): 0.30, (6, 7): 0.50, (7, 5): 0.20, (8, 5): 0.40,
          (9, 5): 0.30, (9, 6): 0.40, (9, 7): 0.30, (10, 5): 0.35, (10, 6): 0.25, (10, 7): 0.20}
# Модель стану (3.1)–(3.4): підрозділ 3.1
A_COEF, B_COEF, RHO, U_STEP, T_STATE = 0.50, 0.50, 0.40, 0.01, 3
# Табл. 3.7: трикутні розподіли (мінімум, мода, максимум); N, T – підрозділ 3.2
DIST = {"a": (0.30, 0.50, 0.70), "b": (0.30, 0.50, 0.70), "rho": (0.25, 0.40, 0.55),
        "m_ext": (0.90, 1.00, 1.15)}
N_MC, SEED = 10_000, 20260916 #
фіксоване початкове значення генератора
# Фінансовий блок: підрозділ 3.3, табл. Г.1
S_M2 = {"A": 40_000, "B": 15_000, "B": 6_000}
# річне введення, м²
R0 = 400.0
# грн/м²
E_PARTS = (620.0, 940.0, 510.0)
# e1, e2, e3, грн/м²
E_DIST = (1100.0, 2070.0, 2700.0)
R_DISC, T_FIN, MAINT = 0.18, 7, 0.15

```

```

DELTA_STAR = {"A": 0.030, "B": 0.030, "B": 0.025} # (3.20)
PUB_S = {"A": 0.392, "B": 0.187, "B": 0.064}
# CGR* на початок (табл. 3.4, 3.8)
# Перевірка за реальною ставкою (табл. 3.14):
# прогноз інфляції НБУ на 2026–2028 рр. [163]
INFL_NBU = (0.10, 0.069, 0.05)

# ===== 2. ФУНКЦІЇ =====
def ahp(M):
    """Ваги середнім геометричним рядків i
    власним вектором,  $\lambda_{max}$ , CI (2.4), CR (2.5)."""
    M = np.asarray(M, float); n = len(M)
    gm = np.prod(M, axis=1) ** (1 / n); gm /= gm.sum()
    val, vec = np.linalg.eig(M); k = np.argmax(val.real)
    ev = np.abs(vec[:, k].real); ev /= ev.sum()
    lam = val[k].real; ci = (lam - n) / (n - 1)
    if n > 2 else 0.0
    return dict(w_gm=gm, w_ev=ev, lam=lam, ci=ci, cr=ci / RI[n] if RI[n] else float("nan"))

def minmax(x, inverse=False):
    """Нормалізація min-max (2.2), для
    дестимуляторів – (2.3)."""
    x = np.asarray(x, float); lo, hi = x.min(), x.max()
    return (hi - x) / (hi - lo) if inverse else (x - lo) / (hi - lo)

def global_weights():
    return np.array([W_GROUPS_TEXT[g] * wl for g, wl in zip(GROUP_OF, W_LOCAL)])

def cgr(x, w): return float(np.dot(w, x))
# (2.8)
def ibar(i_int, i_ext, g=GAMMA): return g * i_int + (1 - g) * i_ext # (2.11)
def cgr_star(c, ib): return c * (1 - ib) # (2.12)

def indices(w=None):
    """Інтегральні індекси для всіх підприємств: CGR, I_int (2.9), I_ext (2.10), I*bar, CGR*."""
    w = global_weights() if w is None else w
    out = {}
    for e in ENT:
        c, ii, ie = cgr(X[e], w), float(np.dot(W_INT, B_INT[e])), float(np.dot(W_EXT, B_EXT[e]))
        out[e] = dict(CGR=c, Iint=ii, Iext=ie, Ibar=ibar(ii, ie), CGRs=cgr_star(c, ibar(ii, ie)))
    return out

def fcm_matrix(links=LINKS):
    W = np.zeros((11, 11)) #
    індекси 1...10 = C1...C10; W[j, i] – вплив Cj–Ci
    for (j, i), v in links.items(): W[j, i] = v
    return W

def fcm(c, i_int, i_ext, c10, W=None, lam=LAMBDA):
    """НKK (2.16)–(2.18): вхідні C2, C3, C10 і розрахунковий C4 фіксовані; C5...C9 ітеруються.
    Повертає стаціонарні стани, S (2.19) і кількість ітерацій."""
    W = fcm_matrix() if W is None else W
    A = np.zeros(11); A[2], A[3], A[10] = i_int, i_ext, c10
    A[4] = cgr_star(c, ibar(i_int, i_ext))
    for k, v in A0_RESULT.items(): A[k] = v

```

```

res = list(A0_RESULT)
for it in range(1, 1000):
    new = A.copy()
    new[res] = 1 / (1 + np.exp(-lam * (W[:,
res].T @ A))) # синхронне оновлення
    done = np.max(np.abs(new - A)) < EPS; A
= new
    if done: break
    return dict(A=A, S=A[5:8].mean(), it=it)

def cl0_for(ix, e, override=None):
    """(2.14): середня CGR* решти підприємств
сегмента (m = 3)."""
    vals = {k: (override or {}).get(k,
ix[k]["CGRs"]) for k in ENT}
    return np.mean([vals[k] for k in ENT if k
!= e])

def superadditivity(base, tech, org, comb): #
(2.20)
    return (comb - base) / ((tech - base) +
(org - base))

def state_step(c, ii, ie, u, a=A_COEF,
b=B_COEF, rho=RHO):
    """Рівняння стану (3.1)-(3.4); працює і з
масивами numpy."""
    cl = c + a * (1 - c) * u * rho
    iil = ii * (1 - b * (1 - u) * rho)
    return cl, iil, cgr_star(cl, ibar(iil, ie))

U_GRID = np.round(np.arange(0, 1 + 1e-9,
U_STEP), 2)

def best_u(c, ii, ie, a=A_COEF, b=B_COEF,
rho=RHO):
    """Покроковий вибір u* перебором з кроком
0,01 (підрозділ 3.2), критерій (3.7)."""
    vals = state_step(c, ii, ie, U_GRID, a, b,
rho)[2]
    return U_GRID[int(np.argmax(vals))], vals

def marginals(c, ii, ie, a=A_COEF, b=B_COEF):
    """Ліва і права частини умови (3.9) за
поточним станом (табл. 3.4)."""
    return a * (1 - c) * (1 - ibar(ii, ie)), b
* GAMMA * ii * c

def trajectory(c, ii, ie, strategy, T=T_STATE,
a=A_COEF, b=B_COEF, rho=RHO):
    """Траекторія CGR* (табл. 3.6): 'tech' u=1,
'org' u=0, 'opt' – щорічний перерахунок u*."""
    path, us = [cgr_star(c, ibar(ii, ie))], []
    for _ in range(T):
        u = {"tech": 1.0, "org":
0.0}.get(strategy) if strategy != "opt" else
best_u(c, ii, ie, a, b, rho)[0]
        c, ii, cs = state_step(c, ii, ie, u, a,
b, rho); path.append(cs); us.append(u)
    return np.array(path), us

def tri_inv(q, lo, mode, hi):
    """Обернена функція трикутного розподілу
(спільні випадкові числа для всіх
варіантів)."""
    f = (mode - lo) / (hi - lo)
    return np.where(q < f, lo + np.sqrt(q * (hi
- lo) * (mode - lo)), hi - np.sqrt((1 - q) *
(hi - lo) * (hi - mode)))

def mc_draws(n=N_MC, seed=SEED, k=5):
    return
np.random.default_rng(seed).random((n, k))

```

```

def sample(Q, dist=DIST, e_dist=E_DIST):
    p = {name: tri_inv(Q[:, j], *dist[name])
for j, name in enumerate(["a", "b", "rho",
"m_ext"])}
    p["E"] = tri_inv(Q[:, 4], *e_dist); return
p

def mc_paths(c, ii, ie, p, T=T_STATE,
rho_mult=None):
    """(3.10): T тактів для N реалізацій, u*
перераховується на кожному такті і в кожній
реалізації;
множник бар'єрів середовища застосовується
до I_ext один раз на реалізацію."""
    n = len(p["a"]); C = np.full(n, c); I =
np.full(n, ii); Ie = ie * p["m_ext"]
    path = [cgr_star(C, ibar(I, Ie))]
    for t in range(T):
        rho = p["rho"] * (1 if rho_mult is None
else rho_mult[t])
        cg = C[:, None] + p["a"][:, None] * (1
- C[:, None]) * U_GRID * rho[:, None]
        ig = I[:, None] * (1 - p["b"][:, None]
* (1 - U_GRID) * rho[:, None])
        k = np.argmax(cgr_star(cg, ibar(ig,
Ie[:, None])), axis=1); r = np.arange(n)
        C, I = cg[r, k], ig[r, k];
    path.append(cgr_star(C, ibar(I, Ie)))
    return np.array(path)
# форма (T+1, N)

def mc_summary(x):
    p5, p50, p95 = np.percentile(x, [5, 50,
95])
    return dict(med=p50, mean=x.mean(),
sd=x.std(ddof=1), p5=p5, p95=p95, width=p95 -
p5)

def finance(dcgr, S, rho_path=(RHO,) * 3,
E=sum(E_PARTS), maint=MAINT, r=R_DISC,
T=T_FIN):
    """(3.15)-(3.18) у тис. грн. dcgr –
накопичений приріст CGR* за роки 1-3;
роки 4-7: ефект на рівні 3-го року, витрати
на підтримання = maint * R(3) (підрозділ 3.3)."""
    d = np.array(list(dcgr) + [dcgr[-1]] * (T -
3), float)
    Ef = d * E * S / 1e3
    R = np.array([rp * R0 * S / 1e3 for rp in
rho_path] + [maint * rho_path[-1] * R0 * S /
1e3] * (T - 3))
    disc = (1 + r) ** -np.arange(1, T + 1)
    cum = np.cumsum((Ef - R) * disc)
    icoi = (Ef * disc).sum() / (R * disc).sum()
# (3.16)
    k = int(np.argmax(cum >= 0)) if (cum >=
0).any() else None
    dpp = None if k is None else (k + 1 if k ==
0 else k + (-cum[k - 1]) / ((Ef - R)[k] *
disc[k])) # (3.18), інтерполяція
    return dict(Ef=Ef, R=R, cum=cum, NPV=cum[-
1], ICOI=icoi, DPP=dpp, PV_E=(Ef * disc).sum(),
PV_R=(R * disc).sum())

def mc_npv(e, c, ii, ie, Q, deltas=()):
    """Табл. 3.15, 3.16, (3.19)-(3.20); схема
розрахунку – підрозділ 3.3: витрати років 1-3 =
p(r) * R0 * S;
приріст ΔCGR*(t) відлічується від вихідного
CGR*(0) (без множника середовища); за правилом
(3.20)
бюджет 1,5 * R(1) у роках 2-3 входить і в
рівняння стану, і у витрати; підтримання – 15 %
від R(3).
Порівняння (підрозділ 3.3): безумовне
розширення з другого року; вартість гнучкості
ВГ = E[NPVопц] - max{E[NPVплан]; E[NPVрозш]}.

```

```

    Право припинення після року 1: витрати й
    ефект років 2-7 дорівнюють нулю (підрозділ
    3.3); оцінка вартості права –
    за рішенням, ухваленим за повної інформації
    про реалізацію, тобто верхня межа E[max(0;
    -вносок років 2-7)].
    deltas – перелік порогів  $\delta^*$  для перебору
    (очікувана NPV за правилом із кожним
    порогом)."""
    p = sample(Q); S = S_M2[e]; n = len(Q);
    disc = (1 + R_DISC) ** -np.arange(1, T_FIN + 1)
    base0 = cgr_star(c, ibar(ii, ie))
    def flows(path, mult):
    # дисконтовані чисті потоки, форма (T_FIN, N),
    тис. грн
        d = path[1:] - base0; d = np.vstack([d,
        np.repeat(d[-1:], T_FIN - 3, 0)])
        R = np.vstack([p["rho"] * mult[t] * R0
        * S for t in range(3)] + [MAINT * p["rho"] *
        mult[2] * R0 * S] * (T_FIN - 3))
        return (d * p["E"] * S - R) * disc[:,
        None] / le3
    ones = np.ones(n)
    def npv_rule(expand):
        mult = [ones, np.where(expand, 1.5,
        1.0), np.where(expand, 1.5, 1.0)]
        return flows(mc_paths(c, ii, ie, p,
        rho_mult=mult), mult).sum(0)
    plan_path = mc_paths(c, ii, ie, p); f_plan
    = flows(plan_path, [ones] * 3)
    dl = plan_path[1] - base0
    expand = dl >= DELTA_STAR[e]
    npv_plan, npv_opt, npv_all = f_plan.sum(0),
    npv_rule(expand), npv_rule(np.ones(n, bool))
    cont = f_plan[1:].sum(0)
    # внесок років 2-7 за фіксованим планом
    ab = np.maximum(0.0, -cont).mean()
    m_plan, m_opt, m_all = npv_plan.mean(),
    npv_opt.mean(), npv_all.mean()
    return dict(plan=m_plan, opt=m_opt,
    always=m_all, rov=m_opt - m_plan, share=100 *
    (m_opt - m_plan) / m_plan,
    exp=100 * expand.mean(),
    flex=m_opt - max(m_plan, m_all),
    p_neg_plan=100 * (npv_plan <
    0).mean(), p_neg_opt=100 * (npv_opt <
    0).mean(), p_neg_all=100 * (npv_all <
    0).mean(),
    abandon=ab, abandon_share=100 *
    ab / m_plan, p_cont_neg=100 * (cont <
    0).mean(),
    sweep=[(dl, npv_rule(dl >=
    dl).mean(), 100 * (dl >= dl).mean()) for dl in
    deltas])

def first_u(c, ii, ie, p):
    """u* першого такту в кожній реалізації
    (для частки реалізацій з  $u^* = 0$  і  $0 < u^* <
    1$ )."""
    Ie = ie * p["m_ext"]; rho = p["rho"]
    cg = c + p["a"][:, None] * (1 - c) * U_GRID
    * rho[:, None]
    ig = ii * (1 - p["b"][:, None] * (1 -
    U_GRID) * rho[:, None])
    return U_GRID[np.argmax(cgr_star(cg,
    ibar(ig, Ie[:, None])), axis=1)]

def level(x):
    """Рівень за шкалою скоригованої
    готовності: 0 – критичний (< 0,20), 1 –
    обмежена спроможність, 2 – спроможність до
    трансформації (>= 0,45)."""
    return int(x >= 0.20) + int(x >= 0.45)

def ua(x, dec=3, sign=False):
    """Число в українському записі (кома,
    нерозривний пробіл у тисячах, мінус «-») – для
    виводу."""

```

```

    s = f"{x:+,.{dec}f}" if sign else
    f"{x:+,.{dec}f}"
    return s.replace(",", " ").replace(".",
    ",").replace("-", "-")

def out(label, val, dec=3):
    print(f" {label:<60s} {ua(val,
    dec):>12s}")

def sec(t): print(f"\n=== {t} ===")

if __name__ == "__main__":
    sec("Аналіз ієрархій (табл. 2.3-2.4)")
    g = ahp(M_GROUPS)
    for i, n in enumerate(["технологічна",
    "організаційна", "кадрова", "фінансово-
    управлінська"]):
        out(f"вара групи «{n}»", g["w_gm"][i])
        out("λmax", g["lam"]); out("CI", g["ci"]);
    out("CR", g["cr"])
    out("CR матриці другого рівня 3×3",
    ahp([[1, 2, 3], [1/2, 1, 2], [1/3, 1/2,
    1]])["cr"])
    wg = global_weights()
    for i in range(10): out(f"глобальна вага
    K{i+1}", wg[i])
    sec("Нормалізація min-max затримок введення
    (табл. 2.2)")
    print(" " + "; ".join(ua(v, 3) for v in
    minmax(DELAGS)))
    sec("Інтегральні індекси (2.8)-(2.12),
    табл. 2.5, 2.7")
    W = np.array(W_GLOBAL_TEXT); exact =
    indices(W)
    for e in ENT:
        v = exact[e]; print(f" {e}: CGR =
        {ua(v['CGR'])}; I_int = {ua(v['Iint'])}; I_ext
        = {ua(v['Iext'])}; I*bar = {ua(v['Ibar'])};
        CGR* = {ua(v['CGRs'])}")
        ix = {e: dict(CGR=c, Iint=i1, Iext=i2,
        Ibar=ibar(i1, i2), CGRs=cgr_star(c, ibar(i1,
        i2))) for e, (c, i1, i2) in PUB.items()}
        sec("Чутливість CGR до зміни var на ±20 %
        (табл. 2.11)")
        for e in ENT:
            base = exact[e]["CGR"]; vals = []
            for i in range(10):
                for s in (1.2, 0.8):
                    w2 = W.copy(); w2[i] *= s; w2
                    /= w2.sum(); vals.append(cgr(X[e], w2))
                dev = max(abs(v - base) for v in vals)
                lvl = lambda v: int(v >= .3) + int(v >=
                .6)
                chg = sum(lvl(v) != lvl(base) for v in
                vals)
                print(f" {e}: мін. {ua(min(vals), 4)};
                макс. {ua(max(vals), 4)}; макс. відхилення
                {ua(dev, 3)} ({ua(100 * dev / base, 2)} %);
                змін рівня: {chg} з 20")
            sec("Нечітка когнітивна карта (табл. 2.14-
                2.17)")
            Wf = fcm_matrix(); cen = np.abs(Wf).sum(1)
            + np.abs(Wf).sum(0)
            print(" центральність C2...C10: " + ";
            ".join(ua(cen[k], 2) for k in range(2, 11)))
            c10 = {e: c10 for (ix, e) for e in ENT}
            base = {e: fcm[ix[e]["CGR"], ix[e]["Iint"],
            ix[e]["Iext"], c10[e]] for e in ENT}
            for e in ENT:
                b = base[e]; print(f" {e}: C10 =
                {ua(c10[e])}; C5 = {ua(b['A'][5])}; C6 =
                {ua(b['A'][6])}; C7 = {ua(b['A'][7])}; C8 =
                {ua(b['A'][8])}; S = {ua(b['S'])}; ітерації
                {b['it']}")
            def scen(e, dc=0, di=0, de=0, c10v=None):
                v = ix[e]; return fcm(v["CGR"] + dc,
                v["Iint"] + di, v["Iext"] + de, c10[e] if c10v
                is None else c10v)

```

```

sc = {k: scen("B", *d) for k, d in
{"технологічний": (.1, 0, 0), "організаційний":
(0, -.1, 0), "комбінований": (.1, -.1, 0),
"середовище": (0, 0, -.1)}.items()}
for k, r in sc.items():
    print(f" B, {k}: C4 = {ua(r['A'][4])};
C5 = {ua(r['A'][5])}; C6 = {ua(r['A'][6])}; C7
= {ua(r['A'][7])}; S = {ua(r['S'])}; ΔS =
{ua(r['S'] - base['B']['S'], 4)}")
    cs = {k: sc[k]["A"][4] - base["B"]["A"][4]
for k in sc}
    out("k на рівні CGR* (B), (2.20)",
cs["комбінований"] / (cs["технологічний"] +
cs["організаційний"]))
    for e in ENT:
        q = [scen(e, *d) for d in [(0.1, 0,
0), (0, -.1, 0), (.1, -.1, 0)]]
        out(f"k на рівні S ({e})",
superadditivity(base[e]["S"], *q))
        sec("Модель стану (3.1)-(3.9), табл. 3.4-
3.6")
        s0 = PUB
        for e in ENT:
            L_, R_ = marginals(*s0[e]); u, _ =
best_u(*s0[e])
            print(f" {e}: маржинальні прирости
{ua(L_)} / {ua(R_)}; відношення {ua(R_ / L_,
2)}; u* = {ua(u, 2)}")
            traj = {}
            for e in ENT:
                for st, lab in (("tech",
"технологічна"), ("org", "організаційна"),
("opt", "покроково оптимальна")):
                    p_, us = trajectory(*s0[e], st);
traj[(e, st)] = p_
                    print(f" {e}, {lab}: " + ";
".join(ua(x) for x in p_[1:]))
                    sec("Імітаційне моделювання (табл. 3.8-
3.10), N = 10 000")
                    Q = mc_draws(); P = sample(Q)
                    paths = {e: mc_paths(*s0[e], P) for e in
ENT}
                    for e in ENT:
                        m = mc_summary(paths[e][-1])
                        print(f" {e}: медіана {ua(m['med'])};
середнє {ua(m['mean'])}; СКВ {ua(m['sd'], 4)};
5-й процентиль {ua(m['p5'])}; 95-й процентиль
{ua(m['p95'])}; розмах {ua(m['width'])}; CV
{ua(100 * m['sd'] / m['mean'], 1)} %")
                        print(f" P(CGR* ≥ 0,20) = {ua(100
* np.mean(paths[e][-1] >= .2), 1)} %; P(CGR* ≥
0,45) = {ua(100 * np.mean(paths[e][-1] >= .45),
1)} %")
                        for thr in (.30, .32, .35): out(f"B: P(CGR*
≥ {ua(thr, 2)}), %, 100 * np.mean(paths["B"][-
1] >= thr), 1)
                        for kf in (1.3, 1.5, 1.8): out(f"B: P(CGR*
≥ 0,20) за бюджету ×{ua(kf, 1)}, %, 100 *
np.mean(mc_paths(*s0["B"], P, rho_mult=[kf] *
3)[-1] >= .2), 1)
                        ul = {e: first_u(*s0[e], P) for e in ENT}
                        out("A: частка реалізацій з u* = 0 на
першому такті, %, 100 * np.mean(ul["A"] == 0),
0)
                        out("B: частка реалізацій з u* = 0 на
першому такті, %, 100 * np.mean(ul["B"] == 0),
0)
                        M0 = np.median(paths["B"][-1])
                        PARAMS = [("m_ext", "бар'єри середовища"),
("rho", "обсяг бюджету ρ"), ("b", "коефіцієнт
b"), ("a", "коефіцієнт a")]
                        for shift_all, title in ((False, "табл.
3.9: зміна моди ±20 %"), (True, "табл. 3.10:
зсув мінімуму, моди й максимуму ±20 %")):
                            print(f" Чутливість медіани (B),
{title}; базова медіана {ua(M0, 4)}")
                            for name, lab in PARAMS:
                                dev = []
                                for s in (1.2, 0.8):

```

```

lo, mo, hi = DIST[name]; D =
dict(DIST)
D[name] = (lo * s, mo * s, hi *
s) if shift_all else (min(lo, mo * s), mo * s,
max(hi, mo * s))
dev.append(np.median(mc_paths(*s0["B"],
sample(Q, D))[-1]) - M0)
    print(f" {lab}: +20 % →
{ua(dev[0], 4, True)}; -20 % → {ua(dev[1], 4,
True)}; S_j = {ua(100 * max(map(abs, dev)) /
M0, 2)} %")
    sec("Фінансовий розрахунок (табл. 3.13-
3.16), тис. грн")
    FIN = {}
    for e in ENT:
        p_ = np.round(traj[(e, "opt")], 3)
        f = finance(p_[1:] - p_[0], S_M2[e]);
FIN[e] = f
        print(f" {e}: вкладення {ua(f['R'][0],
0)}; накопичений дисконтований потік: " + ";
".join(ua(x, 0) for x in f["cum"]))
        print(f" NPV = {ua(f['NPV'], 0)};
ІЦОІ = {ua(f['ICOI'])}; DPP = {ua(f['DPP'], 2)}
року")
        r_real = (1 + R_DISC) / (1 +
np.mean(INFL NBU)) - 1
        out("реальна ставка дисконтування", r_real,
4)
        for e in ENT:
            f = FIN[e]
            for r, lag in [(r_real, 0), (R_DISC,
1), (r_real, 1)]:
                Ef = np.concatenate([[0.0],
f["Ef"][:-1]]) if lag else f["Ef"]
                disc = (1 + r) ** -np.arange(1,
T_FIN + 1); cf = (Ef - f["R"]) * disc; cum =
np.cumsum(cf)
                k = int(np.argmax(cum >= 0)); dpp =
k + (-cum[k - 1]) / cf[k]
                print(f" {e}: r = {ua(r, 4)}, лаг
{lag} p.: NPV = {ua(cum[-1], 0)}; ІЦОІ =
{ua((Ef * disc).sum() / (f["R"] *
disc).sum())}; DPP = {ua(dpp, 2)}")
                Qf = mc_draws(seed=SEED + 1)
                for e in ENT:
                    r_ = mc_npv(e, *s0[e], Qf)
                    print(f" {e}: E[NPV] план
{ua(r_['plan'], 0)}; за правилом (3.20)
{ua(r_['opt'], 0)}; приріст {ua(r_['rov'], 0)}
{ua(r_['share'], 1)} %; реалізацій із
розширенням {ua(r_['exp'], 0)} %")
                    print(f" безумовне розширення
{ua(r_['always'], 0)}; вартість гнучкості
{ua(r_['flex'], 0)}; P(NPV < 0) за планом
{ua(r_['p_neg_plan'], 1)} %; вартість права
припинення {ua(r_['abandon_share'], 2)} %
E[NPV]")

```

МАТЕРІАЛИ КОНТЕНТ-АНАЛІЗУ ВІДКРИТИХ ДЖЕРЕЛ**Д.1. Склад джерел і порядок відбору**

Генеральну сукупність утворили відкриті джерела про діяльність девелоперських компаній київського ринку житлової нерухомості: для індикатора строків введення — рейтинг «Надійні забудовники Києва 2020» порталу KtoStroit (електронний ресурс: <https://ktostroit.com/ua/kyiv-rating>, дата звернення: 16.09.2026), що містить середні затримки за всіма зданими чергами забудовників з 2013 р.; для решти індикаторів табл. 2.1 — публікації за 2021–2025 роки (збір даних за ними в роботі не виконувався). До аналізу включено джерела, що дають змогу встановити дату й походження відомостей, а саме систематизовані бази даних галузевих порталів про строки введення об’єктів в експлуатацію, публікації ділових і галузевих видань та матеріали органів місцевого самоврядування щодо звернень у сфері містобудівної діяльності. Джерела, що не відповідають цій умові, з аналізу вилучено.

Одиницею аналізу прийнято окреме повідомлення, одиницею рахунку — зафіксований факт, віднесений до однієї з категорій кодувальної схеми, наведеної в таблиці 2.1 основного тексту. Кодування виконано одним кодувальником; для кількісних індикаторів, що становлять основу розрахунку, суб’єктивність кодування виключена, оскільки значення беруться безпосередньо з систематизованих баз даних без інтерпретації.

Д.2. Повна вибірка за індикатором строків введення

Вибірку утворили десять забудовників київського ринку з найбільшою кількістю зданих черг серед позицій рейтингу, за якими наявні систематизовані дані про заявлені та фактичні строки введення. Позиції «Київміськбуд» і «Київміськбуд-Укрбуд» наведено в рейтингу окремо, тому їх

включено до вибірки як окремі об'єкти. Сукупно вибірка охоплює 338 зданих черг будівництва.

Таблиця Д.1

Розрахунок нормалізованих оцінок за індикатором строків введення

№	Забудовник	Зданих черг	Середня затримка, міс.	Нормалізована оцінка	Оцінка за шкалою 1–9
1	К.А.Н. Девелопмент	39	2	0,000	1
2	Stolitsa Group	41	3	0,083	2
3	KSM-GROUP	34	4	0,167	2
4	ZIM Capital Group	24	4	0,167	2
5	Perfect Group	18	5	0,250	3
6	Ліко-Холдинг	19	7	0,417	4
7	Київміськбуд	43	9	0,583	6
8	Інтергал-Буд	65	10	0,667	6
9	Житлоінвестбуд-УКБ	20	11	0,750	7
10	Київміськбуд-Укрбуд	35	14	1,000	9
	Разом / середнє	338	6,9	—	—

Джерело: розраховано автором за даними порталу KtoStroit (рейтинг «Надійні забудовники Києва 2020», <https://ktostroy.com/ua/kyiv-rating>, дата звернення: 16.09.2026). Нормалізація виконана за формулою min-max у межах вибірки: мінімальне значення 2 місяці, максимальне 14 місяців

Медіана вибірки становить 6,0 місяця, середнє арифметичне — 6,9 місяця. Ці значення нижчі за середню затримку по Києву, яку наводить портал (11 місяців): показник порталу охоплює всіх забудовників рейтингу, тоді як вибірка — десять із найбільшою кількістю зданих черг. Забудовники «Київміськбуд» і «Інтергал-Буд» перебувають у верхній половині розподілу зі значеннями 9 і 10 місяців відповідно. Різниця між крайніми значеннями вибірки становить сім разів, тоді як між цими двома забудовниками — 11 відсотків, що й дало підставу для висновку про непридатність цього індикатора для розмежування підприємств за рівнем цифрової трансформації.

Д.3. Розподіл затримок за окремими об'єктами

Для забудовника «Інтергал-Буд» наявні дані щодо окремих об'єктів, які дають змогу оцінити розкид значень у межах одного забудовника (табл. Д.2).

**Затримка введення в експлуатацію за окремими об'єктами забудовника
«Інтергал-Буд»**

№ об'єкта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Затримка, міс.	6	5	3	3	3	9	3	24	21	12
№ об'єкта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Затримка, міс.	6	13	10	8	8	18	8	12	12	

Джерело: складено автором за систематизованими даними галузевого порталу

Середнє значення за 19 об'єктами становить 9,7 місяця, медіана — 8,0 місяця, мінімальне значення 3 місяці, максимальне 24 місяці, середнє квадратичне відхилення 6,1 місяця. Розкид значень усередині одного забудовника перевищує розкид середніх значень між забудовниками вибірки, що підтверджує висновок основного тексту про тлумачення одержаної оцінки як верхньої межі прояву бар'єру: тривалість затримки визначається не лише станом процесів підприємства, а й умовами конкретного об'єкта.

Д.4. Обмеження одержаних оцінок

Контент-аналіз дає оцінки прояву чотирьох бар'єрів із десяти й не застосовується для визначення вагових коефіцієнтів, оскільки попарних порівнянь значущості критеріїв відкриті джерела не містять. Затримка введення об'єкта є непрямим індикатором фрагментарності процесів: на її тривалість впливають також умови воєнного часу, доступність фінансування та тривалість дозвільних процедур. Кодування виконано одним кодувальником, тому показник надійності кодування за згодою кодувальників не обчислювався; для кількісних індикаторів це обмеження не є істотним, оскільки значення беруться з баз даних без інтерпретації.

За методикою одержані оцінки використовуються як незалежне джерело для перевірки експертних оцінок прояву бар'єрів B1, B5, B9 і B10, а розбіжність між ними є підставою для повторного узгодження в межах наступного туру опитування; у роботі розрахунків виконано лише для B1 і зіставлено з прийнятими значеннями модельного прикладу (підрозділ 2.2).