МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Ратніков Дмитро Геннадійович

УДК 338.45:69.003:658.012.32:005.52

ДИСЕРТАЦІЯ

Інтегративна діагностика економічної спроможності підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту

Спеціальність - 08.00.04 – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук.

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

_____Д. Г. Ратніков

Науковий консультант: д-р екон. наук, професор О.М. Малихіна

Київ - 2026

АНОТАЦІЯ

Ратніков Д.Г. **Інтегративна діагностика економічної спроможності підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту.** - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.04 – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності). – Київський національний університет будівництва і архітектури, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2026.

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми, що полягає у розробленні теоретико-методологічних засад та інструментального забезпечення інтегрованого оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств і формуванні системи підтримки стратегічних управлінських рішень в умовах економічної невизначеності та структурної трансформації будівельної галузі. Актуальність цієї проблеми зумовлена необхідністю забезпечення ефективної реалізації програм відновлення житлового фонду, розвитку соціального будівництва та впровадження індустріальних (префабрикованих) технологій, що висувають підвищені вимоги до організаційної, фінансової та виробничої готовності суб’єктів господарювання.

У роботі обґрунтовано, що економічна спроможність будівельного підприємства є комплексною системною характеристикою, яка інтегрує фінансово-економічні, виробничі, управлінські, кадрові та логістично-організаційні складові. Такий підхід дозволяє відійти від традиційної практики оцінювання діяльності підприємства на основі окремих фінансових показників і перейти до багатовимірного аналізу його здатності забезпечувати стабільне функціонування та стратегічний розвиток.

У межах дослідження розроблено структурну модель економічної спроможності та сформовано систему показників її оцінювання, що забезпечує формалізацію якісних і кількісних характеристик діяльності підприємства. Використання нечітко-логічного моделювання дало змогу агрегувати

різнорідні показники в інтегральні індекси та врахувати експертні оцінки в умовах нечіткої інформації, що створило методичну основу для формування інтегрального показника економічної спроможності, який може використовуватися як інструмент стратегічного позиціонування підприємства.

Для визначення вагомості складових економічної спроможності застосовано метод аналізу ієрархій, що забезпечив структуроване попарне порівняння критеріїв та перевірку узгодженості експертних оцінок. Подальше використання багатокритеріальних методів дозволило здійснити формалізоване ранжування стратегічних альтернатив розвитку будівельних підприємств з урахуванням інтегральних показників їх спроможності.

Особливе місце в роботі посідає імітаційне моделювання, яке забезпечує оцінювання стійкості отриманих результатів та аналіз ризиків управлінських рішень. Перехід від точкових оцінок до аналізу розподілів показників, довірчих інтервалів і перцентильних значень дозволив підвищити надійність стратегічного вибору в умовах варіативності вихідних параметрів.

Отримані результати формують цілісну інтегровану систему підтримки управлінських рішень, що поєднує оцінювання економічної спроможності, визначення стратегічних пріоритетів і перевірку стійкості альтернатив розвитку. Практична реалізація запропонованого підходу сприяє підвищенню обґрунтованості управлінських рішень, зниженню стратегічних ризиків і формуванню економічно спроможних будівельних підприємств, здатних ефективно функціонувати в умовах масштабного відновлення житлової інфраструктури та впровадження сучасних технологій будівництва.

Зміст і новизна результатів дисертації відповідають стратегічним напрямам розвитку будівельної галузі та економіки України, визначеним чинними нормативно-правовими актами. Зокрема, результати узгоджуються із положеннями Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» (№3038-VI від 17.02.2011), Закону України «Про архітектурну діяльність» (№687-XIV від 20.05.1999), Закону України «Про державно-приватне партнерство» (№2404-VI від 01.07.2010), Закону України «Про індустріальні

парки» (№5018-VI від 21.06.2012), Закону України «Про засади державної регіональної політики» (№156-VIII від 05.02.2015), Закону України «Про державну підтримку інвестиційних проєктів із значними інвестиціями» (№1116-IX від 17.12.2020), а також Закону України «Про компенсацію за пошкодження та знищення окремих категорій об’єктів нерухомого майна» (№2923-IX від 23.02.2023), який визначає механізми відновлення житлового фонду.

Результати дослідження відповідають положенням Закону України «Про забезпечення прав і свобод внутрішньо переміщених осіб» (№1706-VII від 20.10.2014), що актуалізує розвиток соціального житлового будівництва, а також узгоджуються з Державною стратегією регіонального розвитку на 2021–2027 роки (затвердженою постановою КМУ №695 від 05.08.2020). В частині відновлення зруйнованої інфраструктури результати співвідносяться з урядовими рішеннями щодо організації обстеження та відновлення пошкоджених об’єктів (зокрема, постановою КМУ №382 від 26.03.2022).

Провідною науковою інновацією роботи є створення теоретико-методологічних основ інтегрованого оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств та формування системи підтримки стратегічних управлінських рішень, що базується на поєднанні нечітко-логічного моделювання, багатокритеріального аналізу та імітаційного моделювання в умовах економічної невизначеності.

На відміну від існуючих підходів, у яких оцінювання діяльності підприємства здійснюється переважно за допомогою окремих фінансових або виробничих показників, у роботі запропоновано системну концепцію економічної спроможності як інтегрованої характеристики, що охоплює фінансово-економічну, виробничу, управлінську, кадрову та логістично-організаційну складові. Такий підхід дозволяє розглядати підприємство як багатовимірну соціально-економічну систему, здатну до адаптації, трансформації та стратегічного розвитку в умовах динамічного зовнішнього середовища.

Суттєвим науковим результатом є розроблення структурної моделі економічної спроможності, яка формалізує взаємозв'язок між функціональними складовими та забезпечує їх кількісне вимірювання через систему інтегральних індексів. Запропонована модель дозволяє перейти від якісного опису стану підприємства до формалізованого аналітичного оцінювання, що створює основу для подальшого стратегічного аналізу.

Наукова новизна роботи полягає також у використанні інструментарію нечіткої логіки для агрегування різнорідних показників. Застосування лінгвістичних змінних та правил типу «IF–THEN» забезпечило можливість врахування експертних суджень і роботи з нечіткою інформацією, що є характерною для управлінських процесів у будівельній галузі. Такий підхід дозволяє мінімізувати втрати інформації при агрегуванні показників і забезпечує більш гнучку інтерпретацію результатів.

Подальшим кроком розвитку методології стало використання методу аналізу ієрархій (*AHP*-Analytic Hierarchy Process) для визначення вагомості складових економічної спроможності. Наукова новизна полягає у поєднанні AHP із нечітко-логічною моделлю, що дозволяє узгодити експертну оцінку значущості критеріїв із формалізованими інтегральними індексами. Це забезпечує методичну цілісність підходу та підвищує обґрунтованість результатів.

Важливою складовою наукового внеску є розроблення моделі багатокритеріального обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств, яка базується на використанні методів *TOPSIS* (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution- метод упорядкування переваг за подібністю до ідеального рішення) та *PROMETHEE* (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations- метод ранжування альтернатив за перевагами). Поєднання цих методів дозволяє не лише ранжувати альтернативи, а й здійснювати взаємну перевірку отриманих результатів, що підвищує їх достовірність. У роботі вперше інтегровано

результати нечітко-логічного оцінювання та AHP-ваг у процедуру багатокритеріального ранжування стратегій розвитку будівельних підприємств.

Особливу наукову значущість має впровадження імітаційного моделювання для оцінювання стійкості отриманих результатів. У роботі обґрунтовано необхідність переходу від детермінованих точкових оцінок до аналізу розподілів інтегральних показників та результатів ранжування альтернатив. Застосування методу Монте Карло дозволило дослідити варіативність показників, оцінити довірчі інтервали, перцентильні значення та показники асиметрії й ексцесу, що суттєво підвищує рівень наукової обґрунтованості стратегічних висновків.

Інноваційність підходу полягає у формуванні завершеного аналітичного ланцюга «інтегральне оцінювання – визначення ваг – багатокритеріальне ранжування – перевірка стійкості», який забезпечує логічну послідовність прийняття управлінських рішень. Такий підхід створює методологічну основу для формування адаптивної системи стратегічного управління будівельними підприємствами.

Наукова новизна роботи має також прикладний вимір. У дослідженні вперше сформовано модель оцінювання готовності будівельних підприємств до участі у програмах відновлення житлового фонду та впровадження індустріальних (префабрикованих (*prefabricated*) технологій. Це дозволяє адаптувати теоретичні положення до конкретних умов трансформації будівельної галузі та забезпечити їх практичну релевантність.

Таким чином, дисертаційна робота розвиває теоретичні засади економіки та управління підприємствами шляхом інтеграції сучасних методів формалізації невизначеності, багатокритеріального аналізу та сценарного моделювання. Запропонований підхід розширює наукове уявлення про механізми оцінювання економічної спроможності та формує нові методологічні орієнтири для стратегічного управління будівельними підприємствами в умовах економічної нестабільності та структурних змін.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження в умовах економічної невизначеності та необхідності реалізації масштабних програм відновлення житлового фонду. Підкреслено, що будівельні підприємства повинні володіти достатнім рівнем економічної спроможності, яка інтегрує фінансово-економічні, виробничі, управлінські, кадрові та логістично-організаційні складові, для забезпечення стабільного функціонування та стратегічного розвитку. Визначено наукову проблему, що полягає у відсутності комплексної методології оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств із урахуванням багатофакторності та ризикового характеру їх діяльності. Обґрунтовано доцільність інтеграції інструментів нечітко-логічного моделювання, багатокритеріального аналізу та імітаційного моделювання в єдину систему підтримки управлінських рішень. Сформульовано мету, завдання, об’єкт і предмет дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Показано логіку дослідження, що передбачає послідовний перехід від теоретичного обґрунтування категорії економічної спроможності до розроблення інтегрованих моделей її оцінювання та сценарного аналізу стійкості управлінських рішень.

У першому розділі дисертаційної роботи здійснено теоретичне обґрунтування категорії економічної спроможності будівельного підприємства та визначено її місце в системі економічних понять. Проведено критичний аналіз наукових підходів до трактування суміжних категорій – ефективності, потенціалу, конкурентоспроможності, життєздатності підприємства – що дозволило уточнити зміст і структурні характеристики економічної спроможності як інтегрованої системної властивості суб’єкта господарювання. Обґрунтовано доцільність розгляду економічної спроможності будівельного підприємства через призму п’яти взаємопов’язаних складових: фінансово-економічної, виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної. Визначено їх функціональну роль у забезпеченні стабільності діяльності підприємства та його готовності до стратегічного розвитку, зокрема в умовах реалізації

програм відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих технологій. У результаті сформовано авторське визначення економічної спроможності будівельного підприємства та закладено теоретичні передумови для подальшої розробки інтегрованої моделі її оцінювання, що стало методологічною основою наступних розділів дослідження.

У другому розділі здійснено аналіз стану та проблем функціонування будівельних підприємств у контексті відновлення житлового фонду. Визначено ключові обмеження економічної спроможності підприємств за фінансовими, виробничими, кадровими, управлінськими та логістично-організаційними напрямами. Обґрунтовано, що в умовах нестабільності ресурсного забезпечення, зношеності виробничої бази та кадрових дисбалансів традиційні підходи до оцінювання діяльності підприємств є недостатніми для прийняття стратегічних рішень. Проаналізовано еволюцію державної житлової політики в країнах Західної Європи та визначено можливості адаптації відповідного досвіду до національних умов. Показано зростання ролі індустріального та префабрикованого будівництва у реалізації програм соціального житла, що зумовлює підвищені вимоги до організаційної та логістичної готовності підприємств. Обґрунтовано необхідність переходу до інтегрованих моделей оцінювання та підтримки управлінських рішень, здатних враховувати багатофакторність середовища, поєднувати кількісні та якісні показники та працювати з невизначеністю. Закладено аналітичні передумови для формування комплексної методології дослідження.

У третьому розділі сформовано методологічні основи моделювання та обґрунтування управлінських рішень в умовах економічної невизначеності. Розкрито принципи формалізації невизначеності в економіці та управлінні підприємствами, обґрунтовано доцільність використання нечітко-логічного підходу для агрегування різнорідних показників та врахування експертних оцінок. Визначено теоретико-методичні засади застосування багатокритеріальних методів прийняття рішень, зокрема AHP, TOPSIS та PROMETHEE, для ранжування стратегічних альтернатив. Показано їх

можливості щодо структуризації складних управлінських задач та формування обґрунтованих пріоритетів розвитку. Обґрунтовано роль імітаційного моделювання як інструменту оцінювання економічних ризиків та сценаріїв розвитку підприємств. Сформовано інтегровану логіку дослідження, що поєднує формування інтегральних показників, визначення їх вагомості, багатокритеріальне ранжування та перевірку стійкості результатів.

У четвертому розділі розроблено інтегровані моделі оцінювання економічної спроможності та обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств. Побудовано нечітко-логічну модель формування інтегральних індексів за п’ятьма функціональними складовими та сформовано інтегральний показник економічної спроможності. Застосовано метод аналізу ієрархій для визначення вагових коефіцієнтів складових та перевірки узгодженості експертних оцінок. Реалізовано багатокритеріальне ранжування стратегічних альтернатив із використанням методів TOPSIS та PROMETHEE, що дозволило визначити пріоритетні напрями розвитку підприємств. Отримані результати підтвердили можливість використання інтегрованої моделі як інструменту стратегічного позиціонування та обґрунтування управлінських рішень у контексті відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих технологій.

У п’ятому розділі здійснено сценарне та імітаційне моделювання оцінювання економічних наслідків і ризиків управлінських рішень. Проведено симуляційний аналіз варіативності інтегральних показників економічної спроможності та оцінено їх розподіли, довірчі інтервали й показники варіативності. Досліджено стійкість вагових коефіцієнтів моделі AHP та перевірено стабільність результатів багатокритеріального ранжування альтернатив в умовах зміни вихідних параметрів. Показано можливість переходу від точкових оцінок до аналізу розподілів і ймовірнісної інтерпретації результатів. Сформовано підхід до оцінювання ризиків реалізації стратегічних альтернатив, що дозволяє підвищити обґрунтованість і надійність управлінських рішень у нестабільному економічному середовищі.

Впровадження результатів підтвердило практичну цінність дослідження, яка полягає у створенні інтегрованого інструментарію оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств та формалізованої системи підтримки управлінських рішень, здатної забезпечити обґрунтований вибір стратегічних альтернатив у складних і нестабільних умовах господарювання. Запропоновані моделі дозволяють здійснювати комплексну (інтегративну) діагностику фінансово-економічного, виробничого, управлінського, кадрового та логістично-організаційного стану підприємства, визначати критичні зони розвитку та формувати пріоритети інвестування ресурсів.

Практичне використання інтегрального показника економічної спроможності сприяє підвищенню прозорості управлінських рішень і створює основу для стратегічного позиціонування підприємств на ринку будівельних послуг, зокрема в межах програм відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих технологій. Застосування багатокритеріальних методів і імітаційного моделювання дозволяє оцінювати стійкість обраних стратегій, аналізувати можливі ризики та враховувати варіативність ключових параметрів діяльності.

Отримані результати можуть бути використані як у практиці управління будівельними підприємствами, так і при формуванні критеріїв відбору учасників державних і регіональних програм розвитку. Це підтверджує можливість трансформації наукових положень дисертації у прикладні механізми підвищення економічної спроможності суб’єктів будівельної галузі.

Ключові слова: підприємство; будівельний девелопмент; економічна спроможність підприємства; інтегративна діагностика; мультипроєктне середовище; економічний стан підприємства; збалансованість портфеля проєктів; індикативне оцінювання; нечітке моделювання; багатокритеріальний аналіз; економічна стійкість; стратегічний розвиток підприємства.

ABSTRACT

Ratnikov D. H. **Integrative diagnostics of the economic capacity of enterprises in the multiproject environment of construction development. –** Qualifying scholarly work submitted as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Economic Sciences in specialty 08.00.04 – Economics and Management of Enterprises (by Types of Economic Activity). – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2026.

The dissertation addresses a relevant scientific and applied problem: developing the theoretical and methodological foundations and analytical tools for the integrated assessment of the economic capacity of construction enterprises and establishing a system to support strategic management decisions under economic uncertainty and structural transformation of the construction industry. The relevance of this problem stems from the need to ensure the effective implementation of housing stock restoration programmes, the development of social housing construction, and the introduction of industrialised (prefabricated) technologies, which place greater demands on the organisational, financial, and production readiness of business entities.

The study substantiates that the economic capacity of a construction enterprise is a complex systemic characteristic integrating financial and economic, production, managerial, human resource, and logistics and organisational components. This approach enables a shift from the traditional practice of assessing enterprise performance through individual financial indicators to a multidimensional analysis of its ability to maintain stable operations and pursue strategic development.

The research develops a structural model of economic capacity and a system of assessment indicators that formalises the qualitative and quantitative characteristics of enterprise operations. Fuzzy logic modelling made it possible to aggregate heterogeneous indicators into composite indices and incorporate expert assessments where information is imprecise. This provided a methodological basis for

developing a composite indicator of economic capacity that can serve as a tool for the strategic positioning of an enterprise.

The Analytic Hierarchy Process was used to determine the relative importance of the components of economic capacity, enabling structured pairwise comparisons of criteria and consistency checks of expert assessments. The subsequent application of multicriteria methods enabled the formal ranking of strategic alternatives for the development of construction enterprises, taking into account composite indicators of their capacity.

Simulation modelling occupies a central place in the study, enabling the assessment of the robustness of the results and the analysis of risks associated with management decisions. Moving from point estimates to the analysis of indicator distributions, confidence intervals, and percentile values improved the reliability of strategic choices under variability in the input parameters.

The findings form a coherent, integrated management decision support system that combines the assessment of economic capacity, the identification of strategic priorities, and the examination of the robustness of development alternatives. The practical implementation of the proposed approach helps make management decisions better substantiated, reduce strategic risks, and develop economically capable construction enterprises able to operate effectively during large-scale housing infrastructure restoration and the introduction of modern construction technologies.

The content and novelty of the dissertation findings correspond to the strategic directions for the development of the construction industry and the Ukrainian economy defined by current legislation. In particular, the findings are consistent with the provisions of the Law of Ukraine “On the Regulation of Urban Development Activities” (No. 3038-VI of 17 February 2011), the Law of Ukraine “On Architectural Activities” (No. 687-XIV of 20 May 1999), the Law of Ukraine “On Public–Private Partnership” (No. 2404-VI of 1 July 2010), the Law of Ukraine “On Industrial Parks” (No. 5018-VI of 21 June 2012), the Law of Ukraine “On the Principles of State Regional Policy” (No. 156-VIII of 5 February 2015), the Law of

Ukraine “On State Support for Investment Projects with Significant Investments” (No. 1116-IX of 17 December 2020), and the Law of Ukraine “On Compensation for Damage to and Destruction of Certain Categories of Immovable Property” (No. 2923-IX of 23 February 2023), which defines mechanisms for restoring the housing stock.

The research findings are consistent with the provisions of the Law of Ukraine “On Ensuring the Rights and Freedoms of Internally Displaced Persons” (No. 1706-VII of 20 October 2014), which underscores the relevance of social housing development, and with the State Strategy for Regional Development for 2021–2027 (approved by Resolution No. 695 of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 5 August 2020). In relation to the restoration of destroyed infrastructure, the findings correspond to government decisions on organising the inspection and restoration of damaged facilities, including Resolution No. 382 of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 26 March 2022.

The principal scientific innovation of the study is the development of theoretical and methodological foundations for the integrated assessment of the economic capacity of construction enterprises and the establishment of a strategic management decision support system based on the combination of fuzzy logic modelling, multicriteria analysis, and simulation modelling under economic uncertainty.

Unlike existing approaches, which assess enterprise performance mainly through individual financial or production indicators, the study proposes a systemic concept of economic capacity as an integrated characteristic encompassing financial and economic, production, managerial, human resource, and logistics and organisational components. This approach enables the enterprise to be viewed as a multidimensional socioeconomic system capable of adaptation, transformation, and strategic development in a dynamic external environment.

A significant scientific result is the development of a structural model of economic capacity that formalises the relationships between functional components and enables their quantitative measurement through a system of composite indices.

The proposed model allows a transition from a qualitative description of the condition of an enterprise to a formal analytical assessment, providing a basis for further strategic analysis.

The scientific novelty of the study also lies in the use of fuzzy logic tools to aggregate heterogeneous indicators. The application of linguistic variables and IF–THEN rules made it possible to incorporate expert judgements and work with imprecise information, which is characteristic of management processes in the construction industry. This approach minimises information loss during indicator aggregation and enables a more flexible interpretation of the results.

A further step in developing the methodology was the use of the Analytic Hierarchy Process to determine the relative importance of the components of economic capacity. The scientific novelty lies in combining AHP with a fuzzy logic model, which aligns expert assessments of the importance of criteria with formalised composite indices. This ensures the methodological coherence of the approach and strengthens the basis for the results.

An important element of the scientific contribution is the development of a model for the multicriteria justification of construction enterprise development strategies based on TOPSIS and PROMETHEE. Combining these methods makes it possible both to rank alternatives and to cross-check the results, thereby improving their reliability. For the first time, the study integrates the results of fuzzy logic assessment and AHP weights into a procedure for the multicriteria ranking of construction enterprise development strategies.

The introduction of simulation modelling to assess the robustness of the results is of particular scientific significance. The study substantiates the need to move from deterministic point estimates to the analysis of distributions of composite indicators and alternative ranking results. The Monte Carlo method made it possible to examine indicator variability and estimate confidence intervals, percentile values, skewness, and excess kurtosis, substantially strengthening the scientific basis for strategic conclusions.

The innovative nature of the approach lies in the establishment of a complete analytical sequence: “composite assessment – determination of weights – multicriteria ranking – robustness testing”, which ensures a logical sequence of management decision-making. This approach provides a methodological basis for developing an adaptive system of strategic management for construction enterprises.

The scientific novelty of the study also has an applied dimension. For the first time, the research develops a model for assessing the readiness of construction enterprises to participate in housing stock restoration programmes and introduce industrialised (prefabricated) technologies. This makes it possible to adapt the theoretical propositions to the specific conditions of transformation in the construction industry and ensure their practical relevance.

Thus, the dissertation advances the theoretical foundations of enterprise economics and management by integrating modern methods for formalising uncertainty, multicriteria analysis, and scenario modelling. The proposed approach broadens the scientific understanding of mechanisms for assessing economic capacity and establishes new methodological directions for the strategic management of construction enterprises under economic instability and structural change.

The structure, content, and presentation of the dissertation fully comply with the current regulatory requirements for dissertations submitted for the degree of Doctor of Economic Sciences. The work is distinguished by a logical sequence of exposition and internal coherence, as its structure is designed to address a set of theoretical and methodological, scientific and analytical, and applied tasks systematically.

The introduction substantiates the relevance of the research under economic uncertainty and the need to implement large-scale housing stock restoration programmes. It emphasises that construction enterprises must possess sufficient economic capacity, integrating financial and economic, production, managerial, human resource, and logistics and organisational components, to ensure stable operations and strategic development. The scientific problem is identified as the lack

of a comprehensive methodology for assessing the economic capacity of construction enterprises that accounts for the multiple factors influencing their operations and the risks involved. The rationale for integrating fuzzy logic modelling, multicriteria analysis, and simulation modelling tools into a single management decision support system is established. The aim, objectives, object, and subject of the research are formulated, and the scientific novelty and practical significance of the findings are identified. The research logic is outlined as a sequential transition from the theoretical substantiation of the concept of economic capacity to the development of integrated assessment models and scenario analysis of the robustness of management decisions.

Chapter One provides a theoretical substantiation of the concept of the economic capacity of a construction enterprise and establishes its place within the system of economic concepts. A critical analysis of scientific approaches to related concepts – efficiency, potential, competitiveness, and enterprise viability – clarifies the content and structural characteristics of economic capacity as an integrated systemic property of a business entity. The rationale is established for examining the economic capacity of a construction enterprise through five interrelated components: financial and economic, production, managerial, human resource, and logistics and organisational. Their functional roles in maintaining operational stability and readiness for strategic development are identified, particularly in the implementation of housing stock restoration programmes and the introduction of prefabricated technologies. As a result, the author develops a definition of the economic capacity of a construction enterprise and establishes the theoretical prerequisites for the further development of an integrated assessment model, providing the methodological basis for the subsequent chapters.

Chapter Two analyses the current condition of construction enterprises and the problems they face in the context of housing stock restoration. The key constraints on enterprise economic capacity are identified in the financial, production, human resource, managerial, and logistics and organisational areas. The chapter establishes that, under unstable resource provision, deterioration of the production base, and

workforce imbalances, traditional approaches to assessing enterprise performance are insufficient for strategic decision-making. The evolution of public housing policy in Western European countries is analysed, and opportunities to adapt the relevant experience to national conditions are identified. The growing role of industrialised and prefabricated construction in social housing programmes is demonstrated, with corresponding increases in the requirements for the organisational and logistical readiness of enterprises. The need is substantiated to adopt integrated assessment and management decision support models capable of accounting for the multiple factors in the environment, combining quantitative and qualitative indicators, and handling uncertainty. The analytical prerequisites for a comprehensive research methodology are established.

Chapter Three establishes the methodological foundations for modelling and substantiating management decisions under economic uncertainty. It explains the principles of formalising uncertainty in enterprise economics and management and substantiates the use of a fuzzy logic approach to aggregate heterogeneous indicators and incorporate expert assessments. The theoretical and methodological foundations for applying multicriteria decision-making methods, including AHP, TOPSIS, and PROMETHEE, to rank strategic alternatives are defined. Their capacity to structure complex management problems and establish substantiated development priorities is demonstrated. The role of simulation modelling as a tool for assessing economic risks and enterprise development scenarios is substantiated. An integrated research logic is established, combining the construction of composite indicators, the determination of their relative importance, multicriteria ranking, and the testing of the robustness of results.

Chapter Four develops integrated models for assessing economic capacity and substantiating construction enterprise development strategies. A fuzzy logic model is constructed to produce composite indices for five functional components, and a composite indicator of economic capacity is developed. The Analytic Hierarchy Process is used to determine component weights and check the consistency of expert assessments. Multicriteria ranking of strategic alternatives is performed using

TOPSIS and PROMETHEE, enabling the identification of priority directions for enterprise development. The results confirm that the integrated model can be used as a tool for strategic positioning and substantiating management decisions in the context of housing stock restoration and the introduction of prefabricated technologies.

Chapter Five applies scenario and simulation modelling to assess the economic consequences and risks of management decisions. A simulation analysis of the variability of composite indicators of economic capacity is conducted, and their distributions, confidence intervals, and measures of variability are assessed. The robustness of the AHP model weights is examined, and the stability of multicriteria alternative ranking results is tested under changes in the input parameters. The possibility of moving from point estimates to distribution analysis and probabilistic interpretation of the results is demonstrated. An approach to assessing the risks of implementing strategic alternatives is developed, enabling better substantiated and more reliable management decisions in an unstable economic environment.

The implementation of the findings confirmed the practical value of the research, which lies in the development of integrated tools for assessing the economic capacity of construction enterprises and a formalised management decision support system capable of ensuring a substantiated choice of strategic alternatives under complex and unstable business conditions. The proposed models enable a comprehensive diagnosis of an enterprise’s financial and economic, production, managerial, human resource, and logistics and organisational condition, the identification of critical areas of development, and the establishment of priorities for resource investment.

The practical use of the composite indicator of economic capacity helps improve the transparency of management decisions and provides a basis for the strategic positioning of enterprises in the construction services market, particularly within housing stock restoration programmes and the introduction of prefabricated technologies. The application of multicriteria methods and simulation modelling

makes it possible to assess the robustness of selected strategies, analyse potential risks, and account for variability in key operational parameters.

The findings can be used both in construction enterprise management and in establishing criteria for selecting participants in national and regional development programmes. This confirms the possibility of translating the dissertation's scientific propositions into practical mechanisms for increasing the economic capacity of entities in the construction industry.

Keywords: enterprise; construction development; economic capacity of an enterprise; integrative diagnostics; multi-project environment; economic condition of an enterprise; project portfolio balance; indicator-based assessment; fuzzy modeling; multicriteria analysis; economic resilience; strategic development of an enterprise.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

монографії:

1. **Ратніков Д. Г.** *Інтегративна діагностика підприємств будівельного девелопменту в умовах структурно-технологічної трансформації:* монографія. – К.: Центр поліграфії Компрінт, 2026. – 280 с.
2. Fesun, A., Fedorov, V., Ryzhakova, G., **Ratnikov, D**., & Maliarenko, O. (2026). Digital ecosystem of construction stakeholder enterprises in the conditions of hybrid crisis. *Sustainable big data pipelines: Architectures, energy optimization, and ethical governance* (Book chapter «Studies in Big Data». Springer.), Vol. 191, pp. 189–200. (Scopus). https://doi.org/10.1007/978-3-032-19498-5_18 *Особистий внесок:* обґрунтовано роль цифрової екосистеми стейкхолдерів як чинника організаційної адаптивності будівельних підприємств за умов гібридної кризи.
3. **Ратніков Д. Г.** Управління інвестиційно-будівельними проєктами в умовах технологічної модернізації: моделювання та цифрові рішення. *Системна конфігурація менеджменту будівництва: модернізація методико-аналітичних інструментів:* кол. монографія за ред. Г.М. Рижакової – К.:Вид-во ДНДІ інформатизації та економіки, 2020. – С. 460-494.

Статті у наукових періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection

4. Trach, R., Chupryna, I., Tormosov, R., Druzhynin, M., Trach, Y., Ryzhakova, G., & **Ratnikov, D.** (2026). An Integrated Fuzzy Logic and Network Analysis Approach to Assessing Supply Chain Stability in Prefabricated Construction. *Sustainability*, *18*(3), Article 1380. (Scopus **Q1** — перший квартиль) https://doi.org/10.3390/su18031380 *Особистий внесок:* сформовано підхід до поєднання нечітко-логічного оцінювання з мережевим аналізом для визначення чинників стійкості ланцюгів постачання у префабрикованому будівництві.
5. Trach, R., Chupryna, I., Tormosov, R., Leshchynsky, V., Trach, Y., Ryzhakova, G., **Ratnikov, D**., & Onofriichuk, O. (2026). Decision Support Framework for Post-War Infrastructure Revitalization Using a Hybrid Fuzzy–Simulation–ANN Model. *Applied Sciences*, *16*(9), Article 4364. (Scopus **Q1** — перший квартиль) https://doi.org/10.3390/app16094364 *Особистий внесок:* обґрунтовано використання гібридного моделювання для зіставлення сценаріїв відновлення інфраструктури та підтримки рішень за умов невизначеності.
6. Druzhynin, M., Malykhin, M., Fedorov, V., Kucherenko, O., **Ratnikov, D**., & Zahorodnii, D. (2025). Financing internet marketing for promoting the brand (products) of Ukrainian construction companies. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *6*(65), 514–524. (Web of Science Core Collection; Scopus Q4) https://doi.org/10.55643/fcaptp.6.65.2025.4947 *Особистий внесок:* обґрунтовано фінансово-економічну спроможність як ресурсну основу

цифрового просування бренду будівельного підприємства та підтримання його ринкових позицій.

7. Prykhodko, D., **Ratnikov, D.,** Krychevska, Y., Sahaidak, M., Mazhnyk, L., & Leha, O. (2026). Financially oriented complex of economic and management tools in the development of the digital ecosystem of entrepreneurial structures. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 2*(67), 163–176. (Web of Science Core Collection; Scopus Q4) https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.67.2026.5131 *Особистий внесок:* розкрито взаємозв'язок фінансових та управлінських інструментів у розвитку цифрової екосистеми підприємницьких структур.

Статті у наукових фахових виданнях України, які індексуються в міжнародних наукометричних базах

8. **Ратніков Д. Г.** (2021). Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів до управління підприємствами в умовах цифровізації економіки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2(48),* 23–34. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.48(2).23-34

9. **Ратніков, Д.,** Кричевський, О., & Шеремет, Д. (2022). Економіко-організаційні засади впровадження цифрових платформ у систему управління девелоперським проєктом. *Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2(49),* 238–246. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).238-246 *Особистий внесок:* обґрунтовано організаційно-економічні умови інтеграції цифрових платформ у процес управління девелоперським проєктом.

10. **Ратніков, Д. Г.** (2023). Реструктуризація організаційної архітектури підприємств через призму економічної ефективності та гнучкості управління. *Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2(51),* 36–48. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51(2).36-48

11. Фесун, А., Хоменко, О. , & **Ратніков, Д.** (2024). Антикризові стратегії адаптації будівельних підприємств у процесі цифрової трансформації операційної діяльності. *Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2*(54), 23–30. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).23-30 *Особистий внесок:* систематизовано антикризові напрями адаптації будівельних підприємств до змін операційної діяльності, спричинених цифровою трансформацією.

12. **Ратніков, Д. Г.,** & Петренко, О. В. (2025). Генезис та еволюція економічної діагностики підприємств будівельного девелопменту: галузеві імперативи інтегративної парадигми. *Бізнес Інформ,* (8). https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-8 *Особистий внесок:* узагальнено еволюцію підходів до економічної діагностики підприємств будівельного девелопменту та обґрунтовано потребу в її інтегративному розвитку

13. **Ратніков, Д. Г**., & Петренко, О. В. (2025). Інтегративна діагностика операційної результативності будівельних підприємств у координатах мультипроєктності та ESG-орієнтирів. *Бізнес Інформ,* (9).

https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-9 *Особистий внесок:* розроблено засади оцінювання операційної результативності будівельного підприємства з урахуванням мультипроєктного контексту та критеріїв сталого розвитку.

14. **Ратніков Д. Г.** (2026). Економічна ефективність цифровізації операційної діяльності підприємств будівельного сектору: аналітична інтерпретація та структурна трансформація бізнес-процесів. *Формування ринкових відносин в Україні, 1(296),* 30-37. https://doi.org/10.66416/2522-1620.1.2026.30-37

15. **Ратніков Д. Г.** (2026). Фінансово-економічні імперативи інтеграції ESG-параметрів у моделі функціонування підприємств будівельного девелопменту. *Формування ринкових відносин в Україні, 2(297),* 127-134. https://doi.org/10.66416/2522-1620.2.2026.127-134

16. **Ратніков Д. Г.,** Петренко О. В. (2026). Стратегічні напрями розвитку підприємств будівельного девелопменту на основі інтегративної діагностики економічної спроможності. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права, 3,* 199-203. https://doi.org/10.36887/2524-0455-2026-3-38 *Особистий внесок:* обґрунтовано зв'язок між результатами інтегративної діагностики економічної спроможності та вибором стратегічних напрямів розвитку підприємства.

17. **Ратніков Д.Г.,** Полозун І.Ю. Реінжиніринг бізнес-процесів як чинник зростання інтегрованої стійкості девелоперських структур у посткризовій економіці. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит, 3(223),* 161-172. https://doi.org/10.20998/2313-8890.2026.08.11 *Особистий внесок:* визначено роль реінжинірингу бізнес-процесів у посиленні узгодженості управлінських і операційних функцій девелоперських структур.

18. **Ратніков Д. Г.** (2026). Каскадне поширення фінансово-ресурсних дисбалансів у портфелі будівельних проєктів: механізми трансмісії та економічні наслідки для підприємства. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права, 4,* 276-280. https://doi.org/10.36887/2524-0455-2026-4-53

19. **Ратніков Д. Г.** (2026). Формування інтегративної системи діагностики економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту. *Нові технології в будівництві, 48,* 149-157. https://doi.org/10.32782/2664-0406.2026.48.2026.18

20. **Ратніков Д. Г.,** Шеремет Д. Ю. (2026). Цифрові платформи як інструмент підвищення економічної ефективності підприємств будівельного девелопменту. *Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту, 1 (35), том II,* 106-122. https://doi.org/10.58253/2078-1628-2026-1-2(35)-008 *Особистий внесок:* здійснено економічне обґрунтування впливу цифрових платформ на результативність діяльності підприємств будівельного девелопменту.

21. **Ратніков Д. Г.** (2026). Економіко-математичне моделювання траєкторій відновлення економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту після дестабілізаційних впливів. *Український журнал*

прикладної економіки та техніки, 3, 416-420. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2026-3-73

22. **Ратніков, Д.,** Петренко, О., & Фесун, А. (2026). Концептуальна трансформація категоріального базису будівельного девелопменту: від потенціалу до економічної спроможності підприємства. *Науковий вісник Міжнародної асоціації науковців. Серія: економіка, управління, безпека, технології, 5(3).* https://doi.org/10.56197/2786-5827/2026-5-3-8 *Особистий внесок:* обґрунтовано змістовне розмежування економічного потенціалу та економічної спроможності підприємства як категорій діагностики його розвитку.

23. **Ратніков, Д. Г.,** & Шилюк, П. П. (2026). Інтегративна діагностика економічної спроможності як основа стратегічного розвитку підприємств будівельного девелопменту в умовах високої проєктної складності. *Економічний простір, 214,* 383–391. https://doi.org/10.30838/EP.214.383-391 *Особистий внесок:* запропоновано концептуальну послідовність інтегративної діагностики спроможності підприємства та її використання для обґрунтування стратегічного розвитку за високої проєктної складності.

24. **Ратніков, Д. Г.,** & Шилюк, П. П. (2026). Багатокритеріальне оцінювання економічної збалансованості портфеля проєктів підприємств будівельного девелопменту в умовах воєнного стану. *Інфраструктура ринку, 90*, 184–190. https://doi.org/10.32782/infrastruct90-26 *Особистий внесок:* обґрунтовано застосування багатокритеріального підходу до оцінювання економічної збалансованості портфеля будівельних проєктів за умов воєнних обмежень.

25. **Ратніков, Д. Г.,** Шилюк, П. П., & Петренко, О. В. (2026). Ідентифікація та оцінювання латентних економічних дисбалансів підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту. *Український економічний часопис*. https://doi.org/10.32782/2786-8273/2026-14-25 *Особистий внесок:* систематизовано ознаки латентних економічних дисбалансів і обґрунтовано підхід до їх виявлення у взаємозв'язку з функціональними характеристиками підприємства.

26. **Ратніков, Д.,** Фесун, А., Рижакова , Г., & Хоменко , О. (2026). FINTECH-рішення в координатах цифрової економіки: нові параметри економічної безпеки та стратегічні вектори розвитку підприємств. *Просторовий розвиток*, (16), 591–601. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.591-601 *Особистий внесок:* визначено роль фінансових технологій у трансформації параметрів економічної безпеки та стратегічного розвитку підприємств.

Статті в наукових періодичних виданнях інших держав із напряму, з якого підготовлено дисертацію:

27. **Ratnikov D. H.,** Sheremet D.Yu. (2026). Integrated model for assessing the effectiveness of the innovation-driven digital transformation of construction development enterprises. *Colloquium-journal, 17 (282),* 8-11. https://doi.org/10.5281/zenodo.21128887 (Poland) *Особистий внесок:* сформовано методичний підхід до оцінювання економічної результативності

цифрової трансформації будівельного підприємства з урахуванням інноваційної складової.

28. **Ratnikov D.,** Petrenko O. (2026). Determinants and economic performance of operational system transformation in the stakeholder ecosystem of construction development enterprises. *Colloquium-journal, 20 (285),* 46-49. https://doi.org/10.5281/zenodo.21817694 (Poland). *Особистий внесок:* визначено економічні детермінанти трансформації операційної системи підприємства та методичний підхід до оцінювання її результативності в екосистемі стейкхолдерів.

29. **Ratnikov, D.,** Shyliuk, P., Petrenko, O., & Fesun, A. (2026). Economic drivers of the transformation of enterprises' operational business models within the stakeholder ecosystem of construction development. *The Scientific Heritage, 190*, 8–15. https://doi.org/10.5281/zenodo.21851443 (Hungary). *Особистий внесок:* обґрунтовано взаємозв'язок економічних чинників із трансформацією операційних бізнес-моделей підприємств будівельного девелопменту.

30. Fesun, A., **Ratnikov, D.,** Shyliuk, P., & Petrenko, O. (2026). Economic resilience of enterprises within integrated construction development structures: A multicriteria approach to assessment and interaction support. *Danish Scientific Journal, 110*, 13–17. https://doi.org/10.5281/zenodo.21706911 (Denmark). *Особистий внесок:* сформовано критерії оцінювання економічної спроможності інтегрованих будівельних структур і взаємодії їх учасників.

31. **Ratnikov, D.,** Shyliuk, P., Fesun, A., & Petrenko, O. (2026). Methodology for developing the economic adaptability of construction enterprises under multilevel uncertainty. *Polish Journal of Science, 101*, 27–31. DOI: 10.5281/zenodo.22077745 (Poland). *Особистий внесок:* розроблено методичні положення щодо розвитку економічної спроможності підприємства та визначено механізми реагування на невизначеність різної природи.

32. **Ratnikov D.,** Shyliuk P., Petrenko O., Fesun A. (2026). Conceptual model of integrative diagnostics of the economic capacity of construction development enterprises under conditions of uncertainty. *International Independent Scientific Journal, 87*, 8-15. https://doi.org/10.5281/zenodo.21283820 (Poland). *Особистий внесок:* сформовано концептуальну модель інтегративної діагностики, що пов'язує оцінювання економічної спроможності з обґрунтуванням управлінських рішень.

33. Herhi M., Kyryk Ya., **Ratnikov D**., Hrynchevskyi S. (2026). Nonlinear interdependencies in the formation of infrastructure resilience: damage modeling, functional recovery, and post-crisis modernization. *Sciences of Europe, 195*, 96-103. DOI: 10.5281/zenodo.22107302 (Czech Republic) *Особистий внесок:* обґрунтовано використання інтегративної діагностики економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту для визначення пріоритетності проєктів відновлення.

34. Hrynchevskyi S. Kyryk Ya., Herhi M., **Ratnikov D.** (2026). Systems modeling of construction organization under wartime risks: nonlinear interdependencies, functional resilience, and transformative recovery scenarios. *Norwegian Journal of development of the International Science, 186*, 109-118. https://doi.org/10.5281/zenodo.21982225 (Norway) *Особистий внесок:* розкрито вплив воєнних ризиків і функціональної резильєнтності будівельної організації на формування сценаріїв відновлення її економічної спроможності та подальшого розвитку.

Матеріали конференцій, де здійснено апробацію роботи:

35. Ратніков Д. Г. (2018). Економіко-цифрове моделювання інтегрованого управління інвестиційно-будівельними проєктами на засадах організаційно-технологічної узгодженості. Програма та тези доп. І міжнар. наук.- практ. конф. «Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні інновації в будівництві» – К.: КНУБА, 2018. ч.2 – С. 141-145.

36. Ratnikov D. (2022). Development of tools for designing organizational and technological systems in construction, taking into account the economic adaptability of enterprises. Materialy XVII Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji, *«Wykształcenie i nauka bez granici - 2022»,* Volume 9. Przemyśl: Nauka i studia. pp. 20-24.

37. Ratnikov D. (2023). Simulation models in the management system of investment and construction projects. Materialy XVIII Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji, *«Wykształcenie i nauka bez granici - 2023*», Volume 2. Przemyśl: Nauka i studia. pp. 17-19.

38. Ratnikov D. (2023). Modeling management processes in the field of investment and construction projects. Материали за XVIII международна научна практична конференция *«Новини за научние прогресс-2023».* Икономики. – София: Бял ГРАД-БГ. С. 20-22.

39. Ратніков Д. Г. Моделі оцінювання та підвищення економічної ефективності цифрових трансформацій будівельних підприємств. Програма круглого столу *Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України* (30 травня 2023 р.). К.: КНУБА, 2023. С. 23.

40. Ratnikov D. (2024). Formation of economic-digital circuits of integrated business processes of a construction company in a transformational environment. The 14th International scientific and practical conference *"Advanced scientific developments - 2024"* (04-06 March, 2024). MDPC Publishing, Berlin, Germany, 2022. pp. 52-56.

41. Ратніков Д. Г. Багатокритеріальне обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств: порівняльне застосування TOPSIS і PROMETHEE. Програма та тези доповідей круглого столу *«Управлінські, економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти поліпшення освітнього та наукового процесів як імперативи трансформації будівельної галузі»* (27 червня 2024 р). Київ-Варшава. С. 44.

42. Ратніков Д. Г. Економічна спроможність будівельних підприємств у контексті відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих рішень. *Бізнес-форум "Вектори управлінських, операційних, цифрових та технологічних трансформацій будівництва в умовах персистентних змін економіки та викликів воєнного часу"* К.: КНУБА, (29.10.-01.11.2024), С.46.
43. Ратніков Д. Г. Формування аналітико-діагностичного забезпечення розвитку цифрових платформ адміністрування підприємствами будівельного девелопменту *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу:* матеріали доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 4-5 листопада 2025 року) / за заг. ред. В. М. Лича, Л.О. Згалат-Лозинської. Київ: КНУБА, 2025. С. 835-839
44. Ратніков Д. Г. Декомпозиційно-аналітичний підхід до оцінювання фінансових параметрів діяльності підприємств будівельного сектору на основі структурованих моделей відхилень. *Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України*: матеріали VIII Міжнародної конференції (12 листопада 2025 року). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2026. – С. 418-421.
45. Ратніков Д. Г. Інтегративна діагностика економічної спроможності будівельних підприємств: система критеріїв та індикаторів**.** Матеріали XI міжнародної конференції *«Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами»* (5 грудня 2025 року). Луцьк: ЛНТУ. С. 227-230.
46. Ratnikov D. (2026). Mechanism of organizational adaptation of an enterprise: Dynamic capabilities, managerial flexibility and business process reconfiguration. *Science and education: Synergy of innovation: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference* (20-22 January, 2026). Berlin, Germany: MDPC Publishing. pp. 129–134.
47. Ratnikov D. (2026). Environmental safety of civil engineering facilities under wartime impacts: modelling technical condition, serviceability and recovery processes. *Science, education and technology in the 21st century: Integration and innovation for addressing global challenges: Conference proceedings* (February 12, 2026). San Francisco, USA: Golden Quill Publishing. pp. 99–103.
48. Ratnikov, D. (2026). Instrumental and analytical system for assessing the digital maturity and economic adaptability of a construction enterprise. *Modern science: Trends, challenges, solutions: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference* (2-4 March, 2026). Liverpool, United Kingdom: Cognum Publishing House. pp. 206–214.
49. Ратніков Д. Г. Інноваційно-аналітична модель оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств в умовах невизначеності. Матеріали VI Міжнар. наук. практ. інтернет-конф. тези доповідей *Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку:* Київ, (15-17 квітня 2026 року). С. 100-104.

ЗМІСТ

Анотація 2
Список опублікованих праць за темою дисертації 20
Перелік умовних позначень та скорочень 30
Вступ 31
РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ СПРОМОЖНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВІДНОВЛЕННЯ 43
1.1. Економічна спроможність будівельного підприємства як управлінська категорія 43
1.2. Специфіка функціонування будівельних підприємств в умовах післявоєнного відновлення 66
1.3. Індустріалізація будівництва як відповідь на виклики відновлення: роль префабрикованих рішень 90
Висновки до розділу 1 109
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ У КОНТЕКСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ 111
2.1. Ключові обмеження економічної спроможності будівельних підприємств 111
2.2. Еволюція державної житлової політики в країнах Західної Європи: історичний досвід та сучасні підходи 130
2.3. Передумови переходу до нових моделей оцінювання та підтримки управлінських рішень 148
Висновки до розділу 2 164

РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ 166

3.1. Методологічні принципи формалізації невизначеності в економіці та управлінні підприємствами 166

3.2. Багатокритеріальний підхід до обґрунтування управлінських рішень будівельних підприємств в умовах економічної невизначеності 184

3.3. Імітаційне моделювання як інструмент оцінювання економічних ризиків і сценаріїв розвитку підприємств 224

Висновки до розділу 3 250

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ 253

4.1. Формування системи нечітко-логічних індикаторів економічної спроможності будівельного підприємства 253

4.1.1. Нечітко-логічний блок оцінювання фінансово-економічної спроможності будівельного підприємства (FIS_1) 256

4.1.2. Нечітко-логічний блок оцінювання операційно-виробничої спроможності (FIS_2) 269

4.1.3. Нечітко-логічний блок оцінювання управлінської керованості будівельного підприємства (FIS_3) 274

4.1.4. Нечітко-логічний блок оцінювання кадрової спроможності будівельного підприємства (FIS_4) 278

4.1.5. Нечітко-логічний блок оцінювання логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень будівельного підприємства (FIS_5) 282

4.1.6. Нечітко-логічна модель верхнього рівня оцінювання інтегральної економічної спроможності будівельного підприємства (FIS_TOP) 286

4.2. Застосування методу аналізу ієрархій (AHP) для визначення ваг інтегральних індексів спроможності будівельного підприємства 310

4.3. Моделі багатокритеріального обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств 327
Висновки до розділу 4.....367
РОЗДІЛ 5. СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ ТА РИЗИКІВ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ.....370
5.1. Імітаційне моделювання інтегральних показників нечітко-логічної оцінки економічної спроможності будівельних підприємств 370
5.2. Симуляційне дослідження стійкості вагових коефіцієнтів у моделі AHP 392
5.3. Сценарне моделювання стійкості результатів багатокритеріального моделювання стратегій розвитку будівельних підприємств 420
Висновки до розділу 5.....467
Загальні висновки.....469
Список використаних джерел…….....476
Додатки…….502

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

Скорочення	Повне найменування	Український відповідник
AHP	Analytic Hierarchy Process	Метод аналізу ієрархій
CI	Consistency Index	Індекс узгодженості
CR	Consistency Ratio	Відношення узгодженості
ECS	Economic Capacity Score	Інтегральний показник економічної спроможності
ELECTRE	Elimination and Choice Expressing Reality	Метод усунення та вибору, що виражає реальність
FIS	Fuzzy Inference System	Система нечіткого виведення
HLM	Habitation à Loyer Modéré (French; housing at moderate rent)	Житло з регульованою орендною платою
MCDM	Multi-Criteria Decision Making	Багатокритеріальне прийняття рішень
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations	Метод організації ранжування переваг для розширеного оцінювання
RI	Random Index	Випадковий індекс
ROA	Return on Assets	Рентабельність активів
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution	Метод упорядкування переваг за подібністю до ідеального рішення

Вступ

Актуальність теми. Сучасні трансформації економічного середовища зумовлюють підвищення вимог до здатності підприємств забезпечувати безперервність діяльності, виконання договірних зобов’язань і відтворення власного економічного потенціалу. За мінливих умов господарювання результати, зафіксовані у звітності, не завжди дають достатні підстави для висновку щодо реальних можливостей підприємства: вони переважно характеризують уже досягнутий стан, тоді як управлінські рішення мають враховувати також здатність підприємства виконувати поточні зобов’язання, залучати ресурси та адаптуватися до зміни умов діяльності. Це актуалізує проблему розвитку діагностики, придатної для обґрунтованого визначення економічної спроможності підприємства та її обмежень.

Зазначена проблема набуває особливої складності в мультипроєктному середовищі. Одночасна реалізація кількох проєктів формує взаємозалежність фінансових, виробничих і організаційних рішень: зміна строків, вартості або ресурсного забезпечення одного проєкту може впливати на виконання інших і, зрештою, на економічний стан підприємства в цілому. За таких умов діагностичне значення має не лише оцінка окремих результатів господарювання, а й розуміння того, як проєктні процеси позначаються на функціонуванні підприємства та його можливостях діяти надалі. Особливу наукову та прикладну значущість ця проблематика має для підприємств будівельного девелопменту, діяльність яких поєднує тривалі інвестиційно-виробничі цикли, значну ресурсомісткість, договірну відповідальність і координацію численних учасників. Ці властивості притаманні як промисловому й цивільному будівництву, так і спорудженню та модернізації транспортних, енергетичних, комунальних та інших інфраструктурних об’єктів. Воєнні ризики, коливання вартості ресурсів, порушення постачання та зміни у структурі попиту посилюють невизначеність діяльності таких підприємств і підвищують ціну помилок в оцінюванні їхніх можливостей.

Масштабні завдання відбудови України загострюють потребу в економічно обґрунтованому залученні підприємств до проєктів різного функціонального призначення та складності. Паралельно будівельна галузь зазнає технологічних і організаційних змін, пов'язаних із модернізацією виробництва, цифровізацією процесів, індустріальними та префабрикованими рішеннями. За цих обставин особливої ваги набуває достовірне розуміння того, чи відповідають можливості підприємства вимогам проєктної діяльності та як зміни в галузі впливають на його економічне становище.

Теоретичні засади ресурсного підходу до пояснення можливостей підприємства розвинуті у працях Дж. Барні, Р. Ґранта, Д. Тіса та ін.; особливості проєктно-орієнтованих організацій та управління складними проєктами досліджували А. Девіс, М. Гобдей, Г. Вінч та ін. У вітчизняній науці питання будівельного девелопменту та управління інвестиційно-будівельними проєктами висвітлено у працях О. Ю. Бєлєнкової, С. Д. Бушуєва, А. Ф. Гойка, В. В. Гончар, Н. В. Валінкевич, Г. О. Кришталь, П. М. Кулікова, В. М. Лича, О. М. Малихіної, В. О. Поколенка, Г. М. Рижакової, Ю. А. Чуприни та ін. Попри значний науковий доробок, подальшого наукового опрацювання потребує діагностика економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту як основа обґрунтованих рішень щодо їх функціонування та розвитку в умовах невизначеності та структурних змін у будівельній галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Розробки автора є складовими науково-дослідних та науково-пошукових тем, які виконувались в КНУБА та Академії будівництва України. Зокрема, у межах теми «Розбудова сучасного аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (№ 0115U000860) автором розроблено підхід до оцінювання логістично-організаційної готовності будівельного підприємства як складової його економічної спроможності. Для агрегування кількісних і якісних характеристик застосовано нечітко-логічне моделювання, що дає змогу враховувати обмеження постачання та організації робіт, зокрема в умовах упровадження префабрикованих рішень. У межах теми «Розвиток

управлінської взаємодії інституційних учасників девелоперських проєктів» (№ 0121U111793) автором обґрунтовано включення управлінської керованості та координації взаємодії до структури економічної спроможності підприємства. Ці характеристики інтегровано з фінансовими, виробничими, кадровими та логістичними складовими для комплексного оцінювання здатності підприємства узгоджувати внутрішні процеси під час реалізації будівельних проєктів. У межах теми «Вдосконалення аналітичного апарату обґрунтування формату девелопменту для проєктів будівництва» (№ W4-14-b, Академія будівництва України) автором розроблено методичне забезпечення обґрунтування стратегічних альтернатив на основі інтегральної оцінки економічної спроможності підприємства. Застосування AHP, TOPSIS і PROMETHEE та симуляційної перевірки стійкості результатів дає змогу зіставляти варіанти розвитку з функціональними можливостями підприємства та умовами реалізації будівельних проєктів.

Об'єктом дослідження є процеси формування, оцінювання та забезпечення економічної спроможності будівельних підприємств у контексті їх участі в програмах відновлення житлового фонду та впровадження індустріальних (префабрикованих) технологій будівництва.

Предмет дослідження становлять теоретико-методологічні та прикладні засади моделювання економічної спроможності будівельних підприємств, механізми інтеграції нечітко-логічного, багатокритеріального та імітаційного інструментарію в систему підтримки управлінських рішень, а також методичні підходи до оцінювання стійкості стратегічних альтернатив в мультипроєктному середовищі.

Гіпотеза дослідження полягає в припущенні, що інтеграція нечітко-логічного моделювання інтегральних показників економічної спроможності, методу аналізу ієрархій для визначення їх вагомості та багатокритеріальних методів стратегічного ранжування з подальшою імітаційною перевіркою стійкості результатів дозволяє підвищити обґрунтованість, надійність і

адаптивність управлінських рішень будівельних підприємств в умовах економічної невизначеності.

Метою дослідження є розроблення теоретико-методологічних засад та інструментального забезпечення інтегрованого оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств і обґрунтування стратегій їх розвитку в умовах відновлення житлового фонду з використанням нечітко-логічного, багатокритеріального та імітаційного моделювання.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі було поставлено та вирішено такі завдання:

1) узагальнити та систематизувати теоретичні підходи до трактування економічної спроможності підприємства, визначити її місце у системі економічних категорій та сформувати авторське визначення економічної спроможності будівельного підприємства;

2) обґрунтувати структурну модель економічної спроможності будівельного підприємства, визначивши її функціональні складові та їх взаємозв’язок;

3) проаналізувати стан функціонування будівельних підприємств та виявити ключові обмеження їх економічної спроможності в умовах відновлення житлового фонду;

4) дослідити еволюцію державної житлової політики в країнах Західної Європи та визначити можливості адаптації відповідних підходів до національного контексту;

5) обґрунтувати необхідність переходу до інтегрованої методології оцінювання та підтримки управлінських рішень в умовах економічної невизначеності;

6) розробити нечітко-логічну модель формування інтегральних індексів економічної спроможності будівельних підприємств, що забезпечує агрегування кількісних та якісних показників;

7) сформувати інтегральний показник економічної спроможності будівельного підприємства та визначити його інтерпретаційні характеристики для стратегічного позиціонування;

8) розробити методику визначення вагових коефіцієнтів інтегральних складових економічної спроможності на основі методу аналізу ієрархій (AHP);

9) перевірити узгодженість експертних оцінок та оцінити стабільність сформованих вагових коефіцієнтів, забезпечивши надійність багатокритеріального аналізу;

10) побудувати модель багатокритеріального обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств на основі методу TOPSIS;

11) побудувати модель багатокритеріального ранжування стратегічних альтернатив із використанням методу PROMETHEE та здійснити порівняльний аналіз результатів;

12) оцінити узгодженість результатів різних багатокритеріальних методів з метою підвищення достовірності стратегічного вибору;

13) розробити підхід до імітаційного моделювання варіативності інтегральних показників економічної спроможності, що дозволяє аналізувати їх розподіли та межі коливань;

14) сформувати методику симуляційного дослідження стійкості вагових коефіцієнтів та результатів багатокритеріального ранжування, з урахуванням зміни вихідних параметрів;

15) оцінити ризики реалізації стратегічних альтернатив шляхом сценарного моделювання, використовуючи перцентильний аналіз, довірчі інтервали та показники варіативності;

16) запропонувати інтегровану систему підтримки управлінських рішень для будівельних підприємств, орієнтовану на участь у програмах відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих технологій.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети та розв’язання завдань дослідження використано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, що забезпечив послідовний перехід від теоретичного осмислення

економічної спроможності підприємств до її інтегрального оцінювання та обґрунтування управлінських рішень.

Теоретичне підґрунтя дослідження сформовано із застосуванням системного підходу, методів аналізу й синтезу, індукції та дедукції, абстрагування, порівняння й логічного узагальнення. Для дослідження стану підприємств і систематизації характеристик їхньої діяльності використано методи економічного аналізу, структурного групування та експертного оцінювання. Методичні й прикладні результати одержано із застосуванням методів нечіткого моделювання та багатокритеріального аналізу. Нечітку логіку використано для узагальнення різнорідних показників, метод аналізу ієрархій — для визначення ваг критеріїв, TOPSIS і PROMETHEE — для порівняння та ранжування альтернатив. Метод Монте-Карло застосовано для сценарного моделювання невизначеності й оцінювання стійкості отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. Основний науковий результат дисертаційного дослідження полягає у розробленні теоретико-методологічних засад інтегрованого оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств та формуванні системи підтримки стратегічних управлінських рішень в умовах економічної невизначеності, орієнтованої на реалізацію програм відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих рішень.

У межах дослідження створено: структурно-функціональну модель економічної спроможності будівельного підприємства, що включає п’ять інтегральних блоків (фінансово-економічний, виробничий, управлінський, кадровий, логістично-організаційний); нечітко-логічну модель формування інтегральних індексів спроможності; модель визначення вагових коефіцієнтів критеріїв на основі методу аналізу ієрархій (AHP) з перевіркою узгодженості експертних оцінок; багатокритеріальні моделі обґрунтування стратегій розвитку (TOPSIS, PROMETHEE); а також систему сценарного імітаційного

моделювання (Монте Карло) для оцінювання стійкості управлінських рішень та кількісного аналізу ризиків їх реалізації.

вперше:

- сформовано інтегративний методичний підхід до діагностики економічної спроможності будівельного підприємства та обґрунтування його стратегічного вибору, що ґрунтується на структурно-функціональній моделі фінансово-економічної, виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної спроможності й реалізується як послідовність взаємопов'язаних процедур: нечітко-логічного формування інтегральних індексів за алгоритмом Мамдані; визначення ваг критеріїв методом аналізу ієрархій (AHP — *Analytic Hierarchy Process*) із перевіркою узгодженості експертних оцінок; ранжування стратегічних альтернатив методами TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) і PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*); сценарного імітаційного моделювання методом Монте-Карло для оцінювання стійкості управлінських рішень і ризиків їх реалізації. На відміну від підходів, зосереджених на окремих показниках або одноразовому ранжуванні альтернатив, запропонований підхід забезпечує послідовний перехід від багатовимірної діагностики стану підприємства до обґрунтування стратегічного рішення та перевірки його надійності в умовах невизначеності.

- розроблено структурно-функціональну модель економічної спроможності будівельного підприємства, у якій фінансово-економічні результати розглядаються у взаємозв'язку з виробничою спроможністю, управлінською керованістю, кадровим забезпеченням і логістично-організаційною готовністю. Модель формалізовано через систему первинних показників, інтегральних індексів і узагальнювального показника економічної спроможності, що забезпечує комплексну діагностику підприємства замість його оцінювання за ізольованими характеристиками;

- запропоновано методичний підхід до перевірки стійкості результатів стратегічного ранжування будівельних підприємств за умов

невизначеності, який передбачає аналіз розподілів оцінок альтернатив і змін їхніх рейтингових позицій під час варіювання вихідних параметрів та ваг критеріїв. Його відмінність від детермінованого ранжування полягає в можливості оцінювати не лише перевагу певної альтернативи за початкових умов, а й надійність цієї переваги за зміни параметрів діяльності підприємства;

- сформовано прикладну модель діагностики готовності будівельного підприємства до участі у відновленні житлового фонду та впровадження індустріальних і префабрикованих рішень. На відміну від моделей, що обмежуються оцінюванням фінансової чи виробничої готовності, запропонована модель враховує також кадрові, управлінські й логістично-організаційні передумови реалізації таких напрямів діяльності. Запропоновано інтегральний показник економічної спроможності (ECS - *Economic Capacity Score*) як інструмент стратегічного позиціонування будівельних підприємств, що забезпечує кількісну інтерпретацію рівня їх системної готовності до масштабних програм розвитку.

удосконалено:

- теоретико-методичний підхід до оцінювання економічного стану будівельного підприємства через перехід від фрагментарного аналізу окремих результативних показників до діагностики взаємопов’язаних функціональних характеристик. Це дає змогу виявляти внутрішні обмеження підприємства, які можуть не відображатися в його поточних фінансових результатах, але впливати на здатність виконувати будівельні проєкти та підтримувати розвиток;

- процедуру формування інтегральних оцінок різнорідних показників шляхом застосування нечітко-логічної агрегації до кількісних і якісних характеристик та експертних суджень. На відміну від механічного зведення показників до одного масштабу, такий підхід дає змогу враховувати проміжні й змішані стани функціональних складових підприємства та зберігати їхню змістову інтерпретацію;

- методику обґрунтування вагомості складових економічної спроможності шляхом доповнення експертного попарного порівняння перевіркою узгодженості оцінок і аналізом чутливості ваг. Це підвищує прозорість процедури та дає змогу оцінити, чи зберігається структура стратегічних пріоритетів за варіювання експертних суджень;

- методичне забезпечення багатокритеріального вибору стратегій розвитку підприємства шляхом взаємної перевірки результатів ранжування різними методами та їх подальшого сценарного аналізу. Така процедура зменшує залежність висновку від особливостей одного методу оцінювання й дає підстави виявляти альтернативи з нестійкими рейтинговими позиціями;

- методику багатокритеріального обґрунтування стратегій розвитку, шляхом одночасного використання TOPSIS та PROMETHEE для перевірки узгодженості ранжування альтернатив та методичний підхід до оцінювання ризиків управлінських рішень, що базується на використанні перцентилів, довірчих інтервалів та коефіцієнтів варіації для кількісного аналізу варіативності результатів;

набуло подальшого розвитку:

- теоретичні положення економіки підприємства щодо сутності економічної спроможності будівельної організації, яку розглянуто як інтегровану характеристику її здатності узгоджувати фінансові, виробничі, кадрові, управлінські та логістичні можливості для стабільного функціонування та реалізації стратегічних завдань. На відміну від трактувань, що ототожнюють спроможність із ресурсним потенціалом, ефективністю або конкурентоспроможністю, запропонований підхід акцентує на взаємодії цих характеристик і здатності підприємства адаптуватися до мінливих умов діяльності;

- методичні засади стратегічного управління будівельними підприємствами за умов невизначеності шляхом поєднання результатів інтегральної діагностики з оцінюванням альтернатив розвитку та перевіркою

стійкості управлінських рішень, що створює аналітичне підґрунтя для обґрунтування стратегічних пріоритетів підприємств;

- концептуальні положення щодо формалізації економічної невизначеності в управлінні будівельними підприємствами шляхом розмежування нечіткості якісних та експертних оцінок і стохастичної мінливості кількісних параметрів із подальшим узгодженим урахуванням обох видів невизначеності в оцінюванні. На відміну від моделей, що спираються на жорсткі порогові значення або детерміновані точкові оцінки, такий підхід дає змогу враховувати проміжні стани функціональних складових підприємства й досліджувати варіативність результатів та їх стійкість до зміни вихідних параметрів;

- теоретико-методичні положення щодо економічної спроможності будівельного підприємства поглиблено розглядом індустріалізації та префабрикації як чинників, що трансформують вимоги до виробничих процесів, кадрових компетентностей і логістично-організаційної готовності підприємства. На відміну від підходів, які трактують ці технології лише як засоби підвищення продуктивності будівництва, обґрунтовано їхній системний вплив на здатність підприємства адаптуватися до післякризових змін і брати участь у відновленні житлового фонду;

- прикладні засади адаптації європейського досвіду житлової політики до національного контексту, з акцентом на необхідність формування економічно спроможних будівельних підприємств як базових суб’єктів відновлення житлової інфраструктури.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості застосування розробленого методичного інструментарію для інтегративної діагностики економічної спроможності будівельних підприємств, виявлення критичних обмежень їхнього функціонування та визначення пріоритетних напрямів розвитку. Інтегральний показник може використовуватися для позиціонування підприємства й оцінювання його готовності до реалізації будівельних проєктів. Поєднання нечітко-логічного моделювання, методу

аналізу ієрархій та методів TOPSIS і PROMETHEE дає змогу обґрунтовувати вагомість критеріїв і порівнювати альтернативи розвитку, а імітаційне моделювання методом Монте-Карло — оцінювати стійкість одержаних результатів і ризики управлінських рішень. Запропоновані розробки можуть застосовуватися будівельними підприємствами під час планування діяльності й розподілу ресурсів, а органами державної влади та місцевого самоврядування — під час формування критеріїв відбору учасників програм розвитку та відновлення.

Результати дослідження впроваджено в практичну діяльність ТОВ «Архітектурно-будівельні новації» (довідка № 77-н від 12.03.2026 р.), ТОВ БФ «Альфа-Сервіс» (довідка № 68 від 25.03.2026 р.), Інституту місцевого розвитку (довідка № 56 від 27.03.2026 р.) та використано в науково-експертній діяльності Академії будівництва України (довідка № 12/07.2026/21 від 14.01.2026 р.) та в освітньому процесі Київського національного університету будівництва і архітектури під час підготовки здобувачів вищої освіти, зокрема при викладанні навчальних дисциплін «Економіка будівництва», «Економічна діагностика підприємства», «Оптимізаційні методи та моделі», а також при розробленні навчально-методичного забезпечення й виконанні науково-дослідних робіт (довідка № 12/54-21/3/26 від 15.05.2026р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаною науковою працею. Усі наукові положення, висновки, пропозиції, методичні підходи, моделі та практичні рекомендації, що становлять наукову новизну дослідження та виносяться на захист, отримані автором самостійно. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, у дисертації використано лише ті ідеї, положення та результати, які є особистим науковим доробком здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні положення, результати та висновки дисертаційного дослідження доповідалися, обговорювалися та отримали схвалення на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних

конференціях, форумах та наукових семінарах, зазначених у списку опублікованих праць [343-357].

Публікації. Основні положення та результати дисертації опубліковано у 49 наукових працях, з яких: 3 монографії — одноосібна монографія та 2 розділи у колективних монографіях; 31 стаття у наукових періодичних виданнях, зокрема 4 — у виданнях, проіндексованих у Scopus та Web of Science Core Collection (з них 2 опубліковано у виданнях першого квартилю Q1), 19 — у фахових наукових виданнях України, 8 — у виданнях інших держав; 15 публікацій апробаційного характеру — у матеріалах наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, п’яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, що налічує 357 найменувань, списку наукових праць здобувача та 6 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 517 сторінок, з яких 435 сторінок займає основний текст. У дисертації наведено 50 рисунків і 79 таблиць.

РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ СПРОМОЖНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВІДНОВЛЕННЯ.

1.1. Економічна спроможність будівельного підприємства як управлінська категорія.

Еволюція підходів до оцінювання стану та потенціалу будівельних підприємств відображає загальні трансформації економічного середовища, зміну ролі будівельної галузі в економіці та ускладнення управлінських завдань, що стоять перед підприємствами. У різні історичні періоди оцінювання діяльності будівельних організацій базувалося на різних пріоритетах: від обліку обсягів виконаних робіт і виробничих ресурсів до комплексного аналізу конкурентоспроможності, інноваційного потенціалу та здатності адаптуватися до нестабільних умов [309; 320; 330].

Сучасні інвестиційно-будівельні проєкти є складними, багаторівневими системами, що охоплюють технічні, організаційні, фінансові та управлінські процеси. Зростання складності будівельних робіт, необхідність застосування спеціалізованих технологій, нерівномірність фінансування, а також постійне скорочення строків реалізації проєктів істотно ускладнюють їх виконання. Водночас високий рівень конкуренції на ринку будівельних послуг посилює тиск на підприємства, змушуючи їх працювати з мінімальними маржинальними показниками, що часто наближаються до межі рентабельності [310; 311; 338; 343]. У таких умовах компанії змушені формувати комерційні пропозиції з урахуванням гранично допустимих витрат, використовуючи внутрішні резерви та приймаючи на себе підвищені ризики. У окремих випадках це може призводити до ситуацій, коли реалізація проєкту потребує додаткових витрат із боку підрядника лише для збереження позицій на ринку. Саме тому зростає значення сучасних методів управління, планування та контролю, які дозволяють підвищити стійкість будівельних підприємств і обґрунтовано оцінювати їхній потенціал [1].

Інвестиційно-будівельний ринок у широкому розумінні охоплює сукупність процесів купівлі-продажу, виробничої діяльності та надання послуг у сфері будівництва, спрямованих на задоволення суспільних потреб. Будівельний інвестиційний процес є послідовністю взаємопов'язаних технічних, правових, технологічних, організаційних і фінансових дій, що здійснюються в межах визначеного часу та за обмежених ресурсів з метою створення й подальшої експлуатації об'єкта. Така комплексність формує підґрунтя для розвитку наукових підходів до оцінювання стану та потенціалу будівельних підприємств, адже їхня діяльність залежить від ефективності управління кожним із зазначених компонентів [2].

Будівельна галузь є важливою складовою національної економіки як на рівні окремих країн, так і у світовому масштабі. Пропозиція будівельних послуг, виробництво матеріалів, використання технічних засобів та, насамперед, наявність кваліфікованих кадрів виступають базовими чинниками економічного розвитку. У цьому контексті оцінювання стану будівельних підприємств поступово трансформувалося від аналізу суто виробничих показників до комплексної оцінки їхньої здатності ефективно діяти в умовах змінного ринкового середовища [3].

Реалізація будівельних проєктів має багатоетапний характер і потребує участі фахівців різних напрямів – від інженерів і технологів до економістів і менеджерів. Проєктування, аналітичні дослідження, підготовка документації, організація будівельного процесу та виконання робіт відбуваються послідовно, але водночас можуть вимагати повернення до попередніх етапів для уточнення рішень або коригування планів. Це створює складну систему взаємозалежних процесів із постійними зворотними зв'язками. У таких умовах здатність підприємства ефективно організовувати свою діяльність, адаптуватися до змін та координувати ресурси стає одним із ключових показників його потенціалу [4].

У контексті оцінювання стану будівельних підприємств особливе значення мають категорії результативності, ефективності та продуктивності.

Результативність можна трактувати як ступінь досягнення поставленої мети, тобто завершення будівництва об’єкта відповідно до проєктних параметрів, у встановлені строки та з необхідним рівнем якості. Для інвестора результатом є готовий об’єкт із визначеними функціональними характеристиками, тоді як для будівельного підприємства – виконання всього комплексу робіт відповідно до контрактних зобов’язань [5].

Ефективність у будівництві розглядається як співвідношення отриманих результатів до використаних ресурсів. З позиції замовника вона означає здатність реалізувати проєкт у заплановані строки, з дотриманням бюджету та необхідної якості. З позиції підрядника – це прибутковість, продуктивність і раціональне використання ресурсів. Таким чином, ефективність має багатовимірний характер і відображає не лише фінансові результати, але й організаційні та управлінські аспекти діяльності підприємства [6, 7].

Поступово у наукових дослідженнях сформувалося розуміння, що ефективність господарювання будівельного підприємства залежить від взаємодії кількох ключових факторів: клієнтів, продукту, процесів і ресурсів. Саме їхня узгодженість і здатність створювати додану вартість визначають загальний рівень розвитку організації. Раціональне використання ресурсів, планування, моніторинг і аналіз діяльності стають основою для оцінювання економічного стану підприємства. При цьому результати можуть мати як матеріальну, так і нематеріальну форму, що підкреслює складність і багатогранність поняття ефективності [8].

Важливим елементом оцінювання потенціалу будівельних підприємств є продуктивність, яка відображає здатність організації перетворювати ресурси у кінцевий результат. У технічному розумінні продуктивність визначається як співвідношення між обсягом виконаних робіт і використаними ресурсами – працею, капіталом, матеріалами, енергією. У ширшому, економіко-соціальному значенні вона розглядається як орієнтація на постійне вдосконалення, підвищення ефективності функціонування та зміцнення конкурентних позицій [9, 10].

Підвищення продуктивності має стратегічне значення не лише для окремого підприємства, але й для економіки в цілому. Воно сприяє зниженню витрат часу і ресурсів, підвищенню конкурентоспроможності, зростанню доходів і створенню передумов для фінансування соціальних програм. На рівні підприємства продуктивність є важливим індикатором ефективності операційної діяльності та дозволяє порівнювати результати з іншими учасниками ринку, формувати програми розвитку та вдосконалювати організаційні процеси [318; 319; 354].

Особливу роль у формуванні потенціалу будівельних підприємств відіграє людський фактор. Саме працівники, їхні професійні навички, досвід, здатність до інновацій і організаційна культура визначають можливості підприємства до розвитку. Творчий потенціал персоналу стає джерелом удосконалення технологій, підвищення якості послуг і формування конкурентних переваг [11, 12].

Оцінювання стану будівельних підприємств також неможливе без урахування їхньої здатності реагувати на зміни зовнішнього середовища. Технологічний розвиток, економічні коливання, зміни у нормативному регулюванні та зростання вимог до якості будівництва змушують організації постійно адаптуватися. У цьому контексті зміна виступає не як одноразовий проєкт, а як постійний процес, що визначає життєздатність підприємства .

Сучасні наукові підходи розглядають здатність організації до змін як динамічну характеристику, яка включає ефективне управління як окремими трансформаційними процесами, так і їхньою сукупністю. Важливими складовими такого потенціалу є наявність лідерства, довіра працівників, здатність до інновацій, ефективна комунікація та відповідальна організаційна культура. Ці фактори формують основу для стратегічного розвитку підприємства та його адаптації до нових викликів [13–15].

Зміни на ринку інвестиційно-будівельних послуг можуть відбуватися як у формі адаптації до зовнішніх умов, так і через проактивні дії, спрямовані на формування нових стратегічних напрямів. У першому випадку підприємство

реагує на трансформації в економічному середовищі, у другому – намагається впливати на нього, створюючи нові можливості для розвитку. Саме здатність поєднувати ці два підходи дедалі частіше розглядається як ключовий показник потенціалу будівельного підприємства [16].

Таким чином, еволюція підходів до оцінювання стану та потенціалу будівельних підприємств відображає перехід від вузького розуміння ефективності як виробничого результату до комплексного бачення організації як динамічної системи. У центрі уваги сучасних досліджень перебувають не лише фінансові показники, але й продуктивність, організаційна гнучкість, інноваційність, здатність до змін і якість управління. Саме поєднання цих характеристик формує реальний потенціал підприємства та визначає його можливості функціонування і розвитку в умовах складного та конкурентного інвестиційно-будівельного середовища [317; 328; 351].

Аналізуючи методи управління будівельним виробництвом і будівельними послугами, доцільно підкреслити, що на межі XX–XXI століть класична теорія та практика менеджменту були суттєво доповнені новими концепціями, методами й інструментами. Це розширення управлінського «арсеналу» стало відповіддю на ускладнення проєктів, зростання конкуренції та підвищення вимог до якості й строків виконання робіт. Умовно методи управління поділяють на класичні та сучасні: перші переважно орієнтовані на організацію й удосконалення роботи підрозділів і робочих місць, тоді як сучасні концепції акцентують системний характер організації та взаємозалежність її процесів [17, 18].

Для того щоб будівельні підприємства могли досягати своїх цілей і ефективно функціонувати на ринку, вони мають бути належно керованими. На практиці це дедалі частіше означає використання інформаційних систем і цифрових інструментів, спрямованих на підвищення якості планування, координації, контролю та обліку. В умовах посиленої конкуренції підвищуються очікування щодо якості, швидкості та пунктуальності виконання робіт, а отже – зростає значення управлінської зрілості

підприємства. Важливо, що удосконалення управління не завершується одноразовим упровадженням змін або досягненням цільових значень показників. Навпаки, воно розглядається як безперервний процес, який забезпечує стабільність, відтворюваність результатів і поступовий розвиток організації.

Кожне будівельне підприємство, орієнтоване на розвиток, вимушене систематично вдосконалювати власні процеси, структури, організаційну культуру та адаптуватися до зовнішніх вимог [325]. Ці вимоги формуються під впливом регуляторного середовища, очікувань замовників, технічних стандартів, логістичних обмежень і загальної нестабільності ринку. Водночас підприємству необхідно зберігати «відмінну» здатність – тобто підтримувати конкурентні переваги та ідентичність на ринку через такі рішення, продукти й форми взаємодії з клієнтами, які важко відтворити конкурентам. У цьому сенсі розвиток потенціалу підприємства дедалі частіше пов’язують не лише з ресурсами (техніка, кадри, фінанси), а й із якістю управління та здатністю до організаційних змін [19].

Паралельно еволюціонує і сам інвестиційно-будівельний ринок: змінюються вимоги до виконання контрактів, стандарти якості, принципи організації ланцюгів постачання, підходи до ризик-менеджменту. В умовах глобалізації, а також широких можливостей обробки інформації та управління знаннями управлінці змушені перетворювати традиційні, «функціональні» структури на більш динамічні та гнучкі. Це означає перехід від управління через окремі підрозділи (наприклад, «відділ постачання», «виробничий відділ», «кошторисний відділ») до управління через наскрізні процеси, які створюють кінцевий результат для клієнта [20, 21].

Саме тому в сучасній літературі все більшого значення набуває процесний підхід (орієнтація на процеси). Він пропонує розглядати діяльність підприємства як систему взаємопов’язаних процесів, а не як сукупність ізольованих функцій. Ідентифікація процесів дає змогу краще зрозуміти механізми створення цінності, визначити «вузькі місця», зменшити втрати,

підвищити керованість строків і витрат. Для будівельних підприємств, де результат залежить від узгодженості багатьох учасників і послідовності робіт, процесне мислення особливо важливе.

Поняття «процес» у наукових джерелах трактується по-різному, однак у більшості підходів йдеться про впорядкований у часі та просторі ланцюг подій і дій, які ведуть до певної трансформації. У прикладному, «якісному» підході процес визначають як діяльність, що перетворює входи (дані, документи, матеріали, ресурси) у виходи (напівфабрикати, готовий продукт, послугу), при цьому вихід одного процесу може бути входом для іншого. Для коректного перебігу процесу потрібні ресурси (включно з людськими), інформація, а також постійний моніторинг і контроль [22].

У низці управлінських концепцій процес інтерпретується як специфічний порядок дій з чітко визначеними входами та виходами, що має вимірювані результати. Важливим є також «ланцюг цінності»: кожна наступна операція повинна додавати цінність до попередньої, підвищуючи якість продукту або ефективність надання послуги. Узагальнюючи різні трактування, процес можна розуміти як структуровану трансформацію «входу» у «вихід», що здійснюється через впорядкований набір дій і вимагає залучення ресурсів підприємства – людей, техніки, матеріалів, методів, фінансів.

Процесний підхід у менеджменті став одним із ключових напрямів удосконалення організацій, зокрема будівельних підприємств. Прийняття процесу як базового елемента побудови системи управління створює підґрунтя для концепції управління процесами. На практиці цей підхід широко використовується в управлінні якістю, стратегічному менеджменті, операційному управлінні, фінансах і контролінгу. Він передбачає, що підприємство складається з переплетених процесів; їх ідентифікація допомагає усвідомити, де саме створюється цінність; удосконалення процесів підвищує ефективність діяльності та рівень задоволеності клієнта; а система управління має спиратися на потреби замовника, вимірювання результатів і постійне поліпшення [23, 24].

З позиції праксеології управління процесами можна пов’язувати з категоріями результативності, ефективності, продуктивності та якості. Якщо розглядати процеси як об’єкт управління, тоді доречно виокремлювати стратегічний рівень (формування структури всіх процесів, їх узгодження із цілями підприємства) та операційний рівень (управління взаємодією процесів у щоденній діяльності). Таким чином, управління процесами стосується всіх рівнів менеджменту та всіх функціональних сфер підприємства [322; 348].

У загальному вигляді процесний підхід полягає у систематичному визначенні процесів, що відбуваються в організації, та організації управління ними. Його сутність – охоплення процесами всієї діяльності: від підготовки будівництва й виробничих робіт до закупівель, логістики, маркетингу, фінансового обліку та адміністративного управління. Для будівництва ця логіка особливо релевантна, оскільки замовник часто в межах контракту може ініціювати зміни до вихідних вимог, що вимагає гнучкої перебудови планів, ресурсів і графіків. У процесному підході важливим є також врахування не лише вимог «зовнішнього» клієнта (замовника), але й «внутрішнього» клієнта – працівника. Задоволеність персоналу умовами праці, ресурсним забезпеченням і комунікацією впливає на якість виконання робіт і, у кінцевому підсумку, на задоволеність замовника [25, 26].

З точки зору оцінювання стану та потенціалу будівельного підприємства, прийняття процесного підходу має прикладне значення. Воно створює основу для вимірювання зрілості управління, оцінювання керованості строків і витрат, якості взаємодії підрозділів та здатності до адаптації в умовах турбулентного середовища. Логіка проста: організація є настільки ефективною, наскільки ефективні її процеси. Відповідно, потенціал підприємства до розвитку та участі в складних інвестиційних проєктах можна оцінювати через здатність ідентифікувати процеси, формувати для них показники, проводити моніторинг, аналіз і впроваджувати постійні покращення [27, 28].

У практиці будівельних підприємств процеси доцільно групувати на три блоки: основні, допоміжні та управлінські. Основні процеси безпосередньо пов’язані з реалізацією будівельних проєктів і можуть бути структуровані за етапами інвестиційного циклу: (1) підготовка інвестиції, (2) проєктування, (3) реалізація будівництва [314]. Допоміжні процеси охоплюють постачання, логістику, дослідження, технічний контроль і забезпечення якості. Управлінські процеси включають маркетинг і взаємодію із замовником, загальне адміністрування, управління персоналом, фінансами, ресурсами та ризиками.

У підсумку наведений матеріал можна інтерпретувати як логічний міст між менеджментом і темою оцінювання потенціалу будівельних підприємств. Перехід від класичних до сучасних методів управління, а також поширення процесного підходу означають, що оцінювання підприємства має включати не лише фінансові чи виробничі показники, але й якість управлінських процесів, здатність до постійного вдосконалення, гнучкість організаційної структури та рівень технологічної й інформаційної підтримки управління. Це формує основу для більш науково обґрунтованої та комплексної діагностики стану підприємства і його потенціалу до сталого розвитку в умовах конкурентного інвестиційно-будівельного ринку.

На ранніх етапах розвитку галузі підходи до оцінювання стану будівельних підприємств були переважно виробничо-орієнтованими. Основна увага приділялася матеріально-технічній базі, кількості працівників, обсягам виконаних будівельно-монтажних робіт та рівню використання виробничих потужностей. У межах такої логіки підприємство розглядалося насамперед як виробнича одиниця, а його ефективність визначалася здатністю виконувати планові завдання у встановлені терміни. Оцінювання мало переважно кількісний характер і ґрунтувалося на показниках продуктивності, витрат і фізичних обсягів будівництва [29, 30].

З розвитком ринкових відносин підходи до оцінювання почали змінюватися. Будівельні підприємства поступово перейшли від функціонування в умовах централізованого планування до діяльності в конкурентному середовищі, де важливого значення набули фінансові результати, рентабельність, ліквідність і платоспроможність. На цьому етапі ключовими інструментами аналізу стали методи фінансової діагностики, які дозволяли оцінити стабільність підприємства, його інвестиційну привабливість і здатність виконувати зобов'язання перед замовниками та партнерами.

У цей період сформувався підхід, відповідно до якого стан підприємства розглядався через призму його фінансово-економічних показників. Основними індикаторами виступали прибутковість, оборотність активів, структура капіталу, рівень витрат і ефективність використання ресурсів. Такий підхід дозволяв порівнювати підприємства між собою, оцінювати їхню конкурентну позицію на ринку та визначати перспективи розвитку. Водночас він мав певні обмеження, оскільки концентрувався переважно на вже досягнутих результатах і недостатньо враховував потенціал майбутнього зростання.

Подальший розвиток теорії управління та економічного аналізу привів до розширення уявлень про потенціал будівельного підприємства. Його почали трактувати не лише як сукупність матеріальних і фінансових ресурсів, але як складну систему, що включає кадровий, технологічний, організаційний та інноваційний компоненти. Відповідно, оцінювання стану підприємства стало більш комплексним і багатовимірним.

На цьому етапі поширення набули системні підходи, які передбачали аналіз внутрішнього середовища підприємства у взаємозв'язку з зовнішніми умовами. До уваги почали братися такі фактори, як стабільність портфеля замовлень, репутація на ринку, наявність довгострокових партнерських зв'язків, здатність до впровадження нових технологій, рівень управлінської культури та організаційна гнучкість. Будівельне підприємство почали

розглядати як відкриту систему, що функціонує у взаємодії з економічним, правовим і соціальним середовищем.

Особливе значення набули підходи, пов’язані з оцінюванням стратегічного потенціалу. У центрі уваги опинилися питання довгострокової конкурентоспроможності, здатності підприємства реагувати на зміни ринку, формувати нові напрями діяльності та адаптуватися до технологічних трансформацій. Оцінювання почало охоплювати не лише поточний стан, але й можливості розвитку, що передбачало аналіз сильних і слабких сторін підприємства, зовнішніх можливостей і ризиків.

У межах такого підходу сформувалося розуміння, що потенціал будівельного підприємства є багатокомпонентним явищем. Він включає виробничий потенціал (наявність техніки, обладнання, виробничих потужностей), кадровий потенціал (кваліфікація персоналу, досвід, здатність до навчання), інноваційний потенціал (здатність впроваджувати нові матеріали, технології та управлінські рішення), фінансовий потенціал (доступ до інвестиційних ресурсів, кредитоспроможність) та організаційний потенціал (ефективність структури управління, здатність до координації складних проєктів) [316; 335; 347; 356].

З розвитком інформаційних технологій і цифрових інструментів оцінювання стану будівельних підприємств почало доповнюватися аналітичними моделями, що дозволяють обробляти великі обсяги даних. З’явилися підходи, які поєднують економічний аналіз із методами багатокритеріальної оцінки, ризик-аналізу та прогнозування. Це дозволило враховувати невизначеність зовнішнього середовища, оцінювати різні сценарії розвитку та приймати більш обґрунтовані управлінські рішення.

Сучасний етап еволюції підходів до оцінювання стану будівельних підприємств характеризується переходом від статичного аналізу до динамічного. Якщо раніше оцінювання базувалося на фіксації поточного стану підприємства, то сьогодні акцент зміщується на дослідження його стійкості, адаптивності та здатності функціонувати в умовах ризику. Особливо це

актуально в контексті економічної нестабільності, структурних змін у галузі та необхідності відновлення інфраструктури [329; 341; 342; 355].

У сучасних умовах дедалі більшого значення набуває оцінювання організаційної гнучкості та інноваційної активності підприємств. Здатність швидко змінювати структуру виробництва, освоювати нові види робіт, інтегруватися в масштабні відновлювальні програми стає важливим показником їхнього потенціалу. Водночас оцінювання починає враховувати і соціальні аспекти діяльності підприємства, зокрема умови праці, стабільність зайнятості та участь у реалізації соціально значущих проєктів.

Окремим напрямом розвитку стала інтеграція оцінювання стану підприємств із підходами до управління ризиками. Будівельна діяльність традиційно пов’язана з високим рівнем невизначеності, що зумовлено тривалістю інвестиційних циклів, залежністю від зовнішнього фінансування та коливаннями ринку. Тому аналіз потенціалу підприємства дедалі частіше включає оцінку його здатності протистояти фінансовим, виробничим і організаційним ризикам.

У результаті сформувався комплексний підхід, відповідно до якого оцінювання стану та потенціалу будівельного підприємства базується на поєднанні фінансових, виробничих, кадрових, інноваційних і стратегічних показників. Такий підхід дозволяє отримати більш повне уявлення про можливості підприємства та його роль у реалізації масштабних будівельних проєктів.

У контексті потреби у відновленні житлового фонду та інфраструктури, значення оцінювання потенціалу будівельних підприємств ще більше зростає. Воно стає необхідною умовою ефективного планування відбудовних програм, раціонального розподілу ресурсів і формування партнерських механізмів між державою, бізнесом та фінансовими інституціями. Таким чином, еволюція підходів до оцінювання відображає поступовий перехід від вузького виробничого аналізу до комплексного стратегічного бачення ролі будівельних підприємств у розвитку економіки.

У сучасних умовах функціонування підприємств будівельної галузі питання комплексного оцінювання їх здатності до стабільної діяльності, розвитку та адаптації набуває особливої актуальності. Традиційні підходи до аналізу діяльності підприємств здебільшого ґрунтуються на використанні окремих фінансових показників, показників ефективності виробництва або характеристик конкурентоспроможності. Проте такі підходи часто не дозволяють сформувати цілісне уявлення про реальні можливості підприємства функціонувати в умовах нестабільності, ресурсних обмежень та структурних трансформацій економіки [31].

У зв’язку з цим виникає потреба у використанні більш комплексного інтегрального поняття, яке б відображало не лише поточні результати діяльності, а й потенціал підприємства до забезпечення безперервного функціонування, адаптації до змін зовнішнього середовища та реалізації стратегічних завдань. Таким поняттям у даному дослідженні виступає *економічна спроможність будівельного підприємства* [327; 340].

Економічну спроможність доцільно трактувати як інтегральну характеристику стану та можливостей підприємства, яка відображає його здатність забезпечувати стабільну господарську діяльність, ефективно використовувати наявні ресурси, адаптуватися до змін зовнішнього середовища та реалізовувати виробничі й управлінські завдання в коротко- і довгостроковій перспективі (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1. Інтегральна характеристика поняття «економічна спроможність будівельного підприємства».

На відміну від більш вузьких категорій, таких як фінансова стійкість або виробничий потенціал, економічна спроможність охоплює широкий спектр характеристик підприємства та враховує взаємодію різних підсистем: фінансової, виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної. Саме інтеграція цих складових формує реальну здатність підприємства виконувати свої функції в умовах ринкової невизначеності, обмеженості ресурсів і зростаючих вимог до якості та швидкості реалізації будівельних проєктів.

Особливої ваги поняття економічної спроможності набуває в умовах масштабного відновлення житлового фонду, розвитку соціального житла та впровадження індустріальних, зокрема префабрикованих, технологій будівництва. У таких умовах від підприємств вимагається не лише наявність фінансових ресурсів, але й здатність швидко перебудовувати виробничі процеси, інтегруватися в нові логістичні ланцюги, ефективно управляти персоналом і приймати гнучкі управлінські рішення. Це обумовлює необхідність розгляду економічної спроможності як багатовимірної категорії, що складається з взаємопов’язаних структурних компонентів [313; 350].

У даному дослідженні структура економічної спроможності будівельного підприємства розглядається як система п’яти ключових складових: фінансово-економічної, виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної [32–34]. Кожна з них відображає окремий аспект діяльності підприємства, але водночас перебуває у тісному взаємозв’язку з іншими.

Фінансово-економічна спроможність є базовим елементом загальної економічної спроможності підприємства, оскільки саме вона визначає можливості підприємства забезпечувати стабільність грошових потоків, підтримувати платоспроможність і фінансувати свою діяльність.

Ця складова характеризує здатність підприємства:

– генерувати достатній обсяг доходів;

– забезпечувати прибутковість діяльності;

– ефективно управляти активами;
– контролювати рівень фінансових зобов’язань;
– підтримувати фінансову рівновагу.

Для будівельних підприємств фінансово-економічна спроможність має особливе значення, оскільки їх діяльність часто пов’язана з високою капіталоємністю, довгими виробничими циклами та залежністю від зовнішнього фінансування. Умови нестабільності, затримки платежів, зміна вартості ресурсів і коливання попиту можуть істотно впливати на фінансовий стан підприємства. Саме тому ця складова виступає основою для оцінювання здатності підприємства брати участь у великих проєктах, зокрема пов’язаних із відновленням житла та реалізацією соціальних програм.

Виробнича спроможність відображає здатність підприємства виконувати будівельні роботи відповідного обсягу, складності та якості. Вона пов’язана з наявністю технічної бази, виробничих потужностей, технологій і матеріально-технічних ресурсів.

У сучасних умовах ця складова набуває нових характеристик, пов’язаних із переходом до більш індустріалізованих форм будівництва. Використання префабрикованих конструкцій, модульних рішень та стандартизованих технологій вимагає від підприємств адаптації виробничих процесів, зміни структури постачання та підвищення рівня координації робіт.

Виробнича спроможність визначає, наскільки підприємство здатне:
– швидко виконувати будівельні роботи;
– працювати з великими обсягами замовлень;
– впроваджувати нові технологічні рішення;
– забезпечувати необхідну якість будівництва.

Для завдань відновлення житлового фонду ця складова має особливе значення, оскільки швидкість і масштаб виконання робіт стають критичними параметрами.

Управлінська спроможність відображає здатність підприємства ефективно організовувати свою діяльність, приймати обґрунтовані управлінські рішення та координувати роботу різних підрозділів.

Вона включає такі аспекти:

– стратегічне планування;

– організацію виробничих процесів;

– управління ризиками;

– здатність до адаптації;

– координацію взаємодії із замовниками, підрядниками та постачальниками.

У сучасних умовах управлінська складова стає одним із ключових факторів економічної спроможності. Навіть за наявності фінансових і виробничих ресурсів неефективне управління може призводити до затримок, перевитрат і втрати конкурентних позицій.

Особливо важливою є здатність управлінської системи підприємства швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища, перебудовувати процеси та приймати рішення в умовах невизначеності.

Кадрова спроможність відображає можливості підприємства забезпечувати свою діяльність необхідними трудовими ресурсами відповідної кваліфікації та підтримувати стабільність кадрового складу.

Будівельна галузь традиційно є трудомісткою, і якість виконання робіт значною мірою залежить від професійного рівня працівників. У сучасних умовах додатковим викликом є дефіцит кваліфікованих кадрів, міграційні процеси, зміна структури ринку праці.

Кадрова складова включає:

– забезпеченість персоналом;

– відповідність кваліфікації вимогам виробництва;

– стабільність кадрового складу;

– мотивацію працівників;

– здатність до навчання та адаптації.

Особливого значення набуває підготовка фахівців, здатних працювати з новими технологіями, у тому числі з індустріальними та префабрикованими системами будівництва.

Логістично-організаційна спроможність відображає здатність підприємства ефективно організовувати матеріальні потоки, взаємодію з постачальниками, транспортування ресурсів та координацію робіт на будівельних майданчиках.

У сучасних умовах ця складова значно розширюється, оскільки будівництво дедалі більше інтегрується з промисловим виробництвом конструкцій, особливо у випадку використання префабрикованих рішень. Це вимагає високого рівня узгодженості між виробниками, логістичними операторами та будівельними компаніями.

Логістично-організаційна спроможність визначає:

– стабільність постачань матеріалів;

– рівень залежності від зовнішніх ресурсів;

– ефективність координації робіт;

– інтеграцію з партнерами;

– готовність до використання індустріальних і модульних технологій [313; 350].

Ця складова особливо важлива для масового будівництва та реалізації програм соціального житла, де критичними є швидкість, масштаб і безперервність процесів.

У науковій літературі, присвяченій дослідженню діяльності підприємств, широко використовуються такі категорії, як ефективність, потенціал, конкурентоспроможність, життєздатність і спроможність. Вони мають близьке змістове наповнення, часто застосовуються як взаємопов’язані або навіть взаємозамінні, проте кожна з них відображає різні аспекти функціонування підприємства [35–37]. У зв’язку з цим важливим є чітке розмежування та узгодження цих понять для формування цілісного підходу до оцінювання економічного стану будівельного підприємства.

Ефективність традиційно розглядається як співвідношення отриманого результату до витрачених ресурсів. У класичному розумінні вона відображає ступінь раціональності використання матеріальних, фінансових і трудових ресурсів у процесі господарської діяльності. Ефективність може вимірюватися через показники прибутковості, рентабельності, продуктивності праці, фондовіддачі тощо. Вона дозволяє оцінити, наскільки результативно підприємство функціонує в поточному періоді.

Проте ефективність має переважно ретроспективний характер, оскільки відображає вже досягнуті результати. Вона не завжди дає відповідь на питання щодо майбутніх можливостей підприємства, його здатності адаптуватися до змін або реалізовувати нові проєкти. У будівельній галузі підприємство може демонструвати високу ефективність у короткостроковому періоді, але при цьому мати обмежені можливості для масштабування діяльності або участі у великих програмах відновлення.

Поняття потенціалу підприємства пов’язане із сукупністю його ресурсних можливостей. Під потенціалом зазвичай розуміють наявність і стан ресурсів, які можуть бути використані для досягнення певних цілей. Йдеться про фінансовий, виробничий, кадровий, інноваційний та організаційний потенціал. Це поняття орієнтоване переважно на оцінювання внутрішніх можливостей підприємства, незалежно від того, наскільки повно вони реалізуються на практиці.

Потенціал відображає те, що підприємство «може мати» або «може використати», але не обов’язково характеризує реальну здатність ефективно діяти в конкретних умовах. Наприклад, будівельна компанія може володіти значними виробничими потужностями, але через фінансові труднощі, слабке управління або логістичні проблеми не мати можливості повноцінно їх задіяти. Таким чином, потенціал є необхідною, але недостатньою умовою для забезпечення стабільної діяльності [38].

Конкурентоспроможність підприємства, у свою чергу, характеризує його позицію на ринку порівняно з іншими суб’єктами господарювання. Вона

відображає здатність підприємства пропонувати продукцію або послуги, які є привабливішими за ціною, якістю, термінами виконання або іншими параметрами. Конкурентоспроможність формується під впливом багатьох факторів: рівня витрат, технологічного оснащення, репутації, доступу до ресурсів, гнучкості управління [39].

Це поняття має переважно зовнішню спрямованість, оскільки пов'язане з ринковим середовищем і взаємодією з конкурентами. Водночас воно не завжди повністю відображає внутрішній стан підприємства. Будівельне підприємство може бути конкурентоспроможним у певному сегменті ринку, але водночас мати внутрішні проблеми – нестабільність фінансів, дефіцит персоналу або залежність від окремих постачальників. У довгостроковій перспективі це може негативно впливати на його розвиток.

Категорія життєздатності підприємства акцентує увагу на його здатності виживати в складних умовах, зберігати свою діяльність та уникати кризових ситуацій. Життєздатність пов'язана з такими характеристиками, як стійкість до зовнішніх шоків, здатність відновлюватися після криз, адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі. Це поняття особливо актуальне для підприємств, що функціонують у нестабільних економічних умовах.

Проте життєздатність, як правило, фокусується на мінімально необхідному рівні функціонування – здатності підприємства зберегти себе як господарську одиницю. Вона не завжди відображає можливості розвитку, розширення діяльності чи участі у великих інвестиційних програмах. Для будівельних підприємств, які залучені до процесів відновлення житлового фонду, важливо не лише виживати, а й активно розвиватися, нарощувати обсяги робіт і впроваджувати нові технології.

У цьому контексті поняття спроможності є більш широким і інтегруючим. Воно поєднує в собі елементи ефективності, потенціалу, конкурентоспроможності та життєздатності, але не зводиться до жодного з них окремо. Спроможність відображає реальну здатність підприємства діяти,

досягати поставлених цілей, використовувати свої ресурси та адаптуватися до змін [40].

Економічна спроможність будівельного підприємства охоплює як поточні результати діяльності, так і внутрішні можливості, ринкову позицію та адаптивність до нових умов. Вона показує не лише те, наскільки підприємство ефективне сьогодні, а й те, наскільки воно здатне працювати завтра, розширювати масштаби діяльності та реалізовувати складні проєкти.

Умовно співвідношення зазначених понять можна представити як систему, у якій:

– ефективність характеризує результативність використання ресурсів у певний момент часу;

– потенціал відображає наявні внутрішні можливості підприємства;

– конкурентоспроможність показує його позицію на ринку відносно інших суб’єктів;

– життєздатність характеризує здатність зберігати функціонування в умовах ризиків і криз;

– спроможність інтегрує всі ці аспекти та відображає реальну здатність підприємства забезпечувати стабільну та результативну діяльність у довгостроковій перспективі.

У таких умовах традиційні підходи до прийняття управлінських рішень, що базуються на аналізі окремих показників діяльності, часто виявляються недостатніми. Окремі фінансові, виробничі або кадрові характеристики не дають цілісного уявлення про реальний стан підприємства, його здатність реалізовувати стратегічні завдання та адаптуватися до змін. Саме тому в системі стратегічного управління все більшого значення набувають інтегральні показники, які дозволяють узагальнювати різноспрямовані характеристики діяльності підприємства в єдину комплексну оцінку [41].

Інтегральний показник можна визначити як узагальнену кількісну характеристику, що формується на основі сукупності окремих індикаторів і відображає загальний рівень розвитку, стану або можливостей підприємства.

У контексті стратегічного управління інтегральні показники виконують функцію інструменту, який забезпечує системне бачення діяльності підприємства та дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення.

Для будівельних підприємств, діяльність яких характеризується високою залежністю від багатьох факторів, інтегральні показники є особливо важливими. Вони дозволяють враховувати одночасно фінансові результати, стан виробничої бази, рівень управління, кадрове забезпечення та організаційні можливості, що формує більш повну картину функціонування підприємства [326; 332].

Однією з ключових функцій інтегральних показників у стратегічному управлінні є діагностична функція. За їх допомогою можна оцінити поточний стан підприємства, виявити сильні та слабкі сторони, визначити проблемні зони, які потребують першочергової уваги. Наприклад, інтегральна оцінка економічної спроможності дозволяє зрозуміти, чи здатне підприємство брати участь у масштабних програмах будівництва, чи має достатній рівень ресурсного та організаційного забезпечення для виконання складних проєктів [42].

Ще однією важливою функцією є аналітична. Інтегральні показники дозволяють порівнювати підприємства між собою, оцінювати динаміку розвитку в часі, аналізувати вплив окремих факторів на загальний результат. У стратегічному контексті це дає можливість визначати напрями підвищення ефективності діяльності та формувати обґрунтовані плани розвитку.

Особливе значення інтегральні показники мають у процесі вибору стратегічних альтернатив. Будівельне підприємство може стояти перед необхідністю прийняття рішень щодо розширення діяльності, освоєння нових ринків, участі у програмах відновлення житлової інфраструктури, переходу до індустріальних технологій будівництва або розвитку сегменту соціального житла. У таких ситуаціях необхідно оцінити, наскільки підприємство готове до реалізації того чи іншого стратегічного напряму. Інтегральні показники

дозволяють узагальнити інформацію про різні аспекти діяльності та сформувати єдину основу для прийняття рішень [43].

У цьому контексті інтегральний показник економічної спроможності виступає як базовий індикатор, що відображає здатність підприємства функціонувати, розвиватися та адаптуватися до нових умов. Він дозволяє оцінити не лише поточний стан підприємства, але й його потенціал до участі у великих проєктах, зокрема пов'язаних із відновленням житлового фонду та будівництвом соціального житла.

Крім того, інтегральні показники виконують прогностичну функцію. Аналіз їх зміни в динаміці дає можливість оцінювати тенденції розвитку підприємства, прогнозувати можливі ризики та визначати напрямки стратегічного коригування діяльності. Наприклад, зниження інтегрального показника економічної спроможності може свідчити про накопичення внутрішніх проблем, що в майбутньому можуть негативно вплинути на позиції підприємства на ринку.

Важливою є і функція підтримки управлінських рішень. У складних умовах, коли необхідно враховувати велику кількість факторів, інтегральні показники дозволяють спростити процес аналізу та зосередити увагу на ключових характеристиках. Це особливо актуально для вищого рівня управління, де рішення часто приймаються в умовах обмеженого часу та неповної інформації.

Інтегральні показники також сприяють підвищенню об'єктивності оцінювання. Використання системи узагальнених індикаторів, що формуються на основі набору кількісних і якісних показників, дозволяє зменшити суб'єктивність управлінських оцінок і забезпечити більш системний підхід до аналізу діяльності підприємства.

У сучасних умовах, коли будівельна галузь переходить до більш індустріалізованих форм організації виробництва, зростає значення інтеграції підприємств у складні логістичні та виробничі ланцюги. Реалізація префабрикованих рішень, масове будівництво житла та виконання соціальних

програм потребують високого рівня узгодженості дій, ефективного використання ресурсів і чіткої координації процесів. У таких умовах інтегральні показники стають важливим інструментом оцінювання готовності підприємства до роботи в новому форматі.

Таким чином, інтегральні показники відіграють ключову роль у системі стратегічного управління будівельним підприємством. Вони забезпечують комплексне оцінювання стану підприємства, сприяють прийняттю обґрунтованих стратегічних рішень, дозволяють прогнозувати розвиток і своєчасно реагувати на зміни зовнішнього середовища. Використання інтегрального показника економічної спроможності як узагальнюючої характеристики діяльності підприємства створює основу для формування системного підходу до управління його розвитком у складних і динамічних умовах сучасного будівельного ринку.

Економічна спроможність є узагальнюючою категорією, яка поєднує в собі результати діяльності, ресурсну базу, ринкові позиції та адаптивні можливості підприємства. Саме тому використання цього поняття як ключового в дослідженні дозволяє сформувати комплексний підхід до оцінювання стану будівельних підприємств, особливо в умовах реалізації масштабних програм відновлення житлового фонду, розвитку соціального житла та переходу до індустріалізованих форм будівництва.

Таким чином, економічна спроможність будівельного підприємства є комплексною інтегральною характеристикою, що формується на основі взаємодії фінансово-економічної, виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної складових. Саме сукупність цих елементів визначає реальну здатність підприємства ефективно функціонувати, адаптуватися до змін і брати участь у реалізації масштабних програм будівництва та відновлення житлової інфраструктури.

1.2. Специфіка функціонування будівельних підприємств в умовах післявоєнного відновлення.

Будівельна галузь традиційно розглядається як одна з базових сфер економічного розвитку та відновлення, оскільки вона безпосередньо впливає на формування матеріального середовища життя суспільства, розвиток інфраструктури та створення нових виробничих потужностей. У періоди післякризового відновлення або структурних трансформацій економіки її роль зростає ще більше, адже саме будівництво здатне швидко генерувати попит на продукцію суміжних галузей, створювати робочі місця та стимулювати внутрішній ринок.

Однією з ключових особливостей будівельної галузі є її мультиплікативний ефект. Будівництво пов’язане з великою кількістю інших секторів – промисловістю будівельних матеріалів, металургією, транспортом, енергетикою, машинобудуванням, фінансовими послугами та ринком нерухомості. Активізація будівельної діяльності призводить до зростання попиту на цемент, металоконструкції, ізоляційні матеріали, інженерне обладнання, що, у свою чергу, стимулює виробництво та зайнятість у цих галузях. Саме тому інвестиції в будівництво часто розглядаються як один із найбільш ефективних інструментів економічного пожвавлення [44].

Ще однією важливою характеристикою галузі є її висока трудомісткість. Реалізація будівельних проєктів потребує значної кількості працівників різної кваліфікації – від інженерів і проєктувальників до робітничих професій. У періоди економічного відновлення це має особливе значення, оскільки дозволяє швидко зменшити рівень безробіття та створити стабільні джерела доходів для населення. Крім того, будівництво формує попит на освітні та професійні послуги, пов’язані з підготовкою фахівців, що сприяє розвитку людського капіталу.

Будівельна галузь також має стратегічний характер з точки зору формування просторової структури економіки. Через реалізацію житлових, інфраструктурних і виробничих проєктів вона визначає напрямки розвитку міст і регіонів, впливає на мобільність населення та доступ до робочих місць, освіти й соціальних послуг. Будівництво житла, доріг, транспортних вузлів,

інженерних мереж створює основу для функціонування інших сфер економіки та забезпечує довгострокову стабільність розвитку територій.

У контексті економічного відновлення особливого значення набуває житлове будівництво, зокрема соціальне. Воно виконує не лише економічну, але й важливу соціальну функцію – забезпечує населення доступним житлом, сприяє стабілізації демографічної ситуації та покращує якість життя. Реалізація масштабних житлових програм здатна одночасно вирішувати проблему дефіциту житла та стимулювати економічну активність. Це особливо актуально в умовах зростання урбанізації, внутрішньої міграції та потреби у відновленні житлового фонду [45].

Ще однією специфічною рисою будівельної галузі є її значна залежність від інвестиційних процесів. На відміну від багатьох інших секторів, будівництво потребує великих капіталовкладень і має тривалий цикл реалізації проєктів. Це означає, що його розвиток тісно пов’язаний із фінансовою стабільністю, доступністю кредитних ресурсів, державною політикою та загальним інвестиційним кліматом. У періоди економічного зростання будівельна активність, як правило, підвищується, тоді як у кризові періоди вона швидко скорочується. Водночас саме державні інвестиції у будівництво часто стають інструментом антикризової політики [46].

Важливою особливістю є також довгостроковий ефект від будівельної діяльності. На відміну від багатьох короткотермінових економічних стимулів, результати будівництва мають тривалий характер. Створені об’єкти – житлові будинки, дороги, мости, соціальна інфраструктура – служать десятиліттями, формуючи матеріальну основу для розвитку економіки. Це означає, що інвестиції в будівельну галузь мають не лише миттєвий стимулюючий ефект, але й стратегічне значення [47].

Водночас будівництво характеризується високою чутливістю до змін у нормативно-правовому середовищі. Регулювання у сфері містобудування, землекористування, екологічних стандартів і технічних вимог безпосередньо впливає на темпи та структуру будівельної діяльності. Державна політика

може як стимулювати розвиток галузі, так і обмежувати його через складні процедури погодження, нестабільність законодавства або недостатню підтримку інвесторів [48].

У сучасних умовах будівельна галузь дедалі більше інтегрується з інноваційними технологіями. Застосування індустріальних методів будівництва, модульних і збірних конструкцій, цифрового проєктування та управління проєктами дозволяє скорочувати строки реалізації об’єктів і знижувати витрати. Це особливо важливо для програм масового житлового будівництва та відновлення, де ключову роль відіграють швидкість і масштабність.

Таким чином, будівельна галузь виконує комплексну функцію в процесах економічного відновлення. Вона поєднує в собі соціальний, інвестиційний і виробничий потенціал, впливає на розвиток суміжних секторів і формує матеріальну основу для довгострокового зростання. Саме тому у багатьох країнах будівництво розглядається як один із ключових інструментів стабілізації економіки, підвищення рівня зайнятості та забезпечення населення житлом і необхідною інфраструктурою.

Масштабні руйнування житлового фонду суттєво змінюють структуру та логіку функціонування ринку будівельних послуг, перетворюючи його з відносно стабільного сектору розвитку на ключовий інструмент відновлення територій і забезпечення базових соціальних потреб населення. У таких умовах будівельна галузь починає виконувати не лише економічну, але й стратегічну, гуманітарну та безпекову функції, що безпосередньо впливає на характер попиту, структуру пропозиції та організаційні моделі роботи підприємств [49, 50].

Передусім руйнування житлового фонду призводить до різкого зростання попиту на будівельні роботи. Йдеться не лише про нове житлове будівництво, але й про ремонт, реконструкцію, підсилення конструкцій, демонтаж аварійних об’єктів та відновлення інженерних мереж. У короткостроковій перспективі це змінює баланс на ринку будівельних послуг:

значна частина ресурсів переорієнтовується з комерційних проєктів на відновлювальні роботи. У результаті формується нова структура замовлень, де домінують державні, муніципальні та міжнародні програми відбудови.

Зростання масштабів руйнувань також змінює географію будівельної активності. Якщо у стабільних умовах будівництво концентрується переважно в економічно активних регіонах і великих містах, то в періоди відновлення основна увага переноситься на постраждалі території. Це створює нерівномірний розподіл попиту на будівельні послуги, стимулює переміщення будівельних компаній, робочої сили та матеріальних ресурсів у зони відновлення та формує нові регіональні центри активності [51, 52].

Важливою трансформацією є зміна структури самого ринку. Поряд із традиційними девелоперськими проєктами зростає роль держави як основного замовника. Саме державні інституції та органи місцевого самоврядування стають ключовими ініціаторами та координаторами відбудови. Крім того, до процесів активно долучаються міжнародні організації, благодійні фонди та фінансові інституції, що впливає на вимоги до прозорості, якості робіт і процедур реалізації проєктів. У таких умовах ринок будівельних послуг стає більш інституціоналізованим і регульованим.

Масові руйнування житла також змінюють типологію будівельних робіт. Значно зростає частка реконструкції та модернізації існуючих об’єктів, а також будівництва тимчасового та швидкомонтованого житла. Виникає потреба у впровадженні індустріальних методів, збірних конструкцій, модульних рішень і технологій, що дозволяють швидко створювати житлові простори. У результаті зростає попит на стандартизовані проєкти, типові конструктивні рішення та нові підходи до організації будівельного процесу.

Одночасно відбувається зміна вимог до якості та функціональності житла. Відновлення житлового фонду часто супроводжується прагненням не просто відтворити зруйновані об’єкти, а створити більш сучасне, енергоефективне та безпечне середовище проживання. Це означає, що будівельні компанії мають адаптуватися до нових технічних стандартів,

впроваджувати сучасні матеріали та технології, а також враховувати вимоги щодо стійкості будівель до потенційних ризиків у майбутньому.

Суттєвим фактором трансформації є і зміна структури попиту з боку населення. Руйнування житла змушує значну кількість людей шукати тимчасові або постійні альтернативні варіанти проживання. Це створює підвищений попит на доступне житло, зокрема соціальне та орендне. У відповідь на це ринок будівельних послуг поступово переорієнтовується на проєкти, пов’язані з масовим житловим будівництвом, включаючи компактні квартири, житлові комплекси економ-класу та інфраструктурні рішення для швидкого заселення [53–55].

Масштабні руйнування також впливають на організаційні моделі функціонування будівельних підприємств. Зростає потреба у координації великої кількості учасників – від проєктних організацій і підрядників до постачальників матеріалів і логістичних компаній. У таких умовах особливого значення набувають системи управління проєктами, цифрові технології планування та контролю, а також механізми кооперації між компаніями. Часто формуються тимчасові об’єднання підприємств для реалізації великих відновлювальних програм.

Водночас процеси відбудови супроводжуються і певними ризиками для ринку будівельних послуг. Різке зростання попиту може призводити до дефіциту робочої сили, будівельних матеріалів та техніки, що, у свою чергу, впливає на вартість робіт. Крім того, значна залежність від державного фінансування означає, що темпи відновлення можуть коливатися залежно від бюджетних можливостей і стабільності фінансових потоків [56].

Не менш важливою є і довгострокова трансформація ринку. Масштабна відбудова житлового фонду стимулює оновлення будівельної галузі, сприяє модернізації технологій, підвищенню професійних стандартів та формуванню нових підходів до містобудівного планування. У результаті може відбутися структурна перебудова ринку, коли частка великих інфраструктурних і

соціально орієнтованих проєктів зростає, а комерційне будівництво відновлюється поступово [57, 58].

Таким чином, масштабні руйнування житлового фонду стають потужним фактором трансформації ринку будівельних послуг. Вони змінюють пріоритети розвитку галузі, структуру попиту, роль держави та характер взаємодії між учасниками ринку. У довгостроковій перспективі ці процеси можуть не лише відновити втрачені житлові ресурси, але й сформувати нову, більш стійку та сучасну модель функціонування будівельного сектору [59, 60].

Формування попиту на швидке відновлення житла та розвиток соціального житлового будівництва є однією з ключових закономірностей трансформації будівельного ринку в умовах масштабних втрат житлового фонду. У таких обставинах житло перестає бути лише об’єктом інвестицій або ринковим товаром і набуває статусу базової соціальної потреби, від забезпечення якої залежить стабільність суспільства, мобільність населення та відновлення економічної активності [61, 62].

Передусім формується гострий попит на швидке відновлення житла. Його поява зумовлена необхідністю у максимально короткі терміни забезпечити людей базовими умовами проживання. Йдеться як про відбудову повністю зруйнованих будинків, так і про ремонт пошкоджених квартир, модернізацію інженерних систем і приведення житлових об’єктів у стан, придатний для заселення. У таких умовах на перший план виходять фактори швидкості реалізації проєктів, технологічної ефективності та можливості масового відтворення житлових рішень [63, 64].

Це спричиняє зміну характеру попиту на будівельні послуги. Зростає потреба в технологіях, що дозволяють скорочувати терміни будівництва: модульні конструкції, індустріальні методи зведення будівель, типові проєктні рішення, які можна швидко адаптувати до різних територій. Формується запит на стандартизацію процесів, адже масове відновлення потребує не унікальних архітектурних об’єктів, а масштабованих і економічно ефективних рішень. У

результаті ринок поступово орієнтується на серійне будівництво, що дозволяє одночасно вирішувати проблему дефіциту житла для великої кількості людей.

Водночас попит на швидке відновлення житла має не лише кількісний, а й якісний вимір. Люди прагнуть повернутися до звичного середовища проживання, тому важливим стає не тільки відтворення квадратних метрів, але й відновлення інфраструктури, транспортної доступності, соціального середовища. Це означає, що будівельні проєкти дедалі частіше мають комплексний характер і передбачають створення повноцінних житлових районів, а не окремих будинків [65].

Паралельно з попитом на швидке відновлення формується стійка потреба у соціальному житлі. Значна частина населення втрачає можливість самостійно вирішити житлове питання через втрату доходів, заощаджень або нерухомості. У таких умовах зростає роль держави та місцевих органів влади у створенні доступного житлового фонду, призначеного для тимчасового або постійного проживання вразливих груп населення.

Соціальне житло стає важливим інструментом стабілізації ситуації на ринку. Воно дозволяє частково компенсувати дефіцит житлових ресурсів і стримувати зростання цін на оренду та купівлю нерухомості. Якщо пропозиція доступного житла є обмеженою, то попит концентрується на приватному секторі, що призводить до підвищення вартості проживання. Розвиток соціального житлового фонду, навпаки, створює альтернативу і зменшує навантаження на комерційний сегмент [66–68].

Особливістю попиту на соціальне житло є його різноманітна структура. Він формується не лише серед найменш забезпечених верств населення, але й серед тих домогосподарств, які раніше мали стабільні житлові умови, але через зовнішні обставини втратили доступ до них. Це можуть бути внутрішньо переміщені особи, молоді сім’ї, працівники бюджетної сфери, люди, які тимчасово втратили джерела доходу. Таким чином, соціальне житло починає виконувати не лише функцію підтримки найбідніших, а й більш широку стабілізуючу роль.

Важливим аспектом є і те, що попит на соціальне житло має довгостроковий характер. Навіть після завершення активної фази відновлення частина населення ще тривалий час потребуватиме доступного житла. Це створює передумови для формування сталого сегмента соціального орендного фонду, який може використовуватися як елемент житлової політики й у майбутньому.

Одночасно розвиток соціального житлового будівництва стимулює трансформацію підходів до планування житлових районів. Зростає потреба у створенні не лише житлових об'єктів, але й повноцінного соціального середовища: закладів освіти, медичних установ, громадських просторів, транспортної інфраструктури. Це сприяє переходу від точкової забудови до комплексного територіального розвитку [69, 70].

Формування попиту на швидке відновлення та соціальне житло також впливає на структуру інвестицій у будівельній галузі. Значну роль починають відігравати державні програми, міжнародна фінансова допомога та партнерські механізми між державним і приватним секторами. У результаті виникають нові моделі реалізації житлових проєктів, де комерційна доцільність поєднується із соціальною функцією.

Таким чином, одночасне зростання попиту на швидке відновлення житла та розвиток соціального житлового фонду формує нову логіку функціонування будівельного ринку. Галузь орієнтується не лише на прибуткові девелоперські проєкти, але й на вирішення масштабних соціальних завдань. Це сприяє появі нових технологій, організаційних підходів і форм взаємодії між державою, бізнесом і суспільством, що в перспективі може закласти основу для більш збалансованої та стійкої моделі розвитку житлового сектору [71, 72].

Таким чином, зростаючий попит на швидке відновлення житлового фонду поступово трансформується у більш довгострокову потребу – формування системного сегмента доступного житла для різних груп населення. У міру того як першочергові завдання з відбудови та ремонту

частково вирішуються, на передній план виходить необхідність забезпечення стабільних житлових умов для домогосподарств, які не мають можливості самостійно придбати або орендувати житло на ринкових умовах. Саме в цьому контексті соціальне житло починає відігравати ключову роль як інструмент не лише тимчасової підтримки, але й довгострокової житлової політики, спрямованої на забезпечення доступності, соціальної стабільності та відновлення повноцінного життєвого середовища.

Концепція соціального житлового будівництва постійно змінюється не лише в часі, але й залежно від конкретної держави та реалізованої нею житлової політики. Саме тому у світовій науковій та практичній термінології відсутнє єдине, уніфіковане визначення поняття соціального житла (social housing). Водночас у кожній країні існують форми житлового забезпечення, створені з метою задоволення потреб тих домогосподарств, які не здатні самостійно придбати житло на відкритому ринку. Попри те, що філософія системи соціального житлового будівництва історично ґрунтується на подібних соціальних ідеях та принципах, способи її реалізації, інституційні механізми та фінансові інструменти можуть суттєво відрізнятися [73, 74].

На початкових етапах соціальне житлове будівництво функціонувало як підсектор державного будівництва, що повністю або частково фінансувався за рахунок публічних коштів. Згодом мешканці орендного соціального житла отримали можливість брати участь у фінансуванні будівництва, що в окремих випадках відкривало їм шлях до зміни статусу – від орендарів до співвласників або власників житла. Важливим чинником належності житлового фонду до цього сегмента є також характер організацій, відповідальних за його створення та управління. Це можуть бути як державні установи, так і професійні неприбуткові організації чи приватні суб’єкти господарювання, діяльність яких не спрямована на отримання максимального прибутку, а має соціальну орієнтацію. Формування як державного, так і недержавного підсекторів соціального житла значною мірою було зумовлене зростанням потреб

населення у доступному житлі, що особливо загострювалися в періоди урбанізації, економічних криз або структурних змін у суспільстві [75].

Аналіз сучасної вітчизняної та зарубіжної літератури, присвяченої житловому ринку загалом і соціальному житлу зокрема, свідчить про значну різноманітність підходів до визначення та трактування цього поняття. Семантична широта терміна пояснюється, зокрема, тим, що в більшості європейських країн відсутнє офіційне нормативне визначення «соціального житла», а в деяких державах подібні форми житлового забезпечення функціонують під іншими назвами та в межах різних правових і організаційних моделей [76].

У науковій традиції поняття «соціальне житло» часто використовується як синонім терміна «соціальне (соціально орієнтоване) житло» у вузькому значенні, що пов’язано з відсутністю чітких меж і критеріїв їх розмежування. Водночас між цими поняттями існує змістова відмінність [77]. Поняття «соціального житла» у вузькому сенсі зазвичай охоплює комплекс державних і муніципальних заходів, спрямованих на забезпечення житлом домогосподарств із низькими доходами або без доходів. Таке житло, як правило, характеризується простішим плануванням, обмеженим технічним оснащенням і нижчим рівнем комфортності, а його вартість є зниженою або частково компенсованою за рахунок бюджетних ресурсів. Воно надається особам, які не мають можливості самостійно задовольнити свої житлові потреби, а їхнє матеріальне становище оцінюється як складне [78].

У ширшому значенні соціальне житлове будівництво розглядається як частина житлового сектору (включаючи виробництво, розподіл і споживання житла), яка в тій чи іншій формі підтримується державою, органами місцевого самоврядування або іншими інституціями через бюджетне фінансування, дотації, пільгові кредити чи безповоротну допомогу. Поняття «соціальний» у цьому контексті частіше використовується для характеристики державної політики, зокрема житлової, спрямованої на перерозподіл ресурсів і підвищення доступності житла для менш забезпечених верств населення.

Такий підхід передбачає не лише будівництво нових житлових об’єктів, а й підтримку орендного сектору, модернізацію існуючого житлового фонду, а також створення механізмів довгострокової стабілізації житлових умов [79, 80].

У різних країнах соціальне житлове будівництво має власні історично сформовані назви та організаційні моделі. У Франції воно функціонує у формі житла з помірною орендною платою (logement social, Habitations à loyer modéré), у Швеції, Данії та Німеччині – як житло громадського призначення, що створюється та управляється спеціалізованими некомерційними структурами, в Іспанії – як «захищене житло», яке будується за підтримки держави та пропонується за регульованими цінами. Попри різні назви, спільною рисою цих моделей є орієнтація на забезпечення доступності житла для населення, яке з економічних або соціальних причин має обмежений доступ до ринкових механізмів придбання нерухомості [81].

У сучасних умовах значення соціального житлового будівництва зростає у зв’язку з підвищенням вартості житла, нерівномірним розподілом доходів та міграційними процесами. Воно дедалі частіше розглядається не лише як інструмент соціального захисту, але і як важливий елемент стабільності ринку житла, міського розвитку та довгострокової соціально-економічної політики держави [82, 83].

Соціальне житлове будівництво в країнах Європейського Союзу характеризується значною різноманітністю як з точки зору житлових умов, так і з позиції концептуальних підходів та ролі у структурі державної житлової політики. Між державами-членами спостерігаються суттєві відмінності, зокрема за такими параметрами:

– правові форми користування соціальним житлом (найчастіше це орендні квартири; іноді допускається їх подальший викуп; у деяких випадках вони використовуються як тимчасове житло або як заміна у надзвичайних ситуаціях);

– суб’єкти, відповідальні за створення та надання соціального житла (від органів місцевого самоврядування та державних підприємств до неприбуткових організацій, кооперативів, компаній з обмеженим прибутком, а також комерційних девелоперських структур);

– категорії отримувачів (у різних країнах діє широкий спектр критеріїв доступу: від моделей, у яких соціальне житло є відкритим для широких груп населення, до систем, орієнтованих виключно на домогосподарства, які не можуть дозволити собі оренду або придбання житла на відкритому ринку);

– моделі фінансування (підходи суттєво відрізняються – від повного фінансування за рахунок державних коштів до систем, що ґрунтуються переважно на комерційному кредитуванні з частковою державною підтримкою).

З метою систематизації підходів до розуміння соціального житлового будівництва та формування уніфікованого трактування цього поняття для потреб даного дослідження було проаналізовано визначення, що сформувалися в різні періоди та в різних наукових і інституційних середовищах. Такий підхід дозволяє краще простежити еволюцію змісту цього поняття та зрозуміти, як змінювалася його роль у суспільстві разом із трансформацією соціально-економічних умов.

Згідно з одним із класичних підходів, соціальне орендне житло можна узагальнено визначити як поєднання трьох основних характеристик. По-перше, воно надається суб’єктами, для яких отримання прибутку не є основною метою діяльності. По-друге, розподіл такого житла здійснюється адміністративним шляхом і тісно пов’язаний із житловими потребами визначених соціальних груп. По-третє, цей сектор перебуває під значним контролем з боку держави.

Однак у сучасних умовах така інтерпретація значною мірою втратила актуальність. Зокрема, перший критерій – відсутність орієнтації на прибуток – уже не є універсальним. У низці держав до реалізації соціального житла дедалі частіше залучаються суб’єкти, що працюють у ринковому середовищі

та можуть отримувати прибуток, хоча їх діяльність частково регулюється або підтримується державою. Так само суттєво трансформувався і рівень державного контролю. Якщо раніше управління соціальним житлом було жорстко централізованим, то сьогодні системи характеризуються більшою децентралізацією, демократизацією управління та ширшим використанням ринкових механізмів у сфері надання житлових послуг.

Досить узагальнене визначення соціального житлового будівництва було запропоновано у міжнародних дослідженнях, де його розглядають як частину житлового сектору, що отримує державну підтримку з метою зменшення кінцевої вартості житла для споживача. На відміну від суто ринкової моделі, у такій системі інвестор може отримувати фінансову допомогу від держави у різних формах. Це може бути, наприклад, безкоштовне забезпечення інженерною інфраструктурою, надання субсидій на придбання земельних ділянок, податкові пільги або зниження платежів за користування землею. При цьому інвестор, незалежно від того, чи належить він до державного або приватного сектору, може отримувати прибуток від реалізації житлових проєктів. Таким чином, держава фактично виступає як регулятор і партнер, який знижує інвестиційні ризики та підвищує доступність житла [84].

Більш прикладний і операційний підхід до визначення соціального житла базується на двох ключових ознаках: доступності за ціною та наявності системи розподілу. Відповідно до такого підходу, соціальне житлове будівництво охоплює не лише спорудження житла, а й його оренду або продаж за доступними цінами, подальше утримання житлового фонду, а також процеси управління та розподілу житлових ресурсів між громадянами. Важливо, що сучасне управління соціальним житлом уже не обмежується технічними та економічними аспектами. Воно дедалі більше включає соціальну складову – роботу з вразливими групами населення, підтримку стабільності проживання, інтеграцію мешканців у місцеві громади. Водночас основна відповідальність за соціальний супровід найбільш незахищених

домогосподарств зазвичай залишається за спеціалізованими соціальними службами та інституціями.

У цілому розвиток соціального житлового будівництва демонструє поступовий перехід від жорстко державної, централізованої моделі до більш гнучкої системи, що поєднує елементи державного регулювання, місцевого самоврядування та ринкових механізмів. Такий підхід дозволяє одночасно вирішувати соціальні завдання і забезпечувати економічну ефективність функціонування житлового сектору, що особливо важливо в умовах зростання вартості житла та підвищення попиту на доступні житлові рішення [85, 86].

Ґрунтовне пояснення сутності соціального житла запропоновано в одному з досліджень, присвячених житловій політиці держав Європейського Союзу. У цьому підході звертається увага на те, що сам термін «соціальне житлове будівництво» у різних країнах трактується по-різному та може охоплювати декілька різних сегментів. У деяких державах до нього відносять як житло, що перебуває у державній або муніципальній власності, так і орендні квартири, які функціонують на принципах обмеженої прибутковості. В інших випадках цей термін застосовується лише до житла, що отримує бюджетні дотації. Іноді до нього зараховують навіть частину приватного орендного сектору, якщо державне регулювання призводить до зниження орендної плати або утримання її на рівні нижче ринкового.

Соціальне житло може створюватися та надаватися різними суб’єктами: органами місцевого самоврядування, державними установами або приватними забудовниками, що працюють у ринковому середовищі. Проте у випадку участі приватних компаній їх діяльність зазвичай підлягає певним обмеженням, зокрема щодо встановлення розміру орендної плати. Таким чином, навіть за наявності ринкових механізмів держава зберігає інструменти впливу на доступність житла.

Водночас взаємодія між соціальним і приватним житловими секторами має асиметричний характер. Приватний сектор, як правило, не визначає обсяги пропозиції у соціальному сегменті. Натомість розвиток соціального житла

здатний впливати на ринок загалом. Збільшення кількості доступних за ціною квартир може стримувати зростання орендних ставок, а також впливати на масштаби житлового будівництва у комерційному секторі. Запровадження систем нормативного регулювання орендної плати іноді призводить до ситуації, коли приватні власники змушені погоджуватися на нижчий рівень прибутковості порівняно з тим, який вони могли б отримати на повністю вільному ринку.

У межах аналізованого підходу робиться також спроба уточнити межі та обмеження соціального житла. Підкреслюється, що житло, будучи споживчим продуктом, не може розглядатися виключно як соціальне благо. Воно є радше інструментом реалізації житлової політики, спрямованої на задоволення потреб різних груп населення, а в ширшому розумінні – елементом загальної соціальної політики держави. Після Другої світової війни, особливо в країнах Північної Європи, поширеною була ідея, що житло взагалі не повинно функціонувати як ринковий товар. З часом ці підходи значною мірою втратили актуальність, хоча в окремих країнах і сьогодні зберігаються моделі, де доступ до соціального житла формально не має жорстких обмежень.

Інший підхід до розуміння соціального орендного житла базується на класифікації за типом суб’єкта, що забезпечує житлові ресурси. У межах цієї концепції пропонується розрізняти не стільки державний і приватний орендні сектори, скільки сектор житла без мети отримання прибутку та сектор житла, орієнтований на прибутковість. До першого належать усі житлові ресурси, де орендна плата встановлюється на основі витрат на створення та утримання житла, незалежно від того, чи є постачальником житла державна установа, кооператив або приватний інвестор. Другий сектор характеризується прагненням до максимізації доходу і представлений переважно приватними власниками, хоча іноді й соціальні організації можуть здавати частину свого житлового фонду на комерційних умовах.

Проведений огляд підходів до визначення поняття «соціальне житло» дає змогу виокремити низку спільних характеристик, які притаманні більшості країн. До них належать:

– фінансова підтримка будівництва або утримання житлового фонду за рахунок державного чи місцевих бюджетів;

– будівництво та управління житлом, що здійснюється органами місцевого самоврядування або спеціалізованими житловими організаціями, діяльність яких не спрямована на отримання максимального прибутку;

– встановлення орендної плати на рівні нижчому за ринковий та/або застосування додаткових механізмів захисту прав мешканців;

– надання житла з урахуванням сімейного стану, житлових умов і рівня доходів домогосподарства.

Водночас існує чимало винятків із цих загальних правил, що ускладнює створення універсальної моделі або чіткої класифікації країн за організаційними чи географічними ознаками. Наприклад, у деяких державах відсутній окремий сектор соціального орендного житла, а підтримка населення здійснюється через систему житлових субсидій або доплат, які надаються незалежно від форми власності житла. У таких моделях акцент робиться не на створенні спеціального житлового фонду, а на фінансовій підтримці громадян.

З огляду на різноманіття підходів до трактування соціального житлового будівництва доцільно використовувати узагальнене визначення, що відображає його сутність. У цьому контексті соціальне житлове будівництво можна розглядати як форму забезпечення житлом домогосподарств із обмеженими фінансовими можливостями. Характерними ознаками цього сегмента є наявність системи розподілу житла, тісний зв’язок із місцевою житловою політикою, а також підвищений рівень захисту прав мешканців порівняно з приватним орендним сектором.

У сучасних умовах соціальне житло дедалі більше розглядається не лише як засіб підтримки малозабезпечених верств населення, а й як важливий

інструмент стабілізації ринку нерухомості, зменшення соціальної нерівності та формування збалансованого міського середовища. Його розвиток сприяє довгостроковому плануванню територій, підвищенню доступності житла для молодих сімей і працівників соціально важливих професій, а також забезпечує базові житлові умови для тих груп населення, які є найбільш вразливими до економічних коливань.

Після Другої світової війни в багатьох європейських країнах відбувся динамічний розвиток як сектору власного житла, так і соціального орендного будівництва. Значний дефіцит житлового фонду був зумовлений не лише масштабними руйнуваннями внаслідок бойових дій, але й активною міграцією населення з сільських територій до міст, а також високими темпами природного приросту населення. У результаті попит на житло значно перевищував наявну пропозицію, що змусило держави шукати швидкі та системні рішення.

Повоєнний період ознаменувався зміною акцентів у підходах до формування житлової політики. Якщо раніше нове будівництво значною мірою орієнтувалося на інтереси власників нерухомості, то поступово основна увага почала приділятися потребам мешканців і якості їхнього проживання. Ідеї покращення житлових умов міського населення знайшли відображення, зокрема, у концептуальних положеннях, сформульованих у першій половині XX століття та поширених у професійному середовищі архітекторів і урбаністів наприкінці війни. У цих підходах підкреслювалася необхідність орієнтації архітектури на людину та її повсякденні потреби. Житло розглядалося як ключовий елемент містобудівного планування, а саме місто – як функціональна система, що повинна забезпечувати гармонійне поєднання основних сфер життя: проживання, праці, відпочинку та пересування.

Важливим підтвердженням зміни суспільних пріоритетів стало закріплення права на житло на міжнародному рівні. У другій половині 1940-х років було задекларовано, що кожна людина має право на такий рівень життя, який забезпечує здоров’я та добробут її самої та її родини, включаючи

харчування, одяг, житло, медичну допомогу та необхідне соціальне забезпечення. Це положення стало важливим ідеологічним підґрунтям для формування державних програм розвитку доступного житла.

Проте перш ніж ці гуманістичні ідеї почали реалізовуватися в повному обсязі, головним завданням житлової політики залишалося подолання гострого дефіциту житла. У центрі уваги було швидке нарощування обсягів будівництва, насамперед недорогих орендних квартир. Особливо масштабне та інтенсивне зростання житлового фонду відбулося в країнах із централізованими економічними системами, де держава активно ініціювала зведення великих житлових масивів, часто із застосуванням індустріальних технологій. Метою було максимально швидке забезпечення населення житлом при мінімальних витратах ресурсів.

У 1950–1960-х роках житлова політика багатьох європейських держав була спрямована передусім на регулювання обсягів нового будівництва. Питання розподілу житла, його якості, функціонального різноманіття та умов експлуатації відходили на другий план. Основний акцент робився на розвитку багатоквартирного будівництва у складі великих житлових комплексів. Вибір місць для їх розміщення часто здійснювався централізовано, без глибокого врахування особливостей місцевого середовища, економічних факторів або потреб конкретних громад. Підтримка з боку держави в цей період мала переважно інвестиційний характер: ресурси спрямовувалися насамперед на фінансування самого будівництва, а не безпосередньо на допомогу домогосподарствам.

У першій половині 1960-х років відбулося значне зростання державних витрат на соціальні програми. Економічна модернізація та швидкий розвиток промисловості сприяли накопиченню фінансових ресурсів як у державному, так і в приватному секторах. Зростання доходів населення стимулювало інтерес до придбання власного житла. У країнах Західної Європи активно розвивалися системи накопичувальних житлових заощаджень, що надало

робітничим верствам населення реальну можливість стати власниками квартир або будинків.

Поступово змінювався і характер державної житлової підтримки. Якщо раніше вона була спрямована переважно на фінансування будівництва як такого, то з часом дедалі більшого значення набували інструменти прямої допомоги домогосподарствам. Запроваджувалися або розширювалися програми фінансової підтримки для сімей із низькими доходами, що дозволяло їм самостійно обирати житло на ринку. Таким чином відбувався перехід від підтримки об'єктів будівництва до підтримки конкретних споживачів, що стало важливим етапом у трансформації європейських систем житлової політики та формуванні сучасних моделей соціального житла.

У 1960-х роках і в першій половині 1970-х років поширився підхід до соціального житлового будівництва, заснований на використанні великопанельних технологій та стандартизованих будівельних рішень. Основною містобудівною одиницею поступово стала приміська житлова зона, яка формувалася як альтернатива ранішим концепціям малоповерхової забудови. Завдяки розвитку швидкісного громадського транспорту місце роботи перестало жорстко визначати місце проживання, що сприяло активному освоєнню нових житлових територій на околицях міст.

У цей період масово зводилися житлові комплекси з висотних будинків та протяжних багатоповерхових споруд. Термін реалізації таких проєктів значно скоротився завдяки використанню індустріальних матеріалів – передусім сталі та бетону, а також каркасних конструкцій, які дозволили замінити товсті несучі стіни легшими теплоізоляційними елементами. Це дало змогу швидко нарощувати обсяги житлового фонду та відносно недорого забезпечувати житлом великі групи населення. На початковому етапі багатоквартирне орендне житло користувалося значною популярністю, оскільки пропонувало сучасні на той час умови проживання, інженерні зручності та доступні ціни.

Однак багаторічна експлуатація таких житлових масивів показала, що з часом вони можуть створювати низку соціальних, економічних і управлінських проблем. Йшлося про зниження якості середовища проживання, погіршення технічного стану будівель, зростання соціальної сегрегації та концентрацію вразливих груп населення. Це стало однією з причин того, що в окремих країнах уряди почали проводити політику масової приватизації соціального житла, а інколи – навіть демонтажу частини застарілих житлових комплексів, які втратили функціональність і соціальну привабливість.

Кінець 1960-х і перша половина 1970-х років стали також періодом кризи соціального житлового будівництва. Економічні труднощі змусили багато держав скоротити бюджетні витрати на цей сектор. У результаті підвищилися орендні ставки у частині соціального житлового фонду, а обмежені фінансові ресурси почали спрямовуватися насамперед на підтримку домогосподарств із найнижчими доходами. Паралельно уряди активно стимулювали розвиток власного житла, зокрема через надання пільгових іпотечних кредитів. Це призвело до того, що значна частина сімей із середнім рівнем доходів поступово залишала соціальний сектор і переходила до власного житла.

Парадоксальним наслідком такої політики стало те, що житлові комплекси, які будувалися з розрахунком на широкі верстви населення, у тому числі робітничий та середній клас, через кілька років дедалі більше заселялися переважно малозабезпеченими сім’ями, що отримували соціальну допомогу. Це змінювало соціальну структуру районів, впливало на їхню репутацію та, в окремих випадках, поглиблювало проблеми із зайнятістю, безпекою та утриманням житлового фонду.

У 1970-х роках у багатьох європейських країнах розпочався новий етап розвитку житлової політики, який у різних формах триває й сьогодні. Він пов’язаний із поступовим зменшенням прямої державної підтримки будівництва соціального житла та переходом до непрямих механізмів

стимулювання. Замість масштабного фінансування нових об’єктів дедалі більше уваги приділялося житловим пільгам, субсидіям і податковим інструментам, спрямованим на підтримку попиту та зменшення фінансового навантаження на домогосподарства в умовах економічної нестабільності та зниження рівня доходів.

Поступово система соціального житла почала інтегруватися в ринкове середовище. Управління житловим фондом, механізми фінансування та принципи розподілу житла дедалі частіше поєднували елементи державного регулювання з ринковими інструментами. Водночас такі трансформації не завжди мали однозначно позитивні наслідки. У деяких випадках скорочення державної підтримки призводило до уповільнення темпів будівництва та зменшення пропозиції доступного житла. Це змушувало уряди знову повертатися до політики субсидування, щоб стимулювати розвиток орендного сектору та запобігти подальшому загостренню житлової проблеми.

Таким чином, розвиток соціального житлового будівництва у другій половині XX століття характеризувався чергуванням етапів активного державного втручання та часткової ринкової лібералізації. Ці процеси значною мірою сформували сучасні моделі житлової політики, у яких поєднуються соціальні цілі, економічні механізми та потреба у забезпеченні доступності житла для різних груп населення.

На основі проведеного огляду фахової літератури можна виокремити низку спільних характеристик, притаманних системам соціального житлового забезпечення в більшості досліджуваних країн. Незважаючи на відмінності в організаційних моделях, правових підходах і масштабах державного втручання, ці системи мають ряд подібних структурних ознак, які визначають їхню сутність та механізми функціонування.

По-перше, соціальне житло у більшості випадків представлено орендними квартирами. Саме тому термін «соціальне житло» часто доповнюється уточненням «орендне» (social rented housing або social rental housing). Такий формат дозволяє державі або уповноваженим організаціям

більш гнучко управляти житловим фондом, забезпечувати ротацію мешканців і спрямовувати ресурси до тих домогосподарств, які найбільше цього потребують. Водночас у Європі існують країни, де концепція соціального житла реалізується також через підтримку власності на житло. Наприклад, у деяких державах застосовуються програми, що передбачають будівництво або придбання житла за рахунок державної підтримки з подальшою передачею його у власність громадян. У таких моделях інвестиції можуть здійснюватися як державними структурами, так і за участю приватного сектору, а основними отримувачами є домогосподарства з найнижчим рівнем доходів.

По-друге, поняття соціального житлового будівництва нерідко охоплює кілька підсекторів житлового ринку, де поряд із ринковими механізмами важливу роль відіграють інструменти державного регулювання. Йдеться передусім про процедури розподілу житла, встановлення критеріїв доступу та контроль за рівнем орендної плати. Розподіл квартир у таких системах зазвичай має соціально орієнтований характер і здійснюється на підставі рівня доходів, сімейного стану або житлових потреб. Водночас критики подібних моделей зазначають, що адміністративний характер розподілу може обмежувати свободу вибору мешканців і не завжди враховує їхні індивідуальні вподобання чи життєві обставини.

Залежно від рівня державного втручання, масштабу соціального сектору та його ролі у формуванні житлового ринку в європейських країнах виділяють кілька базових моделей соціального житлового будівництва (таблиця 1.1) [87, 88].

Перша – резидуальна модель. У межах цього підходу соціальне житло розглядається як відносно вузький сегмент, призначений насамперед для тих домогосподарств, які не можуть самостійно забезпечити себе житлом на ринкових умовах. Така система має чітко визначене коло отримувачів і функціонує як інструмент соціального захисту для найбільш вразливих груп населення.

Друга – загальна модель. У цьому випадку соціальний сектор виконує ширшу функцію і впливає на ринок житла загалом. Наявність значного обсягу доступних квартир дозволяє опосередковано регулювати рівень цін і орендних ставок у приватному секторі. Завдяки цьому житло подібного стандарту стає доступним для ширшого кола громадян як у соціальному, так і в комерційному сегменті.

Третя – універсальна модель. Вона тісно пов'язана з ідеєю некомерційного житлового будівництва і характеризується відсутністю чітко визначеної групи отримувачів. Соціальний і приватний сектори в такій системі функціонують як єдине ціле, доповнюючи один одного. Подібний підхід історично сформувався у країнах Північної Європи, де соціальне житло не сприймалося як інструмент допомоги лише для малозабезпечених, а розглядалося як важливий елемент загальної житлової політики. Водночас сучасні тенденції свідчать про поступову трансформацію цієї моделі, оскільки вона не повністю узгоджується з підходами, що передбачають більш чітке розмежування соціального та ринкового секторів.

Таблиця 1.1. Типологія моделей соціального житлового будівництва в Європейському Союзі.

Модель резидуальна	**Модель загальна**	**Модель універсальна**
Допомога спрямована на		
– соціально слабші групи населення; – так звані соціально виключені групи;	– соціально слабші групи населення; – так звані соціально виключені групи; – домогосподарства з найнижчими доходами;	– усе суспільство;
Місія		

– боротьба з виключенням на ринку житла;	– підвищення доступності житла;	– гарантування доступу до житла належного стандарту для всіх;
Характеристики житлового ринку		
– виражене домінування власності як форми права на житло; – слабо розвинений, дерегульований ринок приватного орендного житла;	– домінування власності як форми права на житло; – існує ринок приватного орендного житла; – домінування приватного сектору на ринку орендного житла;	– слабо розвинений ринок власного житла; – регульований ринок приватного орендного житла; – домінування публічного сектору на ринку орендного житла;
Орендна політика		
– економічно обґрунтована орендна плата (на межі окупності) або залежна від доходів; – соціальні пільги для мешканців.	– фіксована, обмежена орендна плата або залежна від доходів; – пільги та/або житлові доплати (залежно від доходу).	– економічно обґрунтована орендна плата; – пільги та/або житлові доплати; – гарантії доступної орендної плати для найбільш уразливих домогосподарств.

Загалом наведена типологія демонструє, що соціальне житлове будівництво в Європі не є однорідним явищем. Воно формується під впливом історичних, економічних і політичних факторів, а також залежить від ролі держави у регулюванні житлового ринку. У різних країнах ці моделі можуть поєднуватися або еволюціонувати, адаптуючись до нових соціально-економічних умов і змін у структурі попиту на житло.

1.3. Індустріалізація будівництва як відповідь на виклики відновлення: роль префабрикованих рішень.

Історія використання префабрикованих технологій у житловому будівництві розпочалася з дерев'яних конструкцій, а згодом – із чавунних і сталевих. Переломним моментом стало винайдення залізобетону Жозефом Моньєром у 1869 році. Невдовзі після цього дослідники у Франції та Англії почали виготовляти бетонні елементи таких розмірів, які дозволяли зводити будівлі швидше та дешевше [89]. У 1905 році інженер J.A. Brodie, використовуючи нову технологію, збудував триповерховий будинок на дванадцять квартир на вулиці Eldon Street у Ліверпулі. Потенціал цементу також оцінив Томас Едісон, який у 1919 році запатентував пристрій для виробництва компонентів збірного односімейного будинку. За словами Едісона, такі будинки можна було продавати приблизно за третину вартості традиційного житла, збудованого у США за класичною технологією [90].

Для багатоквартирного житлового будівництва у великих міських центрах XX століття найбільш перспективними вважалися бетонні префабриковані елементи. Їх застосування розглядалося як спосіб розв'язання проблеми доступності житла, яка існувала ще з часів промислової революції. 1920–1930-ті роки, що припали на становлення модернізму, стали періодом активного зацікавлення префабрикацією та її впровадженням у житлове будівництво. Архітектори досліджували можливості використання нової технології як у теоретичній, так і в практичній площині, експериментуючи з індустріалізованими формами зведення будівель [91].

Перші проєкти багатоквартирних будинків, реалізовані із застосуванням збірних конструкцій, підтвердили значний потенціал цієї технології у формуванні сучасної житлової архітектури. Індустріалізація будівництва розглядалася як інструмент створення доступного, функціонального та якісного житлового середовища. Це стало однією з ключових ідей модерністського руху. У 1920-х роках Ле Корбюзьє, пов'язаний із цим напрямком, розробив власну систему будівництва житла із залізобетону –

Dom-ino, яка мала допомогти подолати гострий дефіцит житла після Першої світової війни. Хоча ця система не отримала масового практичного втілення, вона заклала концептуальні основи індустріалізованого житлового будівництва. Ле Корбюзьє описував нове бачення житла як «машини для проживання» – функціональної, здорової, гігієнічної, етично обґрунтованої та естетично довершеної. Такий будинок, на його думку, мав створюватися внаслідок масового виробництва подібно до інших товарів широкого вжитку. Ці ідеї суттєво вплинули на подальший розвиток підходів до стандартизації, модульності та типізації житлового будівництва [92].

Кінець 1950-х – початок 1960-х років став новим етапом розвитку європейських міст. Модерністська перебудова та відновлення після Другої світової війни були переважно завершені. Найгостріший дефіцит житла, спричинений воєнними руйнуваннями 1939–1945 років, поступово було ліквідовано. У країнах східного блоку економіка формально функціонувала на повну потужність, досягнуто високого рівня зайнятості, а межі можливого зростання ще не були очевидними. Попри системні труднощі, зростав попит на споживчі товари, а разом із ним – і потреба у більшій та комфортнішій житловій площі [93].

Відповіддю на ці виклики стало широке впровадження префабрикованих технологій у житлове будівництво. Їх використання дозволяло ефективно та швидко забезпечувати населення стандартизованими, сучасними квартирами за відносно доступними цінами. Саме тому індустріалізоване будівництво активно пропагувалося в СРСР і в усьому східному блоці аж до 1990-х років. Великопанельні будинки зводилися також у країнах Західної Європи, однак там ця технологія не стала домінуючою формою багатоквартирної житлової забудови.

У ширшому контексті розвиток префабрикації можна розглядати як логічний етап еволюції будівельної галузі, спрямований на підвищення продуктивності, стандартизацію процесів і скорочення термінів зведення об’єктів. З інженерної точки зору, ця технологія дала змогу краще

контролювати якість елементів, оскільки значна частина робіт переносилася з будівельного майданчика в заводські умови. Водночас поряд із перевагами виникали й нові виклики, пов’язані з типовістю архітектурних рішень, обмеженою варіативністю форм і питаннями довговічності окремих конструктивних систем, що згодом стало предметом наукових і професійних дискусій [94]. 1970-ті роки минулого століття стали «золотим віком» префабрикованих систем у формі великопанельного будівництва. Одним із головних закидів, які сьогодні висувають до цього типу забудови, є її естетична монотонність. Натомість сучасні системи та технології префабрикації пропонують зовсім інший рівень якості, у тому числі й архітектурно-естетичної виразності, а їх використання забезпечує низку суттєвих переваг [95].

Серед ключових переваг префабрикації насамперед слід відзначити оптимізацію тривалості будівництва. Перенесення значної частини робіт у виробничі цехи робить інвестиційний процес менш залежним від погодних умов, усуваючи сезонні та непередбачені перерви. Виробництво і монтаж можуть здійснюватися також у зимовий період. Крім того, застосування префабрикованих технологій дозволяє використовувати повторювані та автоматизовані виробничі процеси, що позитивно впливає на строки реалізації проєкту. Важливо підкреслити, що використання готових компонентів скорочує тривалість зведення будівлі також на час, необхідний для твердіння бетону, який у традиційному будівництві заливається безпосередньо на майданчику [96, 97].

Префабриковані елементи, виготовлені в заводських умовах, характеризуються вищою точністю виконання та можуть мати кращу якість порівняно з конструкціями, сформованими безпосередньо на будівельному майданчику. Такий ефект досягається завдяки більш ефективному контролю виробничого процесу під наглядом фахівців. Виготовлення в контрольованих умовах із використанням заздалегідь підготовлених форм і шаблонів позитивно впливає на геометричну точність, однорідність матеріалу та

зовнішній вигляд компонентів. Висока точність виконання, у свою чергу, підвищує ефективність і швидкість монтажу на будівельному майданчику. Водночас недоліком може бути необхідність узгодження та поєднання збірних елементів із конструкціями, що виконуються монолітним способом безпосередньо на об’єкті [98].

До важливих переваг індустріалізованого будівництва належить і зниження виробничих витрат. Масовий і повторюваний характер виготовлення елементів, а також автоматизація процесів сприяють зменшенню собівартості одиниці продукції. Використання префабрикованих технологій також дозволяє скоротити чисельність працівників, задіяних безпосередньо на будівельному майданчику. Монтаж модулів потребує участі лише кількох кваліфікованих спеціалістів, тоді як значна частина трудових ресурсів зосереджена на виробництві, де основні операції виконуються машинами. Працівники, зайняті на заводі, можуть мати нижчу кваліфікацію, що відповідно впливає на рівень оплати праці. У підсумку витрати на оплату праці в межах інвестиційного проєкту також зменшуються, зокрема завдяки скороченню загальної тривалості будівництва порівняно з традиційними технологіями [99]. Ці аспекти набувають особливого значення в умовах постійного зростання вартості праці, середнього рівня заробітної плати та зменшення доступності робочої сили [100].

Модульний характер конструкцій дозволяє гнучко реагувати на поточні потреби або фінансові можливості інвестора. Повторюваність елементів у межах готової системи забезпечує можливість поетапного розширення будівлі або її часткового демонтажу. Це означає швидший і простіший інвестиційний процес у разі надбудови додаткових типових поверхів чи функціональних блоків. Демонтовані елементи можуть повторно використовуватися, що створює передумови для більш раціонального використання матеріальних ресурсів.

На зниження витрат також впливає зменшення потреби в оснащенні будівельного майданчика обладнанням, необхідним для традиційних робіт,

зокрема риштуваннями. Крім того, висока точність виготовлення та контрольовані умови виробництва дозволяють зменшити матеріальні втрати, спричинені погодними умовами на будівельному майданчику, а також скоротити витрати часу і коштів на усунення похибок, які часто виникають під час традиційного будівництва. У результаті застосування префабрикації забезпечує більшу стабільність і передбачуваність інвестиційного процесу, що є важливим з точки зору планування строків і бюджету.

Варто зазначити, що сучасні префабриковані технології дозволяють формувати будівлі різноманітних форм і архітектурних рішень. Зовнішній вигляд об’єкта та його естетичний вплив на навколишнє середовище значною мірою залежать від проєктних рішень, а не від самої технології. Це частково спростовує поширений стереотип про одноманітність префабрикованої забудови, характерний для попередніх десятиліть.

До недоліків префабрикації передусім належать вищі витрати на транспортування, пов’язані з великими габаритами елементів, а також необхідність оснащення будівельного майданчика відповідною вантажопідйомною технікою для їх монтажу. Тому можливість застосування цієї технології обмежується як відстанню до виробничого підприємства, так і просторовими умовами ділянки забудови. У таких випадках реалізація інвестиції потребує значно більшої координації з боку логістів і проєктувальників.

Серед недоліків індустріалізованого будівництва слід також відзначити вищі витрати на етапі проєктування, особливо у випадку індивідуальних рішень. Розроблення окремої системи, яка використовується лише для одного об’єкта, є тривалим і економічно менш ефективним. Виробники та проєктанти також звертають увагу на можливі труднощі при поєднанні різних будівельних технологій, зокрема під час стикування збірних елементів із монолітними бетонними конструкціями, що виконуються безпосередньо на майданчику.

Частини перелічених недоліків можна уникнути шляхом впровадження відповідної стратегії планування, належної координації графіків виконання

робіт і адаптації інвестиційного процесу до вимог індустріалізованих методів будівництва. У сучасних умовах це означає більш тісну інтеграцію проєктування, виробництва та монтажу, що поступово змінює традиційну логіку організації будівельного процесу та підвищує його керованість.

Узагальнення переваг і недоліків застосування індустріалізованого будівництва наведено в таблиці 1.2 [101–103].

Таблиця 1.2. Переваги та недоліки префабрикованого будівництва.

Переваги	**Недоліки**
Архітектура	
– гнучкість у формуванні планувальних рішень; – різноманітність архітектурних форм і можливість типізації елементів.	нестандартна або складна за конфігурацією ділянка може обмежити або повністю виключити можливість застосування префабрикації.
Якість	
– виробництво, незалежне від погодних умов; захист елементів від тривалого впливу атмосферних факторів; – висока якість виготовлення, точність геометричних параметрів і зменшення кількості конструктивних дефектів; – стійкість префабрикованих конструкцій до корозії та впливу вогню;	можливі труднощі при з’єднанні префабрикованих елементів із конструкціями, зведеними за традиційною технологією.

– високі конструктивні характеристики та міцність.	
Тривалість робіт	
оптимізація строків будівництва; зменшення залежності від погодних умов.	підвищені вимоги до підготовки проєкту та організації будівельних робіт на початкових етапах.
Витрати на виробництво	
– оптимальне використання матеріалів завдяки можливості застосування менших перерізів конструктивних елементів; – відносно нижчий середній рівень оплати праці виробничого персоналу; – невелика кількість працівників, необхідних безпосередньо на будівельному майданчику.	
Інвестиційні витрати	
– відносно невеликі витрати на фінансування інвестиційного процесу; – нижчі витрати на оренду обладнання для будівельного майданчика; – скорочений період фінансування інвестиції завдяки швидшій реалізації.	нижча популярність технології в окремих регіонах може призводити до обмеженої кількості спеціалістів і виробників, а також до вищої вартості спеціалізованих послуг.
Логістика	

– менші вимоги до оснащення та площі будівельного майданчика; – зменшення кількості перевезень будівельних матеріалів.	– зростання транспортних витрат зі збільшенням відстані між будівельним майданчиком і виробничим підприємством, а також через великі габарити елементів; – ризик пошкодження префабрикатів під час транспортування.

Узагальнюючи, наведені в таблиці характеристики демонструють, що індустріалізоване будівництво є ефективним інструментом підвищення продуктивності галузі, скорочення строків реалізації проєктів і покращення контрольованості якості. Водночас його ефективність значною мірою залежить від належного рівня проєктування, логістичної координації та адаптації будівельного процесу до особливостей збірних систем. Баланс між перевагами та обмеженнями цієї технології визначається конкретними умовами реалізації інвестиції, зокрема розташуванням об’єкта, доступністю виробничої бази та рівнем розвитку ринку префабрикованих конструкцій.

За результатами аналізу PMR Market Experts, для інвесторів ключовим чинником, що впливає на заміну традиційної технології будівництва префабрикованою, є скорочення термінів зведення об’єкта – на це вказали 51% опитаних. Серед інших важливих аспектів відзначено простоту монтажу (13%), вартість матеріалів (10%), довговічність конструкцій (9%), технічні характеристики (6%), а також вартість монтажних робіт (4%) (рисунок 1.2) [104].

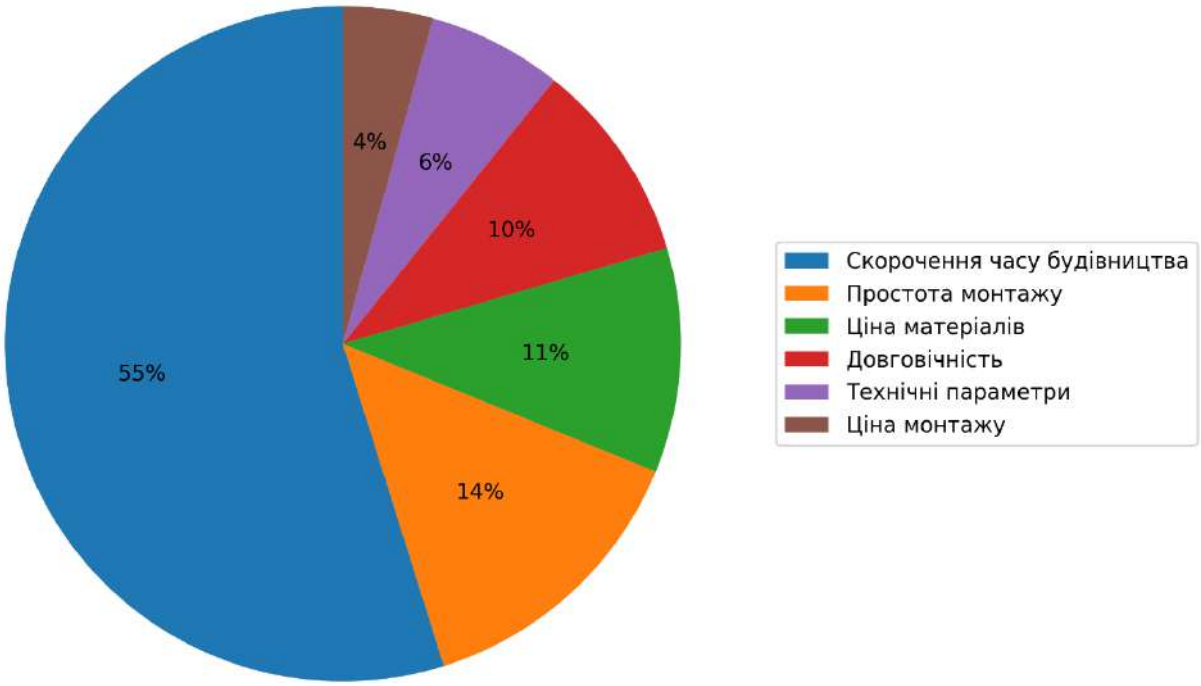


Рисунок 1.2. Фактори вибору префабрикованих рішень.

У сучасних умовах конструктивні системи, що повністю або переважно складаються з префабрикованих елементів, можуть виготовлятися з бетону, деревини або сталі. Таке різноманіття матеріалів дозволяє підбирати технологічні рішення залежно від функціонального призначення будівлі, вимог до міцності, довговічності, енергоефективності та швидкості зведення [105, 106].

Бетонні системи найчастіше застосовуються у багатоповерховому житловому та громадському будівництві, дерев'яні – у малоповерхових і екологічно орієнтованих проєктах, а сталеві – у спорудах, де важливими є великі прольоти, мала вага конструкцій і висока швидкість монтажу. Це свідчить про поступовий перехід від домінування одного матеріалу до більш комплексного та гнучкого підходу в сучасній префабрикації.

Префабриковані бетонні системи є одним із найбільш поширених напрямів індустріалізованого будівництва і становлять логічне продовження розвитку традиційних технологій застосування бетону та залізобетону [107, 108]. Їх сутність полягає у виготовленні основних конструктивних елементів будівлі в заводських умовах із подальшим транспортуванням на будівельний

майданчик та монтажем у єдину просторову систему. Такий підхід дозволяє поєднати переваги масового виробництва з інженерною надійністю бетонних конструкцій [109–111].

Сучасні префабриковані бетонні системи можуть охоплювати як окремі елементи будівлі, так і практично весь її конструктивний каркас. До найпоширеніших належать стінові панелі, перекриття, сходові марші, балкони, колони, балки, фундаментні блоки та просторові модулі. У деяких випадках використовується повністю модульний принцип, коли на будівельний майданчик доставляються вже готові об’ємні блоки, що потребують лише монтажу та підключення до інженерних мереж [112, 113].

Основною перевагою бетонних префабрикатів є їх висока несуча здатність, довговічність і стабільність фізико-механічних характеристик. Виготовлення елементів у контрольованих умовах дозволяє забезпечити точне дотримання рецептури бетону, режимів твердіння, армування та геометричних параметрів. Це, у свою чергу, позитивно впливає на якість конструкцій і зменшує ймовірність появи дефектів, характерних для робіт, виконаних безпосередньо на будівельному майданчику [114].

Ще однією важливою особливістю префабрикованих бетонних систем є можливість стандартизації та уніфікації елементів. Типові рішення дозволяють значно прискорити процес проєктування, спростити виробництво та оптимізувати монтажні роботи. У масовому житловому будівництві це сприяє скороченню строків реалізації інвестицій і забезпечує стабільну якість кінцевого продукту. Водночас сучасні технології дозволяють уникати надмірної типізації, характерної для забудови минулих десятиліть, шляхом комбінування різних модулів, зміни фасадних рішень та застосування різноманітних архітектурних деталей [115, 116].

Важливим аспектом є також конструктивна надійність таких систем. Залізобетонні префабрикати відзначаються високою вогнестійкістю, стійкістю до впливу зовнішнього середовища та тривалим терміном експлуатації. Завдяки заводському контролю якості забезпечується рівномірність структури

матеріалу, точність розміщення арматури та відповідність елементів проєктним характеристикам. Це підвищує загальну безпеку будівлі та спрощує контроль технічного стану конструкцій у процесі експлуатації [117].

З точки зору організації будівельного процесу застосування бетонних префабрикованих систем суттєво змінює традиційну модель виконання робіт. Значна частина трудомістких операцій переноситься з будівельного майданчика на виробництво. На місці здійснюється переважно монтаж елементів та їх з'єднання у просторову конструкцію. Це дозволяє скоротити тривалість будівництва, зменшити залежність від погодних умов і знизити потребу у великій кількості робітників на об'єкті [118].

Важливою перевагою є також можливість паралельного виконання робіт. Поки на будівельному майданчику ведуться підготовчі або фундаментні роботи, на заводі вже можуть виготовлятися конструктивні елементи майбутньої будівлі. Така організація процесу дозволяє більш ефективно використовувати час і ресурси, а також підвищує передбачуваність реалізації інвестиційного проєкту.

Сучасні префабриковані бетонні системи суттєво відрізняються від великопанельного будівництва другої половини XX століття. Сьогодні застосовуються вдосконалені з'єднувальні вузли, нові типи бетону з покращеними характеристиками, а також сучасні технології тепло- та звукоізоляції. Завдяки цьому забезпечується вищий рівень комфорту проживання, енергоефективність і довговічність будівель. Крім того, сучасні фасадні рішення дозволяють формувати різноманітний архітектурний вигляд, що зменшує візуальну одноманітність забудови [119–121].

Водночас застосування префабрикованих бетонних систем має і певні обмеження. Одним із ключових є необхідність ретельного проєктування на початкових етапах. Помилки або зміни в проєкті після початку виробництва можуть призвести до додаткових витрат або ускладнити монтаж. Це вимагає високого рівня координації між архітекторами, конструкторами, виробниками та підрядниками.

Іншим важливим фактором є логістика. Великі габарити та значна маса бетонних елементів потребують спеціального транспорту та підйомної техніки. Відстань між виробничим підприємством і будівельним майданчиком може істотно впливати на економічну доцільність використання такої технології. Крім того, транспортування та монтаж потребують дотримання підвищених вимог безпеки.

Особливу увагу слід приділяти також з'єднанням між елементами. Саме якість стиків значною мірою визначає надійність, жорсткість і довговічність усієї конструктивної системи. У сучасній практиці використовуються різні типи з'єднань – механічні, зварні, бетонні замонолічування, а також комбіновані рішення. Правильне виконання цих вузлів є ключовим фактором забезпечення просторової роботи будівлі [122, 123].

З позиції довгострокової експлуатації бетонні префабриковані системи демонструють високий потенціал. Вони характеризуються значною міцністю, стійкістю до атмосферних впливів і відносно низькими витратами на утримання. При належному проєктуванні та виконанні монтажу такі конструкції можуть ефективно функціонувати протягом десятиліть без суттєвих втрат експлуатаційних характеристик.

У сучасних умовах префабриковані бетонні системи розглядаються не лише як спосіб прискорення будівництва, але й як елемент більш широкої концепції індустріалізації галузі. Їх застосування сприяє підвищенню продуктивності, стандартизації процесів і кращому контролю якості. Разом із розвитком цифрового проєктування, автоматизації виробництва та вдосконаленням логістичних рішень роль таких систем у житловому та громадському будівництві поступово зростає [124, 125].

Префабриковані дерев'яні системи є одним із найдинамічніших напрямів сучасного індустріалізованого будівництва [126, 127]. Вони поєднують традиційність матеріалу з новітніми технологіями його обробки, проєктування та монтажу. Завдяки розвитку інженерної деревини, удосконаленню виробничих процесів і зростанню вимог до екологічності

будівництва, дерев’яні префабриковані конструкції набули широкого поширення як у малоповерховому, так і в багатоповерховому будівництві.

Сутність таких систем полягає у виготовленні конструктивних елементів будівлі в заводських умовах із подальшим транспортуванням і швидким монтажем на будівельному майданчику. До основних типів дерев’яних префабрикатів належать стінові панелі, перекриття, каркасні модулі, дахові елементи, а також об’ємні просторові блоки, які можуть включати частину внутрішнього оздоблення та інженерних комунікацій. Такий підхід дозволяє значно скоротити час будівництва та підвищити якість виконання робіт.

Сучасні дерев’яні префабриковані системи базуються не лише на масивній деревині, а й на інженерних матеріалах, таких як клеєна деревина та багатошарові панелі. Ці матеріали характеризуються стабільністю геометричних параметрів, високою міцністю та передбачуваною поведінкою під навантаженням. Завдяки цьому дерев’яні конструкції можуть застосовуватися не тільки у приватному житловому будівництві, але й у будівлях більшої поверховості, у тому числі в громадських об’єктах.

Однією з ключових переваг дерев’яних префабрикованих систем є їх мала маса порівняно з бетонними або сталевими конструкціями. Це зменшує навантаження на фундаменти, спрощує транспортування та монтаж, а також дозволяє використовувати їх на ділянках зі складними ґрунтовими умовами. Менша вага елементів позитивно впливає на швидкість будівництва та знижує витрати, пов’язані з використанням важкої підйомної техніки [128, 129].

Важливим аспектом є також висока точність виготовлення елементів у заводських умовах. Контрольоване виробниче середовище дозволяє забезпечити якісну обробку деревини, точність з’єднань і стабільність параметрів конструкцій. Це сприяє щільному приляганню елементів під час монтажу, зменшенню тепловтрат і підвищенню енергоефективності будівлі.

З точки зору теплоізоляційних властивостей деревина є матеріалом із природно низькою теплопровідністю. Це дозволяє створювати

енергоефективні будівлі з меншими витратами на додаткове утеплення. У поєднанні з сучасними ізоляційними матеріалами та технологіями герметизації стиків дерев'яні префабриковані системи забезпечують високий рівень комфорту проживання та стабільний мікроклімат у приміщеннях.

Ще однією суттєвою перевагою є екологічний аспект. Деревина є відновлюваним матеріалом, а її використання в будівництві пов'язане з меншими витратами енергії на виробництво порівняно з бетоном або сталлю. Це сприяє зменшенню загального впливу будівництва на навколишнє середовище та відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку. Крім того, дерев'яні конструкції можуть мати позитивний вплив на внутрішній мікроклімат будівлі, зокрема завдяки здатності матеріалу регулювати вологість повітря.

Організаційно застосування префабрикованих дерев'яних систем має багато спільного з бетонними аналогами. Значна частина робіт виконується на виробництві, тоді як на будівельному майданчику здійснюється переважно монтаж готових елементів. Це скорочує строки будівництва, зменшує залежність від погодних умов і дозволяє більш точно планувати хід реалізації інвестиційного проєкту.

Водночас дерев'яні системи мають і певні обмеження. Одним із основних є підвищена чутливість матеріалу до вологи. Неправильне зберігання, транспортування або монтаж можуть призвести до деформацій, зниження міцності або біологічного пошкодження матеріалу. Тому велике значення має належний захист конструкцій від атмосферних впливів як на етапі будівництва, так і під час експлуатації.

Питання пожежної безпеки також традиційно розглядається як один із недоліків дерев'яних конструкцій. Однак сучасні технології обробки деревини, використання захисних покриттів і правильні конструктивні рішення дозволяють суттєво підвищити її вогнестійкість. Масивні дерев'яні елементи можуть демонструвати передбачувану поведінку під час пожежі,

утворюючи захисний обвуглений шар, що сповільнює подальше руйнування матеріалу [130–132].

З інженерної точки зору важливим є також питання акустичного комфорту та жорсткості конструкцій. Через меншу масу дерев'яні перекриття можуть гірше поглинати звукові коливання порівняно з бетонними. Тому в сучасних системах застосовуються додаткові конструктивні рішення, спрямовані на підвищення звукоізоляції та жорсткості будівель.

Логістичні аспекти використання дерев'яних префабрикатів загалом є сприятливішими порівняно з бетонними системами. Менша маса та більша технологічна гнучкість спрощують транспортування, зменшують витрати на доставку та дозволяють працювати на ділянках з обмеженим доступом. Це особливо важливо в умовах щільної міської забудови або на територіях зі складною транспортною інфраструктурою.

У сучасній практиці дерев'яні префабриковані системи дедалі частіше розглядаються як перспективна альтернатива традиційним будівельним матеріалам, особливо в контексті сталого розвитку, енергоефективності та зниження вуглецевого сліду будівництва. Їх застосування дозволяє поєднати швидкість зведення, екологічність і архітектурну виразність, що робить їх привабливими для житлового та громадського будівництва.

Загалом префабриковані дерев'яні системи формують окремий напрям індустріалізованого будівництва, який продовжує активно розвиватися. Вони забезпечують високу швидкість монтажу, добрі теплоізоляційні характеристики та гнучкість у проєктуванні, але водночас вимагають ретельного підходу до захисту матеріалу, точності виконання вузлів і забезпечення довговічності конструкцій у різних умовах експлуатації.

Модульні будівлі є одним із найбільш індустріалізованих напрямів сучасного префабрикованого будівництва [133, 134]. Їх основна особливість полягає у виготовленні не окремих конструктивних елементів, а просторових об'ємних модулів, які на заводі формуються у вигляді майже готових частин майбутньої будівлі. Після транспортування на будівельний майданчик такі

модулі монтуються в єдину конструкцію, утворюючи повноцінний об’єкт із завершеною просторовою структурою.

Модуль може являти собою окрему кімнату, частину квартири або функціональний блок будівлі. У багатьох випадках він включає не лише несучі конструкції, але й елементи внутрішнього оздоблення, встановлені вікна та двері, інженерні мережі, а інколи навіть сантехнічне обладнання. Ступінь готовності модуля залежить від технології виробництва та концепції проєкту, однак у сучасній практиці він може досягати дуже високого рівня, що значно скорочує обсяг робіт на будівельному майданчику.

Застосування модульних систем суттєво змінює традиційну логіку будівельного процесу. Основна частина робіт виконується на виробництві, у контрольованих умовах, тоді як на об’єкті здійснюється переважно монтаж і з’єднання готових блоків. Це дозволяє максимально скоротити строки реалізації інвестиційного проєкту та зменшити залежність від погодних умов. Будівельні роботи на майданчику можуть бути обмежені підготовкою фундаментів і монтажем модулів, що значно знижує трудомісткість процесу.

Однією з ключових переваг модульного будівництва є швидкість зведення. Виготовлення модулів на заводі може здійснюватися паралельно з виконанням підготовчих робіт на ділянці. У результаті монтаж самої будівлі часто займає значно менше часу порівняно з традиційними технологіями. Це особливо важливо в умовах необхідності швидкого забезпечення житлом або створення об’єктів соціальної інфраструктури.

Важливою характеристикою модульних будівель є їх гнучкість. Стандартизовані модулі можуть комбінуватися у різних конфігураціях, утворюючи будівлі різної поверховості, площі та функціонального призначення. Такий підхід дозволяє легко адаптувати проєкт до змін потреб користувачів або інвестора. За необхідності будівлю можна розширити шляхом додавання нових модулів або частково демонтувати, зберігаючи можливість повторного використання окремих елементів.

З точки зору організації простору модульні системи створюють передумови для високого рівня стандартизації. Повторюваність елементів спрощує проєктування, виробництво та монтаж, а також сприяє підвищенню передбачуваності інвестиційного процесу. У той самий час сучасні архітектурні рішення дозволяють уникати одноманітності за рахунок варіативності фасадів, поєднання різних типів модулів і використання різних матеріалів для зовнішнього оздоблення.

Конструктивно модульні будівлі можуть виготовлятися з різних матеріалів, зокрема бетону, сталі або деревини, а також їх комбінацій. Вибір матеріалу залежить від призначення будівлі, вимог до несучої здатності, довговічності та вартості. Сталеві каркаси часто використовуються через їх легкість і міцність, дерев'яні – через екологічність і теплоізоляційні властивості, а бетонні – через довговічність і стабільність конструкції.

Якість модульних будівель значною мірою визначається заводськими умовами виробництва. Контрольоване середовище дозволяє забезпечити точність виготовлення, правильність монтажу інженерних систем і стабільність технологічних процесів. Це зменшує ризик помилок і дефектів, які часто виникають під час виконання робіт безпосередньо на будівельному майданчику.

З економічної точки зору модульне будівництво має потенціал зменшення витрат за рахунок скорочення строків реалізації проєкту, зниження потреби в робочій силі на об'єкті та оптимізації виробничих процесів. Масовий характер виготовлення модулів сприяє зниженню собівартості продукції, особливо у випадку серійного будівництва. Крім того, коротший період будівництва означає менші витрати на фінансування інвестиції.

Водночас модульні будівлі мають і певні обмеження. Одним із ключових факторів є логістика. Транспортування великих об'ємних блоків потребує спеціалізованого транспорту та ретельного планування маршрутів. Габарити модулів можуть обмежувати їх розміри, що впливає на проєктні рішення. Також монтаж потребує використання підйомної техніки та точного

узгодження послідовності робіт. Ще одним важливим аспектом є необхідність високого рівня підготовки проєкту. Оскільки значна частина робіт виконується на виробництві, внесення змін після початку виготовлення модулів є складним і може призвести до додаткових витрат. Це вимагає детального опрацювання всіх технічних і функціональних рішень на ранніх етапах планування. З точки зору експлуатації модульні будівлі можуть демонструвати характеристики, подібні до традиційних споруд, за умови належного проєктування та монтажу. Важливе значення має якість з'єднань між модулями, оскільки саме вони забезпечують просторову жорсткість конструкції та її довговічність.

У сучасних умовах модульні будівлі дедалі частіше розглядаються як ефективне рішення для швидкого зведення житла, тимчасових або постійних громадських об'єктів, освітніх і медичних закладів. Вони дозволяють швидко реагувати на зміну потреб суспільства, зокрема у випадках необхідності оперативного створення нових житлових площ.

Загалом модульне будівництво є важливим етапом розвитку індустріалізації будівельної галузі. Воно поєднує високу швидкість реалізації, стандартизацію процесів і можливість гнучкого формування архітектурних рішень. За умови належного планування, логістичної координації та контролю якості такі системи можуть забезпечити ефективне, передбачуване та економічно доцільне зведення будівель різного призначення.

Префабриковані системи, зокрема бетонні, дерев'яні та модульні, формують один із ключових напрямів сучасної індустріалізації будівництва. Їх застосування дозволяє суттєво скоротити строки реалізації проєктів, підвищити якість виконання конструктивних елементів завдяки виробництву в контрольованих умовах, а також забезпечити більшу передбачуваність інвестиційного процесу. Водночас ефективність цих технологій значною мірою залежить від рівня попереднього проєктування, логістичної організації та узгодженості всіх етапів реалізації. Сучасні префабриковані та модульні рішення поступово відходять від обмежень минулих десятиліть, поєднуючи

стандартизацію з архітектурною гнучкістю, що робить їх перспективним інструментом для масового житлового та соціального будівництва.

Висновки до розділу 1.

1. Сформовано авторське визначення економічної спроможності будівельного підприємства як інтегральної, багатокомпонентної характеристики, що відображає здатність підприємства забезпечувати фінансову стійкість, виробничу результативність, управлінську керованість, кадрову збалансованість та логістично-організаційну готовність до реалізації проєктів в умовах економічної невизначеності. Запропоноване трактування розширює традиційне розуміння спроможності як ресурсного потенціалу, акцентуючи на динамічній здатності підприємства адаптуватися та розвиватися.
2. Обґрунтовано структуризацію економічної спроможності за п’ятьма функціональними блоками (Y1–Y5), що відображають ключові підсистеми підприємства: фінансово-економічну, виробничу, управлінську, кадрову та логістично-організаційну. Такий підхід забезпечує системність аналізу та створює основу для подальшої формалізації інтегрального індексу, що має прикладне значення для стратегічного планування.
3. Встановлено концептуальні відмінності між поняттями “ефективність”, “потенціал”, “конкурентоспроможність”, “життєздатність” та “спроможність”, що дозволило позиціонувати економічну спроможність як системну категорію вищого порядку. Доведено, що ефективність відображає результати діяльності, потенціал – наявність ресурсів, конкурентоспроможність – ринкову позицію, тоді як спроможність інтегрує ці характеристики в контексті довгострокової адаптивності.
4. Доведено обмеженість застосування лише фінансових показників для оцінювання діяльності будівельного підприємства, зокрема через їх ретроспективний характер, фрагментарність та неспроможність

відобразити організаційні й технологічні аспекти. Показано, що орієнтація лише на прибуток або ліквідність не дозволяє адекватно оцінити готовність підприємства до участі у масштабних програмах відновлення.

5. Виявлено системні обмеження економічної спроможності підприємств за п’ятьма напрямами: фінансовими (обмежений доступ до капіталу, нестабільність доходів), виробничими (зношеність технічної бази), кадровими (відтік спеціалістів), управлінськими (низька адаптивність), логістично-організаційними (залежність від імпорту). Це створює підґрунтя для комплексної моделі оцінювання.
6. Обґрунтовано вплив трансформації будівельної галузі (масове відновлення житла, соціальне будівництво, префабриковані рішення) на зміну вимог до підприємств, що потребує переходу від традиційних організаційних моделей до інтегрованих, кооперaційних форматів діяльності.
7. Підтверджено необхідність формування інтегрального показника економічної спроможності, який дозволяє агрегувати різнорідні параметри в єдиному масштабі та використовувати його як інструмент стратегічного порівняння підприємств і сценаріїв розвитку.
8. Аргументовано доцільність використання багатофакторного підходу, який враховує взаємозалежність ресурсних, організаційних та управлінських характеристик підприємства, що особливо важливо в умовах реалізації індустріальних форм будівництва.
9. Сформовано концептуальну основу інтегрованої методології оцінювання, яка передбачає поєднання нечітко-логічного моделювання, багатокритеріальних методів та імітаційного аналізу для роботи з невизначеністю.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ У КОНТЕКСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ.

2.1. Ключові обмеження економічної спроможності будівельних підприємств.

Економічна спроможність будівельного підприємства формується під впливом значної кількості внутрішніх і зовнішніх факторів (рис. 2.1).



Рисунок 2.1. Фактори впливу на економічну спроможність будівельного підприємства.

Фінансово-економічна складова визначає можливості підприємства підтримувати стабільну діяльність, інвестувати у розвиток, забезпечувати безперервність виробничих процесів і брати участь у реалізації масштабних будівельних програм. У сучасних умовах, що характеризуються високим рівнем невизначеності, нестабільністю ринку та значними структурними змінами в економіці, фінансові проблеми стають одним із ключових стримуючих факторів розвитку будівельних підприємств [135].

Особливу актуальність це питання набуває у контексті відновлення житлового фонду, розвитку соціального житла та переходу до більш індустріалізованих форм будівництва, включаючи використання префабрикованих рішень. Реалізація таких масштабних завдань потребує

значних фінансових ресурсів, довгострокового планування та високого рівня фінансової стійкості. Проте значна частина будівельних підприємств стикається з низкою системних фінансових обмежень, які істотно знижують їх економічну спроможність [315; 334]. До ключових фінансових проблем, що формують обмеження економічної спроможності підприємств, належать: обмежений доступ до капіталу, високі ризики неплатежів та нестабільність доходів. Сукупний вплив цих факторів не лише ускладнює поточну діяльність підприємств, але й обмежує їх можливості до стратегічного розвитку та участі у великих будівельних проєктах [136].

Однією з найбільш суттєвих проблем, з якими стикаються будівельні підприємства, є обмежений доступ до фінансових ресурсів. Для галузі будівництва це питання має критичне значення, оскільки її діяльність пов’язана з високою капіталоємністю, значними авансовими витратами та тривалими виробничими циклами. Підприємства змушені фінансувати закупівлю матеріалів, оплату праці, оренду техніки та інші витрати ще до отримання коштів за виконані роботи [137]. У сучасних умовах доступ до банківського кредитування часто є ускладненим через високі процентні ставки, жорсткі вимоги до застави, недостатню кредитну історію або нестабільний фінансовий стан підприємств. Особливо це стосується малих і середніх будівельних компаній, які не мають достатнього обсягу ліквідних активів для забезпечення кредитних зобов’язань. У результаті такі підприємства змушені обмежувати масштаби своєї діяльності або працювати виключно в межах власних фінансових можливостей.

Крім банківського фінансування, будівельні підприємства часто залежать від інвестицій, державних програм підтримки або попередніх оплат за контрактами. Проте доступ до цих джерел також є нерівномірним і часто супроводжується високим рівнем невизначеності. У випадку реалізації проєктів відновлення житлової інфраструктури, де потрібні значні ресурси та швидке масштабування діяльності, недостатній доступ до капіталу стає серйозною перешкодою для залучення підприємств до таких програм.

Обмеженість фінансових ресурсів впливає не лише на поточну діяльність, але й на довгостроковий розвиток. Підприємства мають менше можливостей для модернізації технічної бази, впровадження нових технологій, у тому числі індустріальних та префабрикованих систем, підвищення кваліфікації персоналу та розширення виробничих потужностей. Це, у свою чергу, знижує їх конкурентні позиції та здатність адаптуватися до нових умов функціонування [138, 139]. Таким чином, обмежений доступ до капіталу виступає системним фактором, який стримує розвиток будівельних підприємств і суттєво впливає на рівень їх фінансово-економічної спроможності.

Ще одним важливим фінансовим обмеженням є високий рівень ризиків, пов’язаних із затримками або невиконанням фінансових зобов’язань з боку замовників, підрядників чи партнерів. Для будівельної галузі це є характерною проблемою, оскільки реалізація проєктів зазвичай пов’язана з багаторівневою системою контрактних відносин, у межах якої взаємодіє значна кількість учасників [140]. Затримки платежів можуть виникати з різних причин: фінансові труднощі замовників, бюрократичні процедури, зміна умов фінансування, перегляд кошторисів або адміністративні обмеження. Для підприємства це означає порушення грошових потоків, необхідність залучення додаткових ресурсів для підтримки поточної діяльності та зростання фінансових ризиків.

Особливо відчутними ці проблеми є для підприємств, що працюють у сегменті соціального будівництва або беруть участь у програмах відновлення житла, де фінансування часто має поетапний характер і залежить від багатьох зовнішніх факторів. У таких умовах навіть незначні затримки можуть призводити до ланцюгової реакції: підприємство не може вчасно розрахуватися з постачальниками, затримує виплату заробітної плати, скорочує обсяги робіт або змушене брати короткострокові кредити на менш вигідних умовах. Наявність високих ризиків неплатежів формує додаткову фінансову напругу та підвищує рівень невизначеності у діяльності

підприємств. Вони змушені враховувати можливі затримки при плануванні грошових потоків, формувати фінансові резерви або обмежувати свою участь у проєктах із підвищеним рівнем ризику. Це негативно впливає на їх економічну спроможність, знижує інвестиційну активність та стримує розширення діяльності [141, 142].

Будівельна діяльність характеризується нерівномірністю надходження доходів, що пов’язано зі специфікою виконання проєктів, сезонністю робіт, тривалістю виробничих циклів та залежністю від загальноекономічної ситуації. У багатьох випадках підприємства отримують основні фінансові надходження лише після завершення певних етапів робіт, що створює періоди тимчасового дефіциту коштів. Нестабільність доходів особливо відчутна для підприємств, які працюють на контрактній основі або залежать від обмеженої кількості великих замовників. У разі затримки або скасування проєктів їх фінансове становище може різко погіршитися. Крім того, коливання вартості будівельних матеріалів, зміни в законодавстві, нестабільність попиту на житло також впливають на рівень доходів підприємств.

У контексті відновлення житлової інфраструктури ця проблема має подвійний характер. З одного боку, зростає потреба у будівельних роботах, що створює потенціал для збільшення обсягів діяльності. З іншого боку, фінансування таких програм може бути нерівномірним, що призводить до нестабільності замовлень і, відповідно, доходів підприємств. Нестабільність доходів ускладнює процес фінансового планування, знижує передбачуваність діяльності та обмежує можливості підприємства формувати довгострокову стратегію розвитку. Підприємства змушені працювати в умовах постійної адаптації до змін, що вимагає більш гнучкого управління ресурсами та підвищує значення інтегральної оцінки їх фінансово-економічної спроможності [143].

Таким чином, сукупність фінансових обмежень – обмежений доступ до капіталу, ризики неплатежів і нестабільність доходів – формує один із ключових блоків факторів, що визначають рівень економічної спроможності

будівельних підприємств. Ці фактори безпосередньо впливають на здатність підприємства підтримувати стабільну діяльність, брати участь у масштабних проєктах, інвестувати у розвиток і адаптуватися до нових умов функціонування. Саме тому їх урахування є необхідною умовою формування комплексної моделі оцінювання економічної спроможності, що логічно підводить до виділення фінансово-економічної складової як одного з базових структурних елементів інтегральної оцінки.

Виробнича складова є однією з базових у структурі економічної спроможності будівельного підприємства, оскільки саме вона визначає здатність підприємства реалізовувати будівельні проєкти, забезпечувати необхідні обсяги робіт, дотримуватися термінів і підтримувати належний рівень якості. В умовах сучасної трансформації будівельної галузі, яка пов’язана з масштабними програмами відновлення житлового фонду, розвитком соціального житла та поступовим переходом до індустріальних технологій, роль виробничих можливостей суттєво зростає [144, 145]. Разом з тим, значна частина будівельних підприємств стикається з рядом виробничих обмежень, які безпосередньо впливають на їх економічну спроможність. До ключових проблем у цьому блоці належать зношеність технічної бази, нестача матеріалів та нестабільність ланцюгів постачання. Ці фактори не лише ускладнюють виконання поточних робіт, але й обмежують здатність підприємств масштабувати свою діяльність і брати участь у великих проєктах.

Однією з найбільш поширених проблем у будівельній галузі є фізичне та моральне старіння виробничих засобів. Технічна база багатьох підприємств сформована протягом тривалого часу і часто не відповідає сучасним вимогам щодо продуктивності, точності, енергоефективності та технологічної гнучкості. Це стосується як будівельної техніки, так і допоміжного обладнання, інструментів та виробничої інфраструктури [146]. Зношеність технічної бази призводить до зниження продуктивності праці, збільшення тривалості виконання робіт і підвищення витрат на обслуговування та ремонт. Часті простої техніки, необхідність її заміни або ремонту створюють додаткові

організаційні та фінансові труднощі. У результаті підприємство втрачає частину своєї виробничої ефективності, що безпосередньо впливає на його економічні показники.

Окремим аспектом є технологічна застарілість. Сучасні тенденції у будівництві передбачають більш широке використання індустріальних підходів, стандартизованих конструкцій, модульних систем і префабрикованих елементів. Для роботи в таких умовах необхідне спеціалізоване обладнання, здатність працювати з новими матеріалами та високий рівень технічної підготовки. Підприємства, які не мають можливості оновлювати свою технічну базу, опиняються в менш вигідному становищі та поступово втрачають здатність ефективно конкурувати [147, 148]. Особливо гостро ця проблема проявляється в умовах необхідності швидкого масштабування будівництва, наприклад, у процесах масового відновлення житла. У таких ситуаціях вирішальне значення має не лише наявність техніки, а й її технічний стан, надійність і здатність працювати у безперервному режимі. Зношена технічна база істотно обмежує виробничу спроможність підприємства та знижує його можливості брати участь у великих програмах.

Ще одним важливим фактором, що обмежує виробничу діяльність будівельних підприємств, є нестача будівельних матеріалів або труднощі з їх своєчасним постачанням. Сучасні будівельні процеси значною мірою залежать від стабільності матеріально-технічного забезпечення, оскільки будь-які перебої у постачанні можуть призводити до зупинки робіт, порушення графіків та збільшення витрат. Нестача матеріалів може бути пов’язана з різними причинами: обмеженими виробничими можливостями постачальників, логістичними труднощами, коливанням цін, нестабільністю ринку або підвищеним попитом на певні види продукції. У періоди активного будівництва або реалізації великих державних програм попит на матеріали може суттєво перевищувати пропозицію, що призводить до дефіциту та зростання вартості. Для будівельних підприємств це створює додаткові ризики. Вони змушені або відкладати виконання робіт, або шукати

альтернативні матеріали, що не завжди відповідають початковим технічним рішенням. Це може впливати на якість будівництва, змінювати кошторисну вартість проєктів і ускладнювати взаємодію із замовниками. Нестача матеріалів особливо критична в умовах переходу до індустріальних форм будівництва, зокрема використання префабрикованих елементів. У таких системах точність і своєчасність постачання мають ключове значення, оскільки виробничі процеси є більш стандартизованими та взаємозалежними. Будь-які збої у постачанні можуть призводити до значних затримок і втрат.

Тісно пов’язаною з проблемою нестачі матеріалів є нестабільність ланцюгів постачання. Будівельні підприємства працюють у складній системі взаємозв’язків із постачальниками матеріалів, виробниками конструкцій, логістичними компаніями та підрядними організаціями. Ефективність цієї системи значною мірою визначає здатність підприємства підтримувати безперервність виробничих процесів. Порушення в логістичних ланцюгах можуть виникати через затримки транспортування, зміну умов постачання, недостатню координацію між учасниками або нестабільність ринкових умов. У результаті підприємство стикається з необхідністю коригувати виробничі плани, змінювати графіки робіт або шукати нових постачальників.

У сучасних умовах, коли будівництво дедалі більше інтегрується з промисловим виробництвом, стабільність ланцюгів постачання набуває стратегічного значення. Це особливо актуально для префабрикованого будівництва, де значна частина конструкцій виготовляється на заводах і доставляється на будівельний майданчик у готовому вигляді. У такій системі будь-які збої в логістиці можуть мати суттєві наслідки для всього процесу реалізації проєкту. Нестабільність постачань створює додаткову невизначеність, змушує підприємства формувати запаси матеріалів, що потребує додаткових фінансових ресурсів, або працювати з кількома постачальниками, що ускладнює організацію процесів. Це знижує загальну керованість виробництва та впливає на ефективність використання ресурсів.

Сукупність зазначених факторів – зношеність технічної бази, нестача матеріалів і нестабільність ланцюгів постачання – формує систему виробничих обмежень, які суттєво впливають на рівень економічної спроможності будівельних підприємств. Вони визначають, наскільки підприємство здатне виконувати роботи в необхідних обсягах, дотримуватися термінів, підтримувати якість та адаптуватися до нових технологічних вимог.

Виробничі проблеми часто мають комплексний характер і взаємопов'язані з фінансовими та організаційними аспектами діяльності. Наприклад, обмежений доступ до фінансових ресурсів ускладнює оновлення технічної бази, що, у свою чергу, знижує продуктивність і підвищує витрати. Нестабільність постачання матеріалів може призводити до порушення виробничих графіків, що негативно впливає на фінансові результати підприємства [149].

У контексті формування інтегральної моделі економічної спроможності ці фактори логічно об'єднуються в окремий виробничий блок, який відображає реальні можливості підприємства щодо виконання будівельних робіт. Саме аналіз цих обмежень дозволяє обґрунтувати необхідність виділення виробничої складової як одного з ключових елементів у структурі інтегральної оцінки економічної спроможності.

Кадрова складова є одним із ключових елементів у структурі економічної спроможності будівельного підприємства, оскільки саме людські ресурси забезпечують реалізацію виробничих процесів, впровадження нових технологій, організацію робіт і досягнення запланованих результатів. На відміну від матеріальних або фінансових ресурсів, кадровий потенціал має більш складний і довготривалий характер формування, що робить його вразливим до соціально-економічних змін і структурних трансформацій у галузі.

У сучасних умовах будівельні підприємства стикаються з низкою кадрових проблем, які істотно обмежують їх економічну спроможність і можливості розвитку. Найбільш характерними серед них є відтік спеціалістів

та дисбаланс кваліфікацій. Ці фактори безпосередньо впливають на здатність підприємств забезпечувати стабільність виробничих процесів, підтримувати необхідний рівень якості робіт і адаптуватися до нових вимог, зокрема пов’язаних із розвитком індустріальних технологій будівництва та використанням префабрикованих рішень.

Однією з найбільш гострих проблем, що характеризують сучасний стан будівельної галузі, є скорочення кількості кваліфікованих працівників. Відтік спеціалістів може бути зумовлений різними чинниками: міграційними процесами, зміною структури ринку праці, пошуком більш стабільних або високооплачуваних робочих місць, демографічними змінами. У результаті підприємства стикаються з дефіцитом робочої сили, особливо у сегменті кваліфікованих робітничих професій та інженерно-технічного персоналу. Для будівельної галузі ця проблема має особливе значення, оскільки більшість виробничих процесів потребують практичного досвіду, професійних навичок і відповідної підготовки. Втрата досвідчених спеціалістів призводить до зниження загального рівня професійної компетентності колективу, ускладнює організацію робіт і підвищує ризик помилок у виробничих процесах. Відтік кадрів також створює додаткове навантаження на наявний персонал, що може негативно впливати на продуктивність праці, якість виконання робіт і рівень виробничої дисципліни. Підприємства змушені витрачати додаткові ресурси на пошук нових працівників, їх навчання та адаптацію, що підвищує витрати і ускладнює планування діяльності.

Особливо відчутними ці процеси стають у періоди зростання обсягів будівництва, коли попит на кваліфіковану робочу силу різко зростає. У контексті реалізації програм відновлення житлового фонду та розвитку соціального житла наявність достатньої кількості підготовлених спеціалістів є критично важливою умовою. Недостатність кадрових ресурсів у таких умовах обмежує здатність підприємств швидко нарощувати обсяги робіт і брати участь у масштабних проєктах [150].

Поряд із кількісним дефіцитом персоналу важливою проблемою є структурний дисбаланс кваліфікацій. Він проявляється у невідповідності між потребами підприємств у певних спеціалістах і фактичною структурою наявного персоналу. Наприклад, підприємство може мати достатню кількість робітників загальнобудівельних спеціальностей, але відчувати гостру нестачу інженерів, технологів, проєктувальників або спеціалістів, здатних працювати з сучасними цифровими та індустріальними технологіями. Цей дисбаланс частково пов’язаний із зміною характеру будівельного виробництва. Сучасні тенденції розвитку галузі передбачають більш активне використання індустріальних підходів, автоматизацію процесів, впровадження стандартизованих конструкцій та префабрикованих систем. Це вимагає нових компетенцій, яких не завжди достатньо у традиційно сформованих колективах будівельних підприємств. У результаті виникає ситуація, коли підприємство формально забезпечене персоналом, але не має достатньої кількості спеціалістів потрібного профілю. Це ускладнює впровадження нових технологій, знижує ефективність організації виробничих процесів і обмежує можливості розвитку. Дисбаланс кваліфікацій також може призводити до нерівномірного розподілу навантаження між працівниками, зростання кількості помилок і зниження якості виконання робіт.

Ще одним аспектом цієї проблеми є недостатній рівень підготовки молодих спеціалістів, які лише починають свою професійну діяльність. Підприємства змушені витрачати час і ресурси на їх додаткове навчання та адаптацію до реальних умов виробництва. Це, з одного боку, є необхідною інвестицією у майбутній розвиток, але з іншого – створює тимчасові обмеження у забезпеченні стабільності виробничих процесів.

Кадрові проблеми мають системний характер і впливають на всі аспекти діяльності будівельного підприємства. Відтік спеціалістів знижує загальний рівень професійного досвіду, ускладнює виконання складних робіт і підвищує залежність підприємства від окремих ключових працівників. Дисбаланс кваліфікацій, у свою чергу, обмежує можливості впровадження нових

технологій, переходу до індустріальних форм будівництва та підвищення ефективності організації виробничих процесів.

У контексті формування економічної спроможності ці фактори визначають здатність підприємства забезпечувати стабільність своєї діяльності в довгостроковій перспективі. Підприємство, яке має обмежені кадрові ресурси або не може забезпечити відповідність кваліфікацій сучасним вимогам, стикається з труднощами у виконанні великих проєктів, дотриманні термінів і підтриманні необхідної якості робіт.

Кадрові обмеження також безпосередньо пов’язані з іншими складовими економічної спроможності. Наприклад, недостатність кваліфікованих працівників може знижувати ефективність використання технічної бази, ускладнювати управління виробничими процесами та впливати на фінансові результати підприємства. Таким чином, кадровий фактор виступає одним із ключових елементів, що формує загальний рівень спроможності підприємства до функціонування та розвитку.

Узагальнюючи, можна зазначити, що відтік спеціалістів і дисбаланс кваліфікацій створюють суттєві обмеження для розвитку будівельних підприємств і знижують їх можливості адаптуватися до нових умов діяльності. Саме тому кадрова складова є невід’ємною частиною структури економічної спроможності, а її врахування є необхідною умовою формування комплексної моделі оцінювання, яка дозволяє адекватно відображати реальні можливості підприємств у сучасних умовах.

Управлінська складова є одним із системоутворюючих елементів економічної спроможності будівельного підприємства, оскільки саме вона визначає здатність підприємства ефективно організовувати діяльність, приймати обґрунтовані рішення, реагувати на зміни зовнішнього середовища та координувати взаємодію між різними підсистемами. Навіть за наявності достатніх фінансових, виробничих і кадрових ресурсів слабка система управління може суттєво знижувати загальний рівень спроможності підприємства та обмежувати його можливості розвитку.

У сучасних умовах, які характеризуються високим рівнем невизначеності, динамічними змінами на ринку будівництва, потребою швидкої перебудови виробничих процесів та зростанням ролі індустріальних технологій, управлінський фактор набуває особливого значення. Підприємства змушені діяти в середовищі, де змінюються умови фінансування, структура попиту, вимоги до якості та швидкості будівництва, формуються нові формати організації робіт, пов’язані з відновленням житлового фонду, розвитком соціального житла та впровадженням префабрикованих рішень. У цих умовах ключовими управлінськими обмеженнями, що впливають на економічну спроможність будівельних підприємств, виступають низький рівень адаптації до нових умов та слабка стратегічна гнучкість. Ці фактори часто мають прихований характер, проте їх вплив на результати діяльності є системним і довготривалим.

Однією з найбільш характерних проблем управлінського характеру є недостатня здатність підприємств швидко пристосовуватися до змін у зовнішньому середовищі. Це може проявлятися у повільному реагуванні на зміни попиту, складнощах із переходом на нові формати організації робіт, затримках у впровадженні нових технологій або труднощах у перебудові внутрішніх процесів.

Будівельна галузь традиційно відзначається значною інерційністю, оскільки її діяльність пов’язана з довготривалими проєктами, складними виробничими процесами та значними матеріальними витратами. У результаті управлінські структури підприємств часто орієнтовані на стабільні умови функціонування і можуть бути недостатньо підготовленими до роботи в умовах швидких змін. У сучасних реаліях підприємства змушені адаптуватися до нових підходів до організації будівництва, пов’язаних із більш широким використанням індустріальних технологій, стандартизованих рішень, цифрових інструментів управління та більш жорстких вимог до термінів виконання робіт. Низький рівень адаптації до таких змін призводить до того,

що підприємства втрачають можливості для участі у нових проєктах або не можуть ефективно реалізовувати їх.

Особливо це помітно в умовах реалізації масштабних програм відновлення житлової інфраструктури, де ключовими факторами стають швидкість, координація та здатність працювати в нових форматах. Підприємства, які не можуть швидко перебудувати свої управлінські процеси, стикаються з труднощами у плануванні, організації робіт та взаємодії з партнерами. У результаті знижується їх загальна економічна спроможність і здатність ефективно використовувати наявні ресурси [151].

Тісно пов'язаною з проблемою адаптації є недостатня стратегічна гнучкість підприємств. Вона проявляється у відсутності чітко сформованих довгострокових орієнтирів розвитку, обмеженій здатності переглядати пріоритети діяльності та труднощах у прийнятті рішень щодо зміни напрямів роботи. У багатьох випадках управління на будівельних підприємствах зосереджене на вирішенні поточних виробничих завдань, тоді як стратегічне планування має фрагментарний характер. Це призводить до того, що підприємства реагують на зміни зовнішнього середовища переважно ситуативно, без системного бачення майбутнього розвитку. У короткостроковій перспективі такий підхід може забезпечувати відносну стабільність, проте в довгостроковому періоді він знижує конкурентні можливості та обмежує потенціал зростання.

Слабка стратегічна гнучкість проявляється також у труднощах із переходом до нових сегментів ринку. Наприклад, участь у програмах будівництва соціального житла або впровадження префабрикованих технологій потребує перегляду організаційних підходів, інвестицій у нове обладнання, змін у структурі виробництва та підготовки персоналу. Підприємства, які не мають достатнього рівня стратегічної гнучкості, часто не готові до таких змін або приймають відповідні рішення із запізненням.

Крім того, слабка стратегічна гнучкість ускладнює управління ризиками. У нестабільному середовищі здатність передбачати можливі зміни

та заздалегідь формувати альтернативні сценарії розвитку стає важливою умовою забезпечення економічної спроможності. Відсутність такого підходу підвищує залежність підприємства від зовнішніх факторів і знижує його здатність ефективно реагувати на кризові ситуації [152]. Управлінські обмеження мають комплексний характер і впливають на всі інші складові економічної спроможності підприємства. Низький рівень адаптації до нових умов ускладнює впровадження сучасних технологій, знижує ефективність використання виробничих ресурсів і обмежує можливості розширення діяльності. Слабка стратегічна гнучкість, у свою чергу, знижує здатність підприємства визначати перспективні напрями розвитку, формувати довгострокові цілі та ефективно управляти змінами.

Ці фактори особливо важливі в умовах структурних трансформацій будівельної галузі, коли підприємствам необхідно не лише підтримувати поточну діяльність, але й активно адаптуватися до нових форм організації будівництва, інтегруватися у складні логістичні системи, працювати в умовах обмежених ресурсів і високої конкуренції. У таких умовах саме управлінська спроможність визначає, наскільки ефективно підприємство може використовувати наявні ресурси та реалізовувати свій потенціал. Таким чином, низький рівень адаптації до нових умов і слабка стратегічна гнучкість формують суттєві управлінські обмеження, які знижують загальний рівень економічної спроможності будівельних підприємств. Їх урахування є необхідним для формування комплексної системи оцінювання, оскільки саме управлінський фактор часто визначає здатність підприємства функціонувати в умовах невизначеності, ефективно реагувати на зміни та забезпечувати стабільний розвиток у довгостроковій перспективі [153].

У структурі економічної спроможності будівельного підприємства логістично-організаційна складова відіграє дедалі важливішу роль, особливо в умовах трансформації галузі та переходу до більш індустріалізованих форм будівництва. Сучасні підходи до реалізації будівельних проєктів передбачають високий рівень координації між учасниками процесу,

стабільність постачання матеріалів і конструкцій, інтеграцію з виробничими підприємствами та ефективне управління матеріальними потоками.

У контексті масштабного відновлення житлового фонду, розвитку соціального житла та впровадження префабрикованих рішень значення логістично-організаційного фактору суттєво зростає. Будівництво дедалі більше залежить від взаємодії з промисловими виробництвами, що виготовляють конструктивні елементи, від стабільності транспортних систем і від здатності підприємств працювати у складних коопераційних ланцюгах. У таких умовах логістичні та організаційні обмеження можуть стати одним із ключових стримуючих чинників розвитку підприємств і суттєво впливати на їх економічну спроможність [154].

Серед найбільш характерних проблем цього блоку можна виділити складність інтеграції з індустріальними виробництвами та високу залежність від імпорту окремих матеріалів, конструкцій і технологічних компонентів. Обидва фактори мають системний характер і безпосередньо впливають на здатність підприємств забезпечувати безперервність виробничих процесів і адаптуватися до нових форматів організації будівництва.

Однією з ключових тенденцій розвитку сучасної будівельної галузі є поступовий перехід від традиційного «мокрого» будівництва до більш індустріалізованих підходів. Це передбачає широке використання готових конструктивних елементів, модульних систем, заводського виготовлення будівельних компонентів, що згодом доставляються на будівельний майданчик і монтуються в стислі терміни. Такий підхід є особливо актуальним у реалізації програм масового житлового будівництва та відновлення пошкодженої інфраструктури, де ключовими стають швидкість, стандартизація та масштабованість процесів [155].

Проте інтеграція будівельних підприємств у систему індустріального виробництва є складним організаційним завданням. Вона потребує високого рівня координації між різними учасниками: виробниками конструкцій, транспортними компаніями, проєктними організаціями та безпосередніми

виконавцями будівельних робіт. Будь-які збої на одному з етапів можуть порушити весь виробничий цикл.

Для підприємств, які тривалий час працювали у традиційному форматі, перехід до роботи з індустріальними виробництвами пов'язаний із необхідністю зміни організаційних підходів. Потрібна точніша синхронізація графіків робіт, більш жорстке дотримання термінів, підвищення рівня планування та координації. У багатьох випадках це вимагає перебудови управлінських процесів, впровадження нових методів організації праці та зміни взаємодії між підрозділами.

Складність інтеграції може проявлятися у відсутності досвіду роботи з індустріальними системами, недостатньому рівні стандартизації процесів, складнощах у погодженні технічних рішень або проблемах комунікації між різними учасниками проєкту. У результаті підприємства можуть не повністю використовувати потенціал індустріального будівництва або уникати участі в таких проєктах, що обмежує їх можливості розвитку [156].

Особливо це стосується використання префабрикованих рішень, де важливе значення має точність виконання робіт, дотримання технологічних стандартів і висока організаційна дисципліна. Недостатня інтеграція з виробничими підприємствами ускладнює перехід до такого формату будівництва та знижує рівень логістично-організаційної готовності підприємства.

Іншою важливою проблемою, що впливає на логістично-організаційну спроможність будівельних підприємств, є залежність від імпортних матеріалів, обладнання та конструктивних елементів. У багатьох випадках сучасні будівельні технології передбачають використання спеціалізованих матеріалів, інженерних систем або обладнання, які не виробляються у достатньому обсязі на внутрішньому ринку або мають обмежену доступність.

Залежність від імпорту створює додаткові ризики, пов'язані з нестабільністю постачання, зміною валютних курсів, логістичними труднощами та адміністративними бар'єрами. Затримки у постачанні можуть

призводити до порушення графіків будівництва, збільшення витрат і необхідності перегляду технічних рішень. У результаті підприємства змушені працювати в умовах підвищеної невизначеності та адаптувати свої виробничі плани до зовнішніх факторів. Крім того, залежність від імпортних ресурсів ускладнює довгострокове планування діяльності. Підприємства не завжди можуть точно прогнозувати вартість матеріалів або терміни їх постачання, що впливає на формування кошторисів і управління витратами. Це особливо важливо у випадку реалізації соціальних будівельних проєктів, де бюджетні обмеження є більш жорсткими, а відхилення від запланованих витрат можуть мати суттєві наслідки.

У контексті індустріального будівництва залежність від імпорту може стосуватися також окремих технологічних рішень, обладнання для виробництва конструкцій або спеціалізованих комплектуючих. Це обмежує швидкість впровадження нових технологій і робить підприємства більш уразливими до зовнішніх змін.

Логістично-організаційні обмеження мають системний характер і впливають на здатність підприємства ефективно організовувати свою діяльність у складному кооперaційному середовищі. Складність інтеграції з індустріальними виробництвами знижує можливості підприємств використовувати сучасні технологічні підходи, у тому числі префабриковані системи, що є важливими для швидкого та масштабного будівництва. Залежність від імпорту, у свою чергу, підвищує рівень невизначеності, ускладнює планування і створює додаткові фінансові ризики.

У сучасних умовах будівельне підприємство вже не функціонує як ізольована структура, а є частиною складної мережі взаємопов’язаних учасників. Ефективність його діяльності значною мірою залежить від здатності координувати взаємодію з партнерами, забезпечувати стабільність постачання та швидко адаптуватися до змін у логістичних процесах. Отже, логістично-організаційні фактори формують важливий блок обмежень, що впливають на загальний рівень економічної спроможності будівельних

підприємств. Їх урахування дозволяє більш повно оцінити реальні можливості підприємства щодо участі у масштабних будівельних програмах, впровадження індустріальних технологій та забезпечення стабільної діяльності в умовах динамічного та складного зовнішнього середовища.

Таким чином, економічна спроможність будівельного підприємства формується під впливом сукупності взаємопов'язаних обмежень фінансового, виробничого, кадрового, управлінського та логістично-організаційного характеру. Обмежений доступ до капіталу, ризики неплатежів і нестабільність доходів ускладнюють підтримання фінансової рівноваги та стримують інвестиційну активність підприємств [333]. Зношеність технічної бази, нестача матеріалів і нестабільність ланцюгів постачання знижують їх виробничі можливості та здатність працювати в умовах зростаючих обсягів будівництва. Водночас відтік спеціалістів і дисбаланс кваліфікацій обмежують кадровий потенціал, а низький рівень адаптації до нових умов і недостатня стратегічна гнучкість ускладнюють ефективне управління розвитком підприємств. Додатково складність інтеграції з індустріальними виробництвами та залежність від імпорту формують логістично-організаційні ризики, які впливають на стабільність реалізації будівельних проєктів [157, 158].

У сукупності зазначені проблеми мають системний характер і визначають реальні межі функціонування та розвитку підприємств у сучасних умовах. Саме їх комплексний вплив обґрунтовує необхідність структурного розгляду економічної спроможності за окремими блоками та формування інтегрального підходу до її оцінювання, що дозволяє більш повно відобразити здатність будівельних підприємств забезпечувати стабільну діяльність, адаптуватися до змін і брати участь у реалізації масштабних програм будівництва та відновлення житлової інфраструктури [159].

Проведений аналіз показав, що сучасні умови функціонування будівельних підприємств характеризуються зростаючою складністю, багатофакторністю та високим рівнем невизначеності, що істотно впливає на процес формування та реалізації управлінських рішень. Традиційні підходи до

оцінювання діяльності підприємств, які базуються переважно на використанні окремих фінансових показників і фрагментарному аналізі окремих аспектів діяльності, не дозволяють повною мірою відобразити реальний рівень їх економічної спроможності та готовності до розвитку.

Встановлено, що сучасний стан будівельної галузі формує нові вимоги до підприємств, пов’язані з необхідністю підвищення логістичної готовності, інтеграції з індустріальними виробництвами, забезпечення ефективної управлінської координації та здатності до технологічної адаптації. Умови реалізації масштабних програм відновлення житлового фонду та розвитку соціального будівництва додатково підсилюють значення цих факторів, що потребує перегляду підходів до оцінювання діяльності підприємств і підтримки стратегічних рішень.

Доведено, що використання лише окремих показників не забезпечує цілісного бачення стану підприємства, ускладнює порівняння альтернативних варіантів розвитку та не враховує вплив невизначеності. Відсутність інтегральної оцінки та недостатня увага до якісних і експертних характеристик діяльності обмежують можливості формування обґрунтованих управлінських висновків.

У зв’язку з цим обґрунтовано доцільність переходу до комплексного підходу, який передбачає врахування багатофакторності діяльності підприємства, поєднання кількісних і якісних оцінок, використання експертної інформації та можливість аналізу альтернативних сценаріїв розвитку. Такий підхід створює передумови для формування системної моделі оцінювання економічної спроможності як інтегральної характеристики, що відображає фінансові, виробничі, кадрові, управлінські та логістично-організаційні можливості підприємства.

Як методологічну основу для реалізації зазначеного підходу обґрунтовано використання інтегрованої системи методів, яка поєднує нечітко-логічне моделювання, багатокритеріальний аналіз та імітаційне моделювання. Нечітко-логічні інструменти забезпечують формування

інтегральних індексів на основі поєднання кількісних і якісних показників, багатокритеріальні методи дозволяють використовувати ці індекси для обґрунтування стратегічних альтернатив, а імітаційне моделювання забезпечує оцінку стійкості прийнятих рішень в умовах невизначеності [357].

Таким чином, сформовано теоретико-аналітичне підґрунтя для подальшого розроблення інтегрованої моделі оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств та підтримки управлінських рішень. Визначені обмеження традиційних підходів, окреслені нові вимоги до підприємств і обґрунтована необхідність використання комплексної методології створюють логічну основу для переходу до розроблення відповідного інструментарію в наступних розділах дослідження.

2.2. Еволюція державної житлової політики в країнах Західної Європи: історичний досвід та сучасні підходи.

Ґрунтовні зміни в житловому секторі Англії стали одним із наслідків промислової революції, що розпочалася у XIX столітті. Можливість отримати роботу спричинила масову міграцію населення із сільських територій до міст. Нові мешканці формували попит на дешеве житло, що, у свою чергу, призвело до появи численних приватних інвесторів. Прагнучи швидкого прибутку, вони почали масово будувати орендні будинки з дуже низьким рівнем якості. Житлові умови більшості новоприбулих не відповідали навіть базовим нормам, особливо з санітарної точки зору. Це стало однією з головних причин поширення інфекційних хвороб, зокрема епідемії холери 1831 року в одному з найбідніших районів Лондона – Вайтчепелі [160].

Як альтернатива субстандартному орендному житлу, з середини XIX століття почали з’являтися квартири кращої якості, які будували благодійні організації та філантропи. Поступово до вирішення житлової проблеми почали долучатися і органи місцевої влади великих міст, намагаючись покращити умови проживання робітничого населення та зменшити соціальну напруженість. Таким чином, соціальне житло виникло не лише як

архітектурний чи економічний феномен, а як відповідь на серйозні санітарні та суспільні виклики індустріальної епохи.

Структура домогосподарств за типами проживання в Англії у 1918–2018 роках характеризувалася значною динамікою змін. У 1918 році країна фактично не мала державного сектору орендного житла. Понад три чверті населення орендували помешкання у приватному секторі, тоді як решта проживала у власних будинках або квартирах. З огляду на масштаби проблеми, держава вирішила активно втрутитися та створити систему громадського житлового фонду соціального призначення. Починаючи з 1919 року, відповідальність за формування таких ресурсів було покладено на органи місцевого самоврядування, які залишалися головними постачальниками соціального житла у Великій Британії протягом майже всього XX століття та на початку XXI століття [161].

Після Першої світової війни місцева влада розпочала масштабне будівництво двох типів соціального житла. Перший тип становили квартири нижчого стандарту, призначені для домогосподарств із низькими та середніми доходами. Другий – житло вищої якості, розраховане на сім'ї з дещо стабільнішим матеріальним становищем. Фінансування таких проєктів здійснювалося за рахунок місцевих бюджетів із використанням державних дотацій. У результаті вже до 1939 року близько 10% усіх домогосподарств проживали у соціальному житлі.

Справжнє зростання масштабів муніципального будівництва відбулося після Другої світової війни, коли потреба у житлі різко збільшилася через воєнні руйнування та демографічні зміни. У цей період соціальне житло поступово стало одним із ключових інструментів державної політики, спрямованої на стабілізацію міського розвитку, покращення умов проживання та підтримку населення. Водночас закладалися основи тієї системи масового житлового будівництва, яка в наступні десятиліття суттєво вплинула на вигляд британських міст і соціальну структуру їхніх районів [162].

Англія у воєнний і післявоєнний період стає світовим авторитетом у сфері просторового планування. Через ранні масовані бомбардування у 1940–1941 роках процес відбудови розпочинається ще під час війни. Важливим чинником, який сформував повоєнний підхід до планування, стало також різке падіння ринку нерухомості. Воно відкрило шлях до масштабного державного планування, адже до війни саме сильний і впливовий ринок нерухомості часто стримував впровадження нових містобудівних ідей [163, 164].

Активне державне планування призвело до того, що процес реконструкції та перепроєктування охопив не лише зруйновані бомбардуваннями міста. Воєнні й повоєнні плани відбудови були сміливими, подекуди радикальними, і значною мірою не обмежувалися правами приватної власності чи іншими адміністративними бар'єрами. Водночас не всі міста наважувалися реалізовувати найбільш новаторські концепції. Лише прийняття закону про міське та сільське планування 1947 року створило повноцінну правову основу для впровадження масштабних програм відбудови та розвитку.

Після війни житлова ситуація в Англії була надзвичайно складною: приблизно один мільйон житлових приміщень було знищено або серйозно пошкоджено. Опитування, проведене перед виборами 1945 року, показало, що чотири з десяти громадян вважали житлове будівництво найважливішою сферою, у якій уряд повинен діяти першочергово. Як і після Першої світової війни, питання житла залишалося у віданні Міністерства охорони здоров'я (до 1950 року), що пояснює особливо велику увагу до стандартів проживання. Попри гострий дефіцит житла, влада не дозволяла будівництво об'єктів з пониженими стандартами. Навпаки, було підвищено мінімальні вимоги до площі: для трикімнатного житла встановлено мінімум близько 84 м² [165, 166].

Жорстко визначені стандарти якості стали підставою для критики державної житлової програми. Частина суспільства вважала, що в умовах дефіциту потрібно обирати кількість, а не якість. Проте з часом стало очевидно, що високий рівень будівництва тих років забезпечив довготривалу

експлуатаційну цінність житла. Багато мешканців і сьогодні позитивно оцінюють квартири, зведені у той період, тоді як будинки, збудовані пізніше з відступом від стандартів, часто мають гіршу репутацію. Це показує, що орієнтація на якість у довгостроковій перспективі може бути більш ефективною соціальною інвестицією, ніж швидке, але спрощене будівництво.

Значну увагу приділяли соціальній різноманітності нових житлових районів. Просувалася ідея формування змішаних спільнот, у яких поруч проживають люди різних професій і соціальних груп. Такий підхід сприймався як природний, адже традиційно в англійських поселеннях поряд жили лікар, садівник, м'ясник і сільськогосподарський працівник. У житловій програмі 1949 року навіть заборонили використовувати формулювання «житловий комплекс для робітничого класу», щоб уникнути створення соціально однорідних районів і запобігти просторовій сегрегації населення [167].

Поступово багатоквартирне житло почало витісняти індивідуальні будинки. У період між 1945 і 1951 роками було збудовано понад тринадцять тисяч квартир і лише кілька десятків окремих будинків. Така тенденція відповідала модерністській архітектурній парадигмі, яка в той час набувала практичного поширення, а також узгоджувалася з державною політикою стримування територіального розростання міст. Йшлося про контрольовану урбанізацію та раціональне використання земельних ресурсів.

Зміна планувальної парадигми разом із масштабними воєнними руйнуваннями призвели до того, що великі міські агломерації потребували комплексних стратегій розвитку. Втома суспільства від перенаселених і санітарно небезпечних нетрів була настільки сильною, що воєнні руйнування фактично доповнювалися свідомими післявоєнними знесеннями старих кварталів. Це робилося для створення нової якості життя і формування сучасного міського середовища.

У цей період в Англії з'являються два містобудівні плани, які мали значний вплив на подальший розвиток урбаністики: план реконструкції Ковентрі та план розвитку Лондона. Основою концепції розвитку Великого

Лондона стала ідея децентралізації – перенесення частини населення і промисловості до міст-супутників. Місто мало бути оточене «зеленим поясом», який стримував би хаотичне розростання забудови, а транспортна система підлягала глибокій модернізації, зокрема шляхом створення багаторівневих транспортних розв'язок. Такий підхід поєднував соціальні, екологічні та просторові цілі, закладаючи основу для довгострокового сталого розвитку міського середовища [168, 169].

План передбачав формування чотирьох основних моноцентричних поясів із різними принципами функціонального використання території:

– внутрішній міський пояс;
– пояс передмість із нижчою щільністю населення;
– зелений пояс;
– зовнішній пояс, призначений для розвитку міст-супутників.

Внутрішній міський пояс був зоною найбільших змін та інвестицій, що детально описувалися в плані розвитку центральної частини Лондона, підготовленому ще під час війни. Цю територію поділили на три зони з різною щільністю населення. План також передбачав зміну традиційної моделі проживання. Історичну квартальну забудову пропонувалося замінити модерністською структурою з багатоповерховими будинками, розташованими серед зелених насаджень. Одночасно закладалася ідея чіткого розмежування автомобільного руху та житлового середовища: вулиці планувалося прокладати в зелених коридорах, у виїмках або на естакадах, щоб мінімізувати шум і підвищити безпеку [170–172].

План регіонального розвитку розглядався як перехідний. Уже в 1946 році спеціальний закон санкціонував створення восьми нових міст, а закон про міське та сільське планування 1947 року визначив правові механізми та інструменти, необхідні для практичної реалізації просторових стратегій. Головна ідея нових міст полягала у їхній самодостатності. Передбачалося, що в межах одного поселення мають бути забезпечені житло, робочі місця, торгівля, послуги та громадські функції. Промислові території чітко

відокремлювалися від житлових, а соціальна структура мала бути різноманітною – із поєднанням різних професійних і економічних груп. Особливу увагу приділяли формуванню якісних громадських просторів і створенню умов для локального працевлаштування, щоб зменшити маятникову міграцію. Попри амбітність задуму, розвиток нових міст відбувався досить повільно, і вже на початку 1950-х років ця політика зазнала серйозної критики через обмежені темпи реалізації. Перебудова зруйнованих війною територій поєднувалася з продовженням програм ліквідації нетрів, що дозволяло реконструювати цілі міські райони комплексно. Хоча плани відновлення почали розробляти ще з 1941 року, лише у 1952 році було прийнято закон, який створив реальні інструменти для їх повноцінного втілення [173].

Для територій, що підлягали відбудові, передбачали значно більшу щільність забудови, ніж у нових містах. Це стимулювало пошук більш експериментальних і новаторських архітектурних рішень. Найбільш показовими стали проєкти реконструкції окремих районів Лондона, зокрема житлові комплекси, реалізовані з другої половини 1940-х років, а також один із найбільш інноваційних районів початку 1950-х років. Вони поєднували рядову забудову, низько- та середньоповерхові будинки, організовані в сусідські одиниці з повним соціальним забезпеченням, включаючи громадські служби, освітні заклади, торгові простори та криті ринки [174]. Такі проєкти стали прикладом переходу від фрагментарної забудови до системного формування житлового середовища, у якому житло розглядалося не лише як фізична структура, а як елемент соціальної інфраструктури та повсякденного життя міста.

Попри новаторський підхід до вирішення житлової проблеми, загальна оцінка повоєнних досягнень у сфері житлового будівництва в Англії залишається радше стриманою. Окрім очевидних труднощів післявоєнного періоду, значною мірою на це вплинуло недостатнє організаційне й управлінське підготовлення більшості органів місцевого самоврядування до

реалізації масштабних програм будівництва. Відбувся майже повний відхід від попередньої практики індивідуального житлового будівництва: приблизно 80% нового житла тепер мали зводити муніципалітети, а для будівництва приватного будинку необхідно було отримати спеціальну ліцензію. Місцева влада часто не мала достатнього досвіду та ресурсів для виконання таких завдань.

Крім того, житлова політика післявоєнного уряду була переважно зосереджена на кількісному нарощуванні житлового фонду. Водночас майже не існувало процедур і механізмів, пов'язаних з обслуговуванням і поступовим старінням уже збудованого житла. Ще однією проблемою стало виразно патерналістське ставлення органів влади до житлового питання: процеси планування і будівництва практично не передбачали діалогу з мешканцями та участі громади в ухваленні рішень. Наслідки такого підходу стали помітними лише з часом, коли зросла дистанція між планувальниками і реальними потребами населення.

Після перемоги консерваторів на виборах 1951 року житлова політика зазнала помітних змін. Одним із ключових елементів нової стратегії стала ідея формування «демократії власників нерухомості». Передбачалося відновити значення приватного житла і повернути частину відповідальності за будівництво та ремонт будинків приватному сектору. Було заплановано, що приблизно половина новозбудованих квартир надходитиме у продаж. У 1957 році ухвалено закон, який спростив процедури виселення небажаних або проблемних орендарів і частково лібералізував орендні ставки. Це робилося для стимулювання приватних інвестицій у житловий сектор.

У сфері муніципального житла поступово почало домінувати кількісне мислення. Нові нормативні акти зменшили мінімальні площі квартир і послабили вимоги до стандартів, що дало змогу пришвидшити темпи будівництва. Було створено нову планувальну структуру при міністерстві, забезпечено підтримку підрядників, а також сформовано регіональні ради за участю представників роботодавців, профспілок, місцевої влади та державних

службовців. Уже в 1953 році вдалося досягти поставленої мети – будівництва 300 тисяч житлових одиниць на рік.

Провідною формою субсидованого житлового будівництва стали багатоповерхові будинки типу high-rise. Широке поширення отримала ідея недорогого індустріального будівництва з використанням збірних конструкцій, а також створення широких транспортних магістралей замість вузьких традиційних вулиць. З 1955 року саме висотні будинки почали отримувати підвищені державні субсидії. Водночас зберігалася політика стримування територіального розширення міст: компактність забудови, боротьба з неконтрольованим розростанням передмість і збереження зелених поясів залишалися ключовими пріоритетами.

Мешканці заможніших передмість часто негативно ставилися до розміщення муніципального житла поблизу своїх районів, не бажаючи сусідства, яке вважалося соціально проблемним. У результаті місцеві органи влади були змушені будувати нові житлові комплекси переважно в центральних частинах міст. Це призводило до високої щільності забудови та стало ще одним чинником поширення висотних житлових масивів. Окрім того, політика утримання населення у центральних районах була зручною і з адміністративної точки зору: переселення людей до нових міст означало б втрату платників податків і державного фінансування.

У 1960-х роках, після десятирічної перерви, було заплановано створення ще тринадцяти нових міст. Вони були більшими за ті, що виникли у 1940-х роках, і, подібно до передмість Парижа, інтегрували вже існуючу міську тканину. Рішення про їхнє будівництво ґрунтувалося на прогнозах економічного зростання та збільшення чисельності населення. Просторова структура цих міст спиралася на модифіковану концепцію сусідської одиниці, адаптовану до активного використання автомобільного транспорту: з’являлися підміські торгові центри, а рух транспорту і пішоходів чітко розмежовувався. Найвідомішим містом другої хвилі стало Мілтон-Кінс, яке

часто наводять як приклад планованого урбаністичного експерименту другої половини XX століття [175].

Політика знесення старої забудови та її подальшої реконструкції охопила практично всі британські міста. Часто зносили значно більше будівель, ніж це було об'єктивно необхідно. Орієнтація на швидке введення в експлуатацію великої кількості житла призводила до поспіху у будівництві. Роботи виконувалися у великих масштабах, але без належного контролю якості. Індустріалізовані методи будівництва часто були технічно недопрацьованими, а якість виконання відходила на другий план. Збірні панелі нерідко не забезпечували належної теплоізоляції, а системи опалення виявлялися дорогими та неефективними. Інколи будівельні компанії, які просували індустріальні технології, співпрацювали з місцевою владою та впливали на планування житлових районів, змінюючи їхню структуру з огляду на зручність масового виробництва, а не потреби мешканців. Єдиним беззаперечним досягненням була масштабність будівництва: у 1967 році було зведено близько 370 тисяч житлових одиниць.

Однак уже через рік після досягнення цього рекордного показника настав переломний момент, який змінив ставлення до індустріального житлового будівництва. У 22-поверховому будинку, зведеному за збірною технологією, стався вибух газу, що спричинив часткове руйнування конструкції. Після цього подальший розвиток висотної житлової забудови сповільнився, а система державних субсидій перестала надавати перевагу будівництву багатоповерхових будинків. Вже у 1970-х роках з'явилася проблема так званого «важкого для заселення» житла: навіть у містах із довгими списками очікування на соціальні квартири частина помешкань у висотних будинках залишалася порожньою. Такі житлові комплекси почали піддаватися масштабній критиці.

У 1969 році новий закон про житло ознаменував чергову зміну політики: замість масового знесення пріоритетом стала реабілітація та модернізація існуючої забудови. Нова стратегія була пов'язана також із розвитком системи

охорони історичної спадщини. На межі 1960–1970-х років відкрито визнавали, що нові міста, нові центри та масштабна державна житлова забудова не користуються популярністю серед населення. Навіть прихильники великих житлових комплексів почали зазначати, що такі середовища не завжди підходять для життя сімей із малими дітьми.

Парадоксально, але політика відновлення старої забудови знову призвела до знесень – тепер уже повоєнних житлових масивів. Одним із перших прикладів стало знесення показового житлового комплексу кінця 1930-х років у місті Лідс, що відбулося лише через кілька десятиліть після його спорудження. Відтоді негативне ставлення до багатоповерхових житлових районів частково сформувалося і під впливом суспільних настроїв та популярної соціальної критики. При цьому часто забувалося, що нетрі, які вони замінили, були значно гіршим середовищем для проживання.

Проблеми соціального характеру у великих житлових комплексах не можна повністю пояснити лише недоліками проєктів або матеріалів, хоча ці чинники справді мали значення. Значну роль відіграло і неефективне управління. Органи місцевої влади виявилися не готовими до експлуатації великих житлових масивів. Такі райони створювали нові виклики: технічні системи, зокрема ліфти та домофони, потребували постійного обслуговування; переселені мешканці не встигали сформувати стабільні локальні спільноти; простори між будинками часто залишалися без належного контролю. Нові форми житлового середовища вимагали нових моделей управління, які не були вчасно розроблені.

Соціальні проблеми у великих житлових комплексах були також пов’язані зі змінами у житловій політиці. До 1960-х років мешканці муніципального житла були досить різноманітними за соціальним і матеріальним статусом. Проте наприкінці 1980-х років у таких будинках дедалі частіше проживали люди з низькими доходами або безробітні. До війни найбідніші верстви населення не могли дозволити собі житло навіть у державному секторі. Після війни для них були передбачені субсидії, однак

місцева влада довгий час контролювала заселення і не допускала концентрації соціально вразливих груп.

У 1970-х роках правила розподілу житла змінилися, і перевага почала надаватися саме найбіднішим верствам населення. З 1977 року, після ухвалення закону про бездомних, муніципальні житлові служби були зобов'язані займатися проблемою бездомності й не могли відмовити у житлі людям, які перебували у складних соціальних умовах. Унаслідок цього у межах одного житлового середовища почали поєднуватися групи з різними соціальними моделями поведінки, що іноді призводило до зниження загального рівня соціальної стабільності. Додатково ситуацію ускладнила економічна криза 1970-х років, яка спричинила втрату роботи багатьма мешканцями та прискорила процеси соціальної деградації окремих районів.

У міру зміни соціального складу населення ті, хто мав можливість, почали залишати муніципальне житло. Висотні житлові комплекси поступово здобули негативну репутацію, з'явилися проблеми з порожніми квартирами. Водночас стало зрозуміло, що будівництво лише малоповерхових комплексів також не є універсальним вирішенням проблеми. Існували приклади житлових районів середньої поверховості, які вже через кілька років після спорудження почали занепадати і згодом були знесені.

У результаті змін у житловій політиці Великої Британії, запроваджених у 2016 році, житлові асоціації отримали більшу свободу у визначенні тривалості договорів оренди соціального житла. Що стосується житлового фонду, який перебуває у власності органів місцевого самоврядування, довічну оренду було скасовано та замінено договорами на визначений строк – від 2 до 20 років. Крім того, було розширено дію програми «Right to Buy», тобто права викупу житла, яка стала доступною також для орендарів житлових асоціацій. Водночас такі організації повинні надати згоду на продаж житла, а різницю між ринковою ціною та пільговою вартістю покриває держава. Обов'язковою умовою є використання отриманих коштів повністю або частково на будівництво чи придбання нового соціального житла.

Житлові асоціації стали головними суб’єктами, відповідальними за будівництво нових соціальних квартир. Наприклад, лише у 2015 році вони ввели в експлуатацію приблизно 35 тисяч житлових одиниць, тоді як органи місцевого самоврядування збудували близько 2,7 тисячі квартир. Загалом це становило приблизно 22% від усієї кількості житла, введеного в експлуатацію того року.

Окрім соціального житла, в Англії функціонує також сегмент так званого доступного житла. Згідно з офіційним визначенням державних структур, до цієї категорії належать житлові приміщення, які можуть надаватися в оренду місцевою владою або зареєстрованими соціальними орендодавцями тим домогосподарствам, що не мають права на соціальне житло, але водночас не можуть самостійно задовольнити свої житлові потреби на відкритому ринку. Таке житло здається за помірними цінами та підлягає регулюванню орендної плати. Ставка оренди не повинна перевищувати 80% від середньої ринкової вартості на місцевому рівні [176].

Цей тип житла частково субсидується державою, яка покриває близько п’ятої частини інвестиційних витрат. На практиці більшість доступного житла забезпечують саме житлові асоціації. Окрім державних дотацій, вони отримують фінансування за рахунок продажу частини житлового фонду, а також через трансформацію окремих соціальних квартир у категорію доступного житла. За офіційними даними, у 2011–2018 роках було надано понад 166 тисяч квартир із доступною орендною платою. У період 2016–2021 років розвиток цього сектору здійснювався в межах державної програми підтримки спільної власності та доступного житла.

Дослідники зазначають, що для збалансування попиту і пропозиції в Англії необхідно щорічно вводити в експлуатацію приблизно 225–275 тисяч нових житлових одиниць. Однак фактичні обсяги будівництва залишалися нижчими: наприклад, у 2016 році було збудовано близько 141 тисячі квартир. У 2015 році в черзі на отримання соціального або доступного житла

перебувало приблизно 1,8 мільйона домогосподарств, що свідчить про значний масштаб проблеми [177].

Тривалий дефіцит житла призвів до суттєвого зростання цін на нерухомість і зниження її доступності для малозабезпечених верств населення. У 2016 році середня вартість житла перевищувала річний дохід працівника з повною зайнятістю приблизно у 7,7 раза, тоді як у 2002 році цей показник становив менше ніж п’ятикратний розмір середнього річного доходу. Одним із найгостріших наслідків такої ситуації стало зростання кількості бездомних: їхня чисельність збільшилася приблизно з 40 тисяч у 2009 році до 58 тисяч у 2015 році.

У ширшому контексті ці зміни показують, що навіть при значному обсязі житлового фонду ключовим фактором залишається не лише кількість квартир, а й їхня доступність, структура власності, рівень доходів населення та ефективність механізмів державної підтримки. Саме дисбаланс між цими елементами часто формує довготривалі проблеми на ринку житла, які складно вирішити лише за рахунок збільшення темпів будівництва.

За даними державної статистики, у 2017 році в *Німеччині* налічувалося близько 41,97 млн житлових одиниць, з яких приблизно 1,23 млн становили соціальні квартири (2,9%) [178]. Це відповідає одному з найвищих у Європі показників забезпеченості житлом – близько 507 квартир на 1000 жителів. Водночас Німеччина характеризується відносно низькою часткою власного житла та високою поширеністю орендного сектору. У 2014 році понад половину житлового фонду становили орендні квартири (близько 55%). Це пояснюється хорошим стандартом орендного житла, відсутністю соціального упередження до проживання в оренді, високим рівнем правового захисту наймачів, відносною доступністю орендних ставок та більшою мобільністю населення [179].

Після Другої світової війни країна зіткнулася з гострим дефіцитом житла через значні руйнування. Держава взяла на себе ключову роль у швидкому відновленні житлового фонду. У 1950 році було ухвалено перший житловий

закон, який визначав обсяги будівництва, стандарти житла та допустимий рівень орендної плати залежно від доходів мешканців.

У 1956 році було запроваджено нову модель: держава відійшла від ролі основного забудовника, але створила систему стимулів для залучення до соціального будівництва комунальних підприємств, кооперативів і приватних інвесторів. Вони могли отримувати пільгові кредити за умови, що протягом визначеного періоду здаватимуть житло як соціальне за регульованими ставками (зазвичай приблизно на 20% нижчими за ринкові). Після завершення періоду погашення кредитів такі квартири могли переходити до звичайного ринку оренди. Спочатку угоди укладалися на тривалий термін (до 40 років), пізніше цей період скоротився до 10–25 років.

Критерії доступу до соціального житла тривалий час були досить м’якими, тому ним могла користуватися значна частина населення. Лише з 2001 року правила посилилися, і право на соціальну оренду отримали переважно домогосподарства з найнижчими доходами.

У другій половині XX століття темпи житлового будівництва були дуже високими. У 1951–1985 роках щороку вводилося не менше 400 тисяч квартир, а в окремі періоди – понад 500 тисяч. Піковим став 1973 рік, коли було збудовано близько 810 тисяч житлових одиниць. Наприкінці 1980-х років темпи будівництва знизилися, але після об’єднання Німеччини знову зросли. У XXI столітті обсяги будівництва стабілізувалися на нижчому рівні.

Соціальний сектор відігравав важливу роль у розвитку житлового фонду. У 1950-х роках було зведено близько 5,2 млн квартир, із яких понад 60% отримали державні пільгові кредити. У 1960–1980-х роках кількість соціальних квартир досягла приблизно 4 млн. Надалі їхня частка поступово зменшувалася, оскільки після завершення терміну дії субсидій багато квартир переходили до ринкового сегмента, а інтерес до нових інвестицій у соціальне житло знижувався. З 2006 року відповідальність за житлову політику було передано федеральним землям, що також вплинуло на скорочення масштабів державної підтримки.

На відміну від практики, поширеної в багатьох інших країнах, у Німеччині орендарі соціального житла не мають права викупу квартири після покращення свого матеріального становища. При цьому високий стандарт орендних квартир і сильний правовий захист наймачів сприяють тому, що навіть домогосподарства з вищими доходами часто залишаються в орендному секторі. У результаті соціальне житло не зазнало стигматизації, а оренда залишається звичною формою проживання.

Німецька система також відзначається розвинутими механізмами захисту орендарів. Розірвання договору можливе лише у чітко визначених випадках, наприклад через несплату оренди, пошкодження майна або якщо власник потребує житло для власного користування. Підвищення орендної плати суворо регулюється: воно можливе лише за певних умов, пов’язаних із модернізацією житла або компенсацією витрат, і має чіткі обмеження за частотою та розміром.

Додатковим інструментом є система орієнтовних ставок оренди («дзеркало орендних цін»), яка використовується для контролю рівня цін у приватному секторі. Вона базується на порівнянні вартості оренди у конкретних районах із урахуванням характеристик житла та регулярно оновлюється. Домогосподарства з низькими доходами можуть отримувати не лише соціальне житло, а й житлову субсидію, яка частково покриває витрати на оренду. Цей механізм фінансується спільно федеральною владою та регіонами й використовується також для підтримки власників житла з низькими доходами.

Серед сучасних проблем німецького житлового ринку виділяють зростання вартості будівництва, що суттєво підвищило ціни на нове житло і сповільнило темпи його введення в експлуатацію. У великих містах це призвело до зростання орендних ставок і посилення різниці у витратах на житло між різними групами населення. Додатковий тиск на ринок створюють демографічні зміни, зростання населення та міграційні процеси, що посилює потребу в нових програмах підтримки соціального житла.

Франція належить до країн із високим рівнем забезпеченості житлом. За даними державної статистики, у 2018 році житловий фонд становив близько 35,3 млн квартир, тобто приблизно 528 квартир на 1000 мешканців [180]. Понад половина житла була у власності (57,8%), водночас значну частку становив соціальний найм (17,0%) і ринкова оренда (22,8%). Висока частка соціального сектору є наслідком політики 1950-х років, символом якої стала система житла з помірною орендною платою HLM, запущена у 1950 році.

Соціальне житло у Франції має кілька форм:

– житло HLM (будується та управляється як публічними, так і приватними структурами);

– приватні орендні квартири, власники яких отримують пільгові кредити та податкові стимули в обмін на здачу житла домогосподарствам з низькими доходами;

– житло кооперативів, що користувалися державною підтримкою.

У першій половині XX століття Франція переживала глибоку житлову кризу. Під час Другої світової війни було знищено близько 400 тис. квартир, ще приблизно 1,4 млн – серйозно пошкоджено. Проблеми існували й до війни через відсутність послідовної довгострокової житлової політики. Попри суспільний запит на державне втручання, після війни влада спершу робила ставку на економічне зростання, очікуючи, що індустріалізація стимулює приватні інвестиції у житло. Однак за умов демографічного підйому та швидкого зростання міського населення це призвело до поглиблення дефіциту: у 1953 році його оцінювали приблизно у 2 млн квартир, а якість значної частини житлового фонду залишалася низькою.

Починаючи з 1954 року Франція перейшла до активної житлової політики, заснованої на ідеї, що ринок сам не забезпечує балансу, тому держава має підтримувати соціальне будівництво. Такий масовий підхід дав швидкий кількісний ефект, але мав і побічні наслідки: на околицях міст сформувалися щільні багатоповерхові житлові масиви з недостатньою

соціальною інфраструктурою, що сприяло процесам просторової ізоляції та «геттоїзації».

Найбільше житла вводили в експлуатацію від середини 1950-х до кінця 1970-х років: щороку будували приблизно 400–500 тис. власницьких квартир і близько 100 тис. соціальних орендних. Загалом у 1945–1974 роках житловий фонд зріс із 14,4 млн до майже 21 млн квартир. У 1970-х роках соціальна житлова політика досягла піку, але згодом почалася диференціація сектора HLM та поступове посилення ринкової логіки, зокрема через зростання орендних ставок, що обмежувало доступ для менш забезпечених груп.

Від початку 1980-х років обсяги нового будівництва знижувалися через економічну нестабільність, високі відсоткові ставки та посилення контролю за орендою, що зменшувало привабливість інвестицій у приватний сектор найму. Попри це, продовжували вводити понад 300 тис. квартир на рік, з яких 50–70 тис. – соціальні. Найнижчі показники були у 1990-х (трохи більше 250 тис. на рік), а після 2000-х відбулося відновлення, і у 2005 році будівництво знову перевищило 400 тис. квартир. Обсяги соціального сектору при цьому коливалися незначно і здебільшого залишалися на рівні близько 50 тис. квартир на рік.

У 1977 році було ухвалено житловий закон, який реформував фінансування та посилив розвиток власницького житла. Державна підтримка в більшій мірі спрямовувалася до тих, хто мав капітал і міг інвестувати. Очікувалося, що перехід заможніших домогосподарств у власницький сектор збільшить пропозицію орендного житла. У результаті на межі 1970–1980-х частка власницького житла перевищила 50%, а структура житлового фонду надалі стабілізувалася: власність – приблизно 50–60%, приватний найм – близько 20%, соціальний найм – трохи менше, але теж значний.

У 1981–1994 роках стимулювали розвиток орендного житла в HLM через пільгові позики та субсидії, а з 1983 року спростили викуп соціальних квартир. Держава застосовувала низку фінансових інструментів підтримки набуття житла у власність. У 1990-х більший акцент зробили на оновленні та

реструктуризації міст, а з 1995 року знову активніше просували індивідуальне житлове будівництво за рахунок зменшення інвестицій у соціальний сектор, використовуючи премії та пільгові кредити, залежні від доходів.

У XXI столітті ринок нерухомості характеризувався зростанням цін і збільшенням частки інвестиційних покупок. Це ускладнило розширення власницького сегмента. Зростання орендних ставок стало особливо проблемним для молоді. Водночас доступ до соціального житла обмежувався низькою ротацією у фонді HLM при високому попиті та доволі ліберальних критеріях відбору (дохідний поріг був таким, що виключав лише невелику частку населення).

Попри наявні проблеми, право на житло залишається однією з ключових засад французької політики. Поряд із цим діє принцип свободи вибору житла, що вимагає різноманітної пропозиції. На законодавчому рівні для більшості громад встановлено вимогу мати частку соціального житла не нижче 20% загального фонду. При цьому французька система переважно централізована: основні рішення ухвалюються на державному рівні, а органи місцевого самоврядування мають насамперед функції планування та реалізації. З кінця XX століття запроваджувалися механізми співуправління та часткової децентралізації, однак загальна логіка збереглася як «центральне визначення пріоритетів – локальне виконання».

У 2013 році стартувала програма, орієнтована на будівництво 500 тис. квартир на рік, з яких 150 тис. – орендні. Вона включала податкові стимули для інвесторів, розширення земельної пропозиції, заходи проти тривалих пусток, перегляд житлових допомог, збільшення фінансування та екологічну модернізацію житлового фонду.

Загалом Франція демонструє модель, у якій держава зберігає значну роль, використовує широкий набір інструментів і підтримує різні форми забезпечення житлом малозабезпечених домогосподарств. Важливе місце в цій системі продовжує займати сектор HLM, а також високий рівень правового захисту орендарів.

Розвиток житлової політики в Англії, Німеччині та Франції демонструє різні підходи до вирішення однієї ключової проблеми – забезпечення населення доступним і якісним житлом у умовах індустріалізації, воєнних руйнувань і зростання міст. У всіх трьох країнах активна роль держави стала визначальною у післявоєнний період, коли масове будівництво було спрямоване насамперед на швидке подолання дефіциту житла.

З часом ці моделі почали змінюватися. Англія пройшла шлях від масштабного муніципального будівництва до посилення ролі приватного сектору та скорочення соціального фонду. У Німеччині сформувалася стабільна орендно-орієнтована система з високим рівнем захисту наймачів і значною участю приватних інвесторів у соціальному будівництві. Франція, у свою чергу, зберегла сильну централізовану державну модель із розвиненим сектором соціального житла та широкими інструментами підтримки населення.

Попри відмінності, спільною рисою є поступовий перехід від політики масового кількісного будівництва до більш гнучких змішаних моделей, що поєднують державне регулювання, ринкові механізми та соціальні інструменти. Водночас у всіх країнах і надалі зберігається структурний дефіцит доступного житла, що підтверджує: сама по собі висока забезпеченість житловим фондом не гарантує доступності житла для різних соціальних груп.

2.3. Передумови переходу до нових моделей оцінювання та підтримки управлінських рішень.

У сучасних умовах функціонування будівельних підприємств питання обґрунтованого прийняття управлінських рішень набуває особливого значення. Динамічні зміни економічного середовища, зростання масштабів відновлення житлового фонду, розвиток соціального будівництва, а також поступовий перехід до індустріальних технологій і префабрикованих рішень формують нові вимоги до систем управління підприємствами. У таких умовах

традиційні підходи до оцінювання стану підприємства та вибору напрямів його розвитку дедалі частіше виявляються недостатніми (рисунок 2.2).

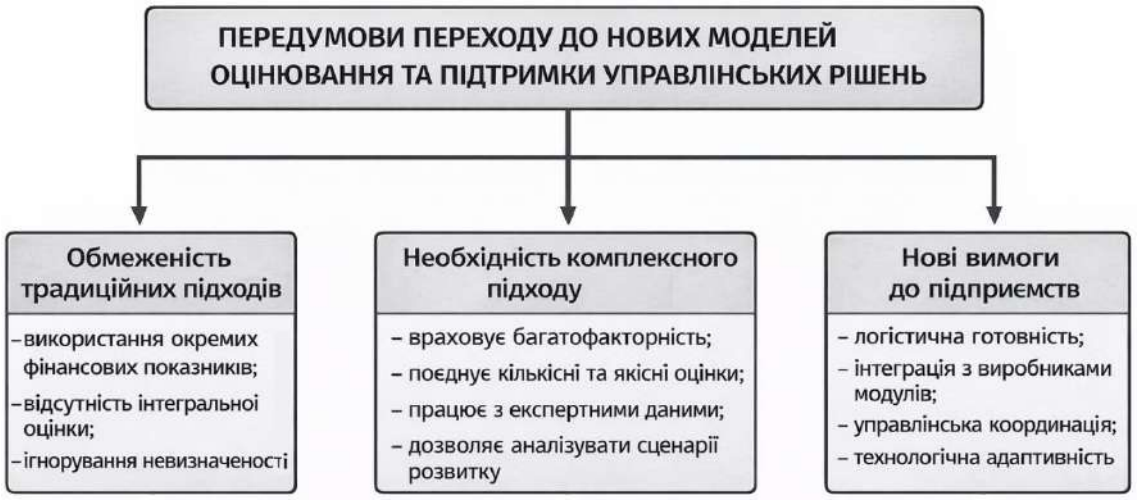


Рисунок 2.2. Передумови переходу до нових моделей оцінювання та підтримки управлінських рішень.

Історично оцінювання діяльності будівельних підприємств базувалося переважно на використанні окремих економічних показників, насамперед фінансових. Аналіз доходів, прибутку, рентабельності, ліквідності та структури активів тривалий час вважався основою для формування управлінських висновків і прийняття стратегічних рішень. Проте сучасна практика показує, що такий підхід має суттєві обмеження і не дозволяє сформувати повне уявлення про реальні можливості підприємства функціонувати, розвиватися та адаптуватися до змін [181, 182].

Це пов’язано з тим, що будівельне підприємство є складною багатокомпонентною системою, у якій фінансові, виробничі, кадрові, управлінські та логістичні аспекти тісно переплітаються. Оцінювання лише окремих показників не дозволяє врахувати ці взаємозв’язки і часто призводить до спрощеного розуміння реального стану підприємства. У зв’язку з цим виникає об’єктивна потреба у переході до більш комплексних моделей оцінювання, які здатні інтегрувати різноспрямовані фактори та враховувати невизначеність середовища функціонування.

Одним із найбільш поширених підходів у практиці управління будівельними підприємствами є орієнтація на систему окремих фінансових показників. Такі індикатори, як дохід, чистий прибуток, рентабельність, коефіцієнти ліквідності та фінансової стійкості, традиційно розглядаються як основні характеристики стану підприємства. Вони є відносно простими у розрахунку, базуються на доступних даних бухгалтерської звітності та дозволяють швидко оцінити результати діяльності [183–185].

Однак використання лише фінансових показників має низку суттєвих обмежень. Насамперед вони відображають переважно минулі результати діяльності і не завжди дають змогу оцінити реальний потенціал підприємства до подальшого розвитку. Наприклад, підприємство може демонструвати позитивні фінансові результати в короткостроковому періоді, але водночас мати зношену технічну базу, дефіцит кваліфікованого персоналу або слабку організаційну структуру. У довгостроковій перспективі такі фактори можуть істотно знизити його економічну спроможність.

Крім того, фінансові показники не відображають повною мірою виробничі можливості підприємства, рівень управлінської організації, готовність до впровадження нових технологій або здатність інтегруватися в індустріальні ланцюги постачання. У контексті сучасних викликів, пов’язаних із необхідністю швидкого відновлення житлової інфраструктури та переходу до більш індустріалізованих моделей будівництва, ці аспекти набувають вирішального значення [186]. Ще одним суттєвим обмеженням традиційних підходів є відсутність комплексного, інтегрального показника, який би узагальнював різні аспекти діяльності підприємства. У більшості випадків аналіз здійснюється шляхом розгляду окремих груп показників: фінансових, виробничих, кадрових або організаційних. Проте між ними рідко встановлюється системний зв’язок, що ускладнює формування цілісної картини.

Наявність великої кількості розрізнених показників створює додаткові труднощі для управлінців. З одного боку, вони отримують значний обсяг

інформації про різні сторони діяльності підприємства. З іншого – відсутність узагальненого індикатора ускладнює процес інтерпретації цієї інформації та порівняння альтернативних управлінських рішень [187, 188]. Особливо це помітно в ситуаціях, коли необхідно оцінити готовність підприємства до участі у великих будівельних програмах або вибрати стратегічний напрям розвитку. Наприклад, підприємство може мати достатні фінансові ресурси, але обмежені виробничі потужності; або, навпаки, мати сильну виробничу базу, але слабку систему управління. Без інтегральної оцінки складно визначити, наскільки загалом підприємство є спроможним до реалізації складних і масштабних проєктів. Відсутність інтегрального підходу також ускладнює порівняння підприємств між собою, оцінювання їх динаміки розвитку та визначення ключових напрямів підвищення ефективності. У результаті управлінські рішення часто приймаються на основі фрагментарної інформації, що знижує їх обґрунтованість.

Однією з найбільш суттєвих проблем традиційних підходів до оцінювання є те, що вони здебільшого базуються на використанні точних, детермінованих значень показників. При цьому реальні умови функціонування будівельних підприємств характеризуються високим рівнем невизначеності. Зміни вартості матеріалів, коливання попиту, затримки фінансування, нестабільність постачання, кадрові проблеми та інші фактори роблять процес управління значно складнішим, ніж це відображається у традиційних моделях [189–191]. Ігнорування невизначеності призводить до того, що оцінювання стану підприємства базується на умовно «середніх» або фіксованих значеннях показників, які не враховують можливих коливань і ризиків. У результаті управлінські рішення можуть виявитися недостатньо стійкими до змін зовнішнього середовища.

У будівельній галузі ця проблема є особливо актуальною, оскільки більшість проєктів мають довготривалий характер і реалізуються в умовах змінних економічних та організаційних параметрів. Невизначеність може стосуватися як вартості ресурсів, так і термінів виконання робіт, доступності

матеріалів, кадрових можливостей або змін у нормативному середовищі. Традиційні методи оцінювання, що не враховують цих факторів, не дозволяють повною мірою оцінити реальні ризики та потенційні сценарії розвитку.

Сукупність зазначених обмежень свідчить про те, що традиційні підходи до оцінювання діяльності будівельних підприємств не повною мірою відповідають сучасним умовам функціонування галузі. Орієнтація на окремі фінансові показники, відсутність інтегральної оцінки та ігнорування невизначеності обмежують можливості формування обґрунтованих управлінських рішень і знижують ефективність стратегічного планування [192].

У зв’язку з цим виникає потреба у використанні нових підходів, які дозволяють:

– поєднувати різні аспекти діяльності підприємства в єдину систему оцінювання;

– враховувати взаємозв’язки між фінансовими, виробничими, кадровими та організаційними факторами;

– працювати з нечіткою, неповною або варіативною інформацією;

– моделювати різні сценарії розвитку та оцінювати їх наслідки.

Саме ці передумови зумовлюють перехід до використання інтегральних моделей оцінювання економічної спроможності, які поєднують інструменти нечіткої логіки, багатокритеріального аналізу та імітаційного моделювання. Такі підходи дозволяють не лише оцінити поточний стан підприємства, але й сформувати основу для підтримки управлінських рішень у складних і невизначених умовах, що є особливо важливим у сучасному етапі розвитку будівельної галузі [193].

Сучасні умови функціонування будівельних підприємств характеризуються високим рівнем складності, багатофакторністю та значною невизначеністю, що істотно ускладнює процес прийняття управлінських рішень. Розвиток галузі відбувається під впливом численних економічних,

технологічних, організаційних і соціальних чинників, які взаємодіють між собою та формують динамічне середовище функціонування. Особливо це проявляється в умовах відновлення житлового фонду, розвитку соціального будівництва та впровадження індустріальних, зокрема префабрикованих, технологій.

У таких умовах використання традиційних підходів до оцінювання діяльності підприємств, що базуються на аналізі окремих показників або обмеженої групи характеристик, не дозволяє повною мірою відобразити реальний стан підприємства та його можливості до розвитку. Це зумовлює об’єктивну необхідність переходу до комплексного підходу, який забезпечує системне бачення діяльності підприємства, враховує взаємозв’язки між різними факторами та створює основу для обґрунтованого прийняття стратегічних і тактичних рішень [194, 195].

Комплексний підхід до оцінювання економічної спроможності будівельного підприємства передбачає інтеграцію різних типів інформації, методів аналізу та інструментів підтримки прийняття рішень. Його ключовими характеристиками є врахування багатофакторності, поєднання кількісних і якісних оцінок, використання експертних даних і можливість аналізу альтернативних сценаріїв розвитку.

Будівельне підприємство є складною системою, діяльність якої залежить від значної кількості взаємопов’язаних факторів. Фінансові можливості, стан виробничої бази, рівень кадрового забезпечення, ефективність управління, стабільність постачання матеріалів, рівень організаційної координації – усі ці елементи формують єдину структуру, яка визначає реальну здатність підприємства функціонувати та розвиватися.

Традиційні методи аналізу часто розглядають ці фактори окремо, що ускладнює розуміння їхнього сукупного впливу. Наприклад, висока фінансова стабільність не гарантує ефективності діяльності, якщо підприємство має проблеми з кадровим забезпеченням або технічною базою. Водночас навіть за обмежених фінансових ресурсів підприємство може демонструвати достатній

рівень результативності завдяки ефективній організації виробничих процесів або сильній управлінській системі [196, 197].

Комплексний підхід дозволяє розглядати діяльність підприємства як систему, у якій окремі складові не існують ізольовано, а взаємодіють між собою. Це особливо важливо в умовах реалізації масштабних будівельних програм, де необхідна узгодженість фінансових, виробничих, логістичних і управлінських рішень. Врахування багатофакторності дає можливість більш точно оцінювати реальний рівень економічної спроможності підприємства та визначати його здатність до участі в складних і довготривалих проєктах.

Ще однією важливою особливістю комплексного підходу є поєднання кількісних і якісних характеристик діяльності підприємства. Значна частина традиційних моделей базується на використанні виключно кількісних показників, що обмежує можливості аналізу. Фінансові індикатори, обсяги виробництва, рівень витрат, продуктивність праці – усі ці показники є важливими, але вони не відображають повною мірою такі аспекти, як ефективність управління, рівень організаційної культури, ступінь адаптивності або готовність до впровадження інновацій [198].

У будівельній галузі велика кількість важливих характеристик має якісний характер і не піддається прямому кількісному вимірюванню. Наприклад, рівень координації між підрозділами, якість управлінських рішень, ступінь готовності до роботи з індустріальними технологіями або здатність підприємства швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища. Ігнорування таких факторів призводить до спрощеного бачення реальної ситуації. Комплексний підхід передбачає інтеграцію кількісних і якісних даних у єдину систему оцінювання. Це дозволяє отримати більш повне уявлення про стан підприємства та враховувати ті аспекти діяльності, які традиційно залишаються поза межами формального аналізу. Поєднання різних типів інформації створює основу для формування більш гнучких і реалістичних моделей оцінювання.

У багатьох випадках інформація, необхідна для оцінювання діяльності підприємства, має експертний характер. Це особливо актуально для таких аспектів, як оцінка рівня управлінської ефективності, готовності до впровадження нових технологій, ступеня інтеграції з партнерами або здатності до адаптації. Такі характеристики складно виміряти безпосередньо, але вони відіграють важливу роль у формуванні економічної спроможності підприємства [199]. Використання експертних оцінок дозволяє враховувати професійний досвід і знання фахівців, які безпосередньо залучені до виробничих і управлінських процесів. Це особливо важливо в умовах, коли статистичні дані є обмеженими або не повністю відображають реальний стан справ. Комплексний підхід передбачає можливість інтеграції експертних оцінок у систему аналізу разом із формалізованими показниками. Це створює передумови для більш глибокого розуміння внутрішніх процесів підприємства та дозволяє враховувати фактори, які складно відобразити у вигляді традиційних кількісних індикаторів.

Ще одним важливим елементом комплексного підходу є можливість аналізу альтернативних сценаріїв розвитку підприємства. У сучасних умовах управлінські рішення часто приймаються в ситуаціях, коли майбутні умови функціонування є невизначеними. Зміни економічної кон’юнктури, коливання вартості ресурсів, нестабільність попиту, зміни у державній політиці – усе це створює ситуацію, коли планування має враховувати різні можливі варіанти розвитку подій [200, 201].

Традиційні підходи до оцінювання зазвичай базуються на аналізі поточного стану або прогнозуванні одного найбільш імовірного варіанту розвитку. Проте в умовах високої невизначеності та ризиків цього недостатньо. Підприємства повинні мати можливість оцінювати наслідки різних управлінських рішень і розглядати кілька альтернативних сценаріїв. Комплексний підхід дозволяє моделювати різні варіанти розвитку підприємства залежно від змін ключових факторів. Це дає можливість оцінювати, як зміниться рівень економічної спроможності за різних умов,

визначати найбільш вразливі місця та формувати більш обґрунтовану стратегію розвитку. Такий підхід є особливо важливим у процесі планування участі підприємств у програмах відновлення житлової інфраструктури, де існує значна кількість факторів, що можуть змінюватися з часом.

Узагальнюючи, можна зазначити, що перехід до комплексного підходу є логічною відповіддю на зростання складності управління будівельними підприємствами. Врахування багатофакторності, поєднання кількісних і якісних оцінок, використання експертних даних і можливість аналізу сценаріїв розвитку створюють основу для формування більш гнучкої та ефективної системи підтримки управлінських рішень. Такий підхід дозволяє розглядати підприємство як цілісну систему, враховувати взаємозв'язки між різними аспектами діяльності та формувати інтегральне уявлення про його економічну спроможність. Це, у свою чергу, створює передумови для впровадження сучасних моделей оцінювання, які здатні працювати з нечіткою інформацією, враховувати невизначеність і підтримувати процес прийняття рішень на стратегічному рівні [202, 203].

Масштабні процеси відновлення житлового фонду, розвиток соціального будівництва, а також поступовий перехід до індустріальних форм організації виробництва зумовлюють необхідність переосмислення традиційних підходів до управління та організації будівельної діяльності. У цих умовах підприємства повинні не лише забезпечувати виконання робіт у звичному форматі, але й демонструвати здатність працювати в нових виробничо-організаційних системах, які базуються на кооперації, стандартизації та високому рівні координації.

На перший план виходять такі вимоги, як логістична готовність, інтеграція з виробниками модульних і префабрикованих конструкцій, підвищення рівня управлінської координації та технологічна адаптивність. Саме ці фактори дедалі більше визначають реальну здатність підприємств брати участь у великих будівельних програмах, масштабувати свою діяльність і ефективно функціонувати в умовах динамічних змін.

Однією з ключових нових вимог до будівельних підприємств стає високий рівень логістичної готовності. У сучасних умовах будівництво дедалі більше залежить від стабільності та ефективності матеріальних потоків, координації постачання ресурсів і здатності працювати в умовах складних логістичних систем. Це особливо актуально для проєктів масового житлового будівництва та відновлення інфраструктури, де швидкість і безперервність виконання робіт мають критичне значення [204–206].

Логістична готовність передбачає не лише наявність налагоджених каналів постачання матеріалів, але й здатність підприємства планувати, координувати та контролювати рух ресурсів на всіх етапах реалізації проєкту. У сучасних умовах це включає взаємодію з великою кількістю постачальників, координацію транспортних процесів, управління запасами та швидке реагування на зміни в постачанні. Недостатній рівень логістичної готовності може призводити до затримок у виконанні робіт, збільшення витрат і зниження загальної ефективності діяльності. Натомість підприємства, які мають розвинену логістичну систему, здатні більш гнучко організовувати виробничі процеси, швидше адаптуватися до змін і забезпечувати стабільність виконання проєктів.

Ще одним важливим напрямом трансформації галузі є розвиток індустріального будівництва, яке передбачає широке використання модульних і префабрикованих елементів. Такий підхід дозволяє суттєво скоротити терміни будівництва, підвищити рівень стандартизації та оптимізувати витрати. Проте його ефективність значною мірою залежить від рівня інтеграції будівельних підприємств із виробниками конструкцій.

Інтеграція передбачає не лише закупівлю готових елементів, але й налагодження довгострокової співпраці, узгодження технічних стандартів, синхронізацію виробничих і будівельних процесів. Підприємство повинно бути здатним працювати у форматі, де значна частина конструктивних рішень формується на етапі заводського виробництва, а на будівельному майданчику здійснюється їх монтаж і інтеграція.

Для багатьох будівельних підприємств це є новим форматом діяльності, що потребує змін у плануванні, організації робіт і взаємодії з партнерами. Відсутність досвіду роботи в таких умовах або недостатній рівень координації може знижувати ефективність використання префабрикованих рішень і обмежувати можливості підприємства брати участь у масштабних проєктах індустріального будівництва [207, 208].

Зростання складності будівельних проєктів і розширення кола учасників процесу підвищують вимоги до рівня управлінської координації. Сучасне будівництво передбачає взаємодію між замовниками, проєктними організаціями, виробниками конструкцій, постачальниками матеріалів, транспортними компаніями та безпосередніми виконавцями робіт. Ефективність реалізації проєкту значною мірою залежить від здатності узгоджувати дії всіх учасників і забезпечувати чітку організацію процесів.

Управлінська координація включає планування робіт, розподіл ресурсів, контроль виконання завдань, оперативне реагування на відхилення та забезпечення інформаційної взаємодії між підрозділами. У сучасних умовах ці процеси стають більш складними і потребують високого рівня організаційної зрілості. Недостатня координація може призводити до дублювання функцій, неузгодженості дій, затримок у виконанні робіт і зростання витрат. У той же час ефективна управлінська система дозволяє забезпечити узгодженість усіх етапів будівництва, підвищити керованість процесів і знизити ризики.

Однією з найважливіших характеристик сучасного будівельного підприємства стає здатність до технологічної адаптації. Швидкий розвиток будівельних технологій, поява нових матеріалів, індустріалізація виробничих процесів і впровадження цифрових інструментів управління формують нові вимоги до організації діяльності. Технологічна адаптивність означає здатність підприємства своєчасно впроваджувати нові технічні рішення, перебудовувати виробничі процеси, працювати з новими форматами конструкцій і матеріалів.

У контексті розвитку префабрикованого будівництва це передбачає готовність працювати зі стандартизованими елементами, змінювати підходи до організації робіт і забезпечувати необхідну точність виконання монтажних процесів. Підприємства, які мають високий рівень технологічної адаптивності, здатні швидше реагувати на зміни в галузі, освоювати нові напрями діяльності та підвищувати свою конкурентоспроможність. Натомість недостатня готовність до технологічних змін може призводити до поступової втрати позицій на ринку та обмеження можливостей розвитку.

Узагальнюючи, можна зазначити, що сучасні умови функціонування будівельних підприємств формують новий спектр вимог, які виходять за межі традиційних фінансових і виробничих характеристик. Логістична готовність, інтеграція з виробниками модульних конструкцій, ефективна управлінська координація та технологічна адаптивність стають важливими чинниками, що визначають здатність підприємства ефективно працювати в новому середовищі [209, 210]. Ці вимоги безпосередньо пов’язані зі структурними змінами у галузі та переходом до більш індустріалізованих моделей будівництва. Саме тому їх урахування є необхідною умовою формування сучасних підходів до оцінювання економічної спроможності підприємств і розроблення інструментів підтримки управлінських рішень, які здатні відображати реальні виклики та можливості розвитку будівельної галузі.

У межах дослідження обґрунтовано доцільність використання інтегрованого підходу, який поєднує три взаємодоповнюючі компоненти: нечітко-логічне моделювання для формування інтегральних індексів, багатокритеріальні методи для обґрунтування стратегічних рішень та імітаційне моделювання для оцінки стійкості отриманих результатів. Поєднання цих інструментів дозволяє створити системну модель оцінювання, що враховує складність і невизначеність сучасного управлінського середовища.

Однією з ключових проблем у процесі оцінювання діяльності будівельних підприємств є необхідність інтеграції великої кількості

різнорідних показників у єдину узагальнену характеристику. Фінансові, виробничі, кадрові, управлінські та логістичні параметри мають різну природу, вимірюються у різних шкалах і часто не можуть бути безпосередньо порівняні між собою. Крім того, значна частина важливих характеристик має якісний або експертний характер.

У таких умовах нечітко-логічне моделювання виступає ефективним інструментом, який дозволяє працювати з нечіткою, неповною та лінгвістичною інформацією. Воно дає змогу формалізувати експертні судження, враховувати градації типу «низький», «середній», «високий» та інтегрувати різні показники в єдину систему оцінювання.

Використання нечіткої логіки є обґрунтованим у ситуаціях, коли неможливо встановити жорсткі межі між різними станами системи або коли оцінювання базується на поєднанні точних і суб'єктивних даних. У контексті оцінювання економічної спроможності будівельного підприємства це дозволяє формувати інтегральні індекси, які відображають узагальнений стан окремих складових – фінансово-економічної, виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної.

Таким чином, нечітко-логічне моделювання створює основу для переходу від аналізу окремих показників до формування системної інтегральної оцінки. Воно дозволяє враховувати складність структури підприємства, поєднувати кількісні та якісні параметри та отримувати узагальнені індикатори, що характеризують рівень його економічної спроможності.

Після формування інтегральних індексів виникає необхідність їх використання для підтримки процесу прийняття управлінських рішень. Будівельні підприємства постійно стикаються з необхідністю вибору між альтернативними варіантами розвитку: розширення діяльності, переходу до нових технологій, участі у програмах соціального будівництва, інтеграції з індустріальними виробництвами або зміни організаційної структури.

Такі рішення мають багатокритеріальний характер, оскільки кожна стратегічна альтернатива оцінюється за сукупністю факторів, які можуть мати різну важливість. Частина з них пов’язана з фінансовими результатами, інша – з виробничими можливостями, рівнем кадрового забезпечення або організаційною готовністю. У цих умовах використання багатокритеріальних методів є обґрунтованим, оскільки вони дозволяють систематизувати процес порівняння альтернатив і враховувати вагомість різних факторів.

Багатокритеріальні підходи забезпечують можливість структурувати проблему прийняття рішень, визначати відносну важливість критеріїв, оцінювати альтернативи за сукупністю параметрів і формувати обґрунтований вибір. У контексті дослідження інтегральні індекси, сформовані за допомогою нечітко-логічного моделювання, виступають базовими критеріями, на основі яких здійснюється подальше стратегічне оцінювання.

Таким чином, багатокритеріальні методи виступають логічним продовженням етапу інтегрального оцінювання, перетворюючи отримані індекси на інструмент підтримки стратегічних рішень. Вони дозволяють обґрунтовувати вибір напрямів розвитку підприємства, враховувати різні аспекти його діяльності та формувати системне бачення можливих альтернатив.

У сучасних умовах прийняття управлінських рішень супроводжується значним рівнем невизначеності. Більшість факторів, що впливають на діяльність будівельних підприємств, мають змінний характер: коливаються ціни на матеріали, змінюється попит на житло, можуть виникати перебої в постачанні або кадрові проблеми. У таких умовах важливо не лише обґрунтувати певне рішення, але й оцінити, наскільки воно є стійким до можливих змін.

Імітаційне моделювання дозволяє досліджувати поведінку системи за різних варіантів розвитку подій і оцінювати, як змінюватимуться результати при варіюванні ключових параметрів. Це створює можливість аналізувати не лише окреме значення показника, але й діапазон його можливих змін, імовірні

відхилення та ризики. У контексті дослідження імітаційне моделювання виконує функцію перевірки стійкості отриманих результатів. Воно дозволяє оцінити, наскільки змінюватимуться інтегральні індекси економічної спроможності або результати стратегічного ранжування за різних умов. Це особливо важливо при роботі з експертними оцінками та параметрами, які можуть мати варіативний характер.

Таким чином, імітаційне моделювання доповнює попередні етапи аналізу, дозволяючи оцінити надійність і стабільність прийнятих рішень. Воно перетворює статичну модель оцінювання на динамічний інструмент, який враховує можливі зміни у зовнішньому середовищі та допомагає формувати більш обґрунтовані управлінські висновки.

Поєднання нечітко-логічного моделювання, багатокритеріальних методів і імітаційного моделювання формує цілісну методологічну основу для оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств і підтримки управлінських рішень. Кожен із цих компонентів виконує власну функцію, але їх інтеграція створює синергетичний ефект. Нечітко-логічний підхід дозволяє сформувати інтегральні індекси, які відображають комплексний стан підприємства. Багатокритеріальні методи дають можливість використовувати ці індекси для обґрунтування стратегічних рішень. Імітаційне моделювання, у свою чергу, забезпечує оцінку стійкості отриманих результатів в умовах невизначеності.

Такий інтегрований підхід відповідає сучасним вимогам до систем підтримки управлінських рішень і створює методологічну основу для формування нових моделей оцінювання діяльності будівельних підприємств, які враховують складність, багатофакторність і динамічний характер їх функціонування.

Проведений аналіз показав, що сучасні умови функціонування будівельних підприємств характеризуються зростаючою складністю, багатофакторністю та високим рівнем невизначеності, що істотно впливає на процес формування та реалізації управлінських рішень. Традиційні підходи до

оцінювання діяльності підприємств, які базуються переважно на використанні окремих фінансових показників і фрагментарному аналізі окремих аспектів діяльності, не дозволяють повною мірою відобразити реальний рівень їх економічної спроможності та готовності до розвитку.

Встановлено, що сучасний стан будівельної галузі формує нові вимоги до підприємств, пов’язані з необхідністю підвищення логістичної готовності, інтеграції з індустріальними виробництвами, забезпечення ефективної управлінської координації та здатності до технологічної адаптації. Умови реалізації масштабних програм відновлення житлового фонду та розвитку соціального будівництва додатково підсилюють значення цих факторів, що потребує перегляду підходів до оцінювання діяльності підприємств і підтримки стратегічних рішень. Доведено, що використання лише окремих показників не забезпечує цілісного бачення стану підприємства, ускладнює порівняння альтернативних варіантів розвитку та не враховує вплив невизначеності. Відсутність інтегральної оцінки та недостатня увага до якісних і експертних характеристик діяльності обмежують можливості формування обґрунтованих управлінських висновків.

У зв’язку з цим обґрунтовано доцільність переходу до комплексного підходу, який передбачає врахування багатофакторності діяльності підприємства, поєднання кількісних і якісних оцінок, використання експертної інформації та можливість аналізу альтернативних сценаріїв розвитку. Такий підхід створює передумови для формування системної моделі оцінювання економічної спроможності як інтегральної характеристики, що відображає фінансові, виробничі, кадрові, управлінські та логістично-організаційні можливості підприємства.

Як методологічну основу для реалізації зазначеного підходу обґрунтовано використання інтегрованої системи методів, яка поєднує нечітко-логічне моделювання, багатокритеріальний аналіз та імітаційне моделювання. Нечітко-логічні інструменти забезпечують формування інтегральних індексів на основі поєднання кількісних і якісних показників,

багатокритеріальні методи дозволяють використовувати ці індекси для обґрунтування стратегічних альтернатив, а імітаційне моделювання забезпечує оцінку стійкості прийнятих рішень в умовах невизначеності.

Таким чином, сформовано теоретико-аналітичне підґрунтя для подальшого розроблення інтегрованої моделі оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств та підтримки управлінських рішень. Визначені обмеження традиційних підходів, окреслені нові вимоги до підприємств і обґрунтована необхідність використання комплексної методології створюють логічну основу для переходу до розроблення відповідного інструментарію в наступних розділах дослідження.

Висновки до розділу 2

1. Встановлено системний характер обмежень економічної спроможності будівельних підприємств, які формуються одночасно у фінансовій, виробничій, кадровій, управлінській та логістично-організаційній площинах, що підтверджує необхідність їх комплексного оцінювання за структурою Y1–Y5.
2. Доведено, що в умовах відновлення житлового фонду традиційна модель функціонування будівельних підприємств є недостатньо адаптивною, оскільки вона не забезпечує належного рівня логістичної готовності, інтеграції з індустріальними виробництвами та технологічної мобільності.
3. Ідентифіковано критичні фінансові обмеження, зокрема обмежений доступ до довгострокового капіталу, нестабільність доходів та ризики неплатежів, які знижують інвестиційну активність підприємств та ускладнюють модернізацію виробничої бази.
4. Обґрунтовано вплив виробничих обмежень (зношеність технічної бази, нестабільність ланцюгів постачання, дефіцит матеріалів) на зниження здатності підприємств забезпечувати масштабування діяльності у рамках програм масового житлового будівництва.

5. Виявлено структурні кадрові дисбаланси, що проявляються у відтоку кваліфікованих спеціалістів та невідповідності компетенцій сучасним вимогам індустріального будівництва, що обмежує швидкість технологічної трансформації галузі.
6. Досліджено історичну еволюцію державної житлової політики країн Західної Європи, що продемонструвало поступовий перехід від прямого бюджетного фінансування до моделей державно-приватного партнерства, соціального орендного житла та стимулювання індустріальних форм будівництва.
7. Виявлено, що сучасні європейські підходи до житлової політики базуються на інтеграції соціальної функції та ринкових механізмів, що створює стабільний попит на стандартизовані та префабриковані рішення, підвищуючи вимоги до організаційної зрілості будівельних підприємств.
8. Обґрунтовано необхідність адаптації міжнародного досвіду до національних умов, з урахуванням економічної невизначеності, ресурсних обмежень та масштабів відновлення житлової інфраструктури.
9. Підтверджено необхідність переходу до інтегрованих моделей оцінювання, які поєднують кількісні та якісні показники, експертні оцінки та інструменти роботи з невизначеністю.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ.

3.1. Методологічні принципи формалізації невизначеності в економіці та управлінні підприємствами.

Оцінювання економічної спроможності підприємства є складним багатофакторним завданням, яке потребує врахування великої кількості різнорідних показників.

На рисунку 3.1 представлено структурно-логічна схема інтегрованого методичного підходу до оцінки економічної спроможності та вибору стратегій розвитку будівельного підприємства.

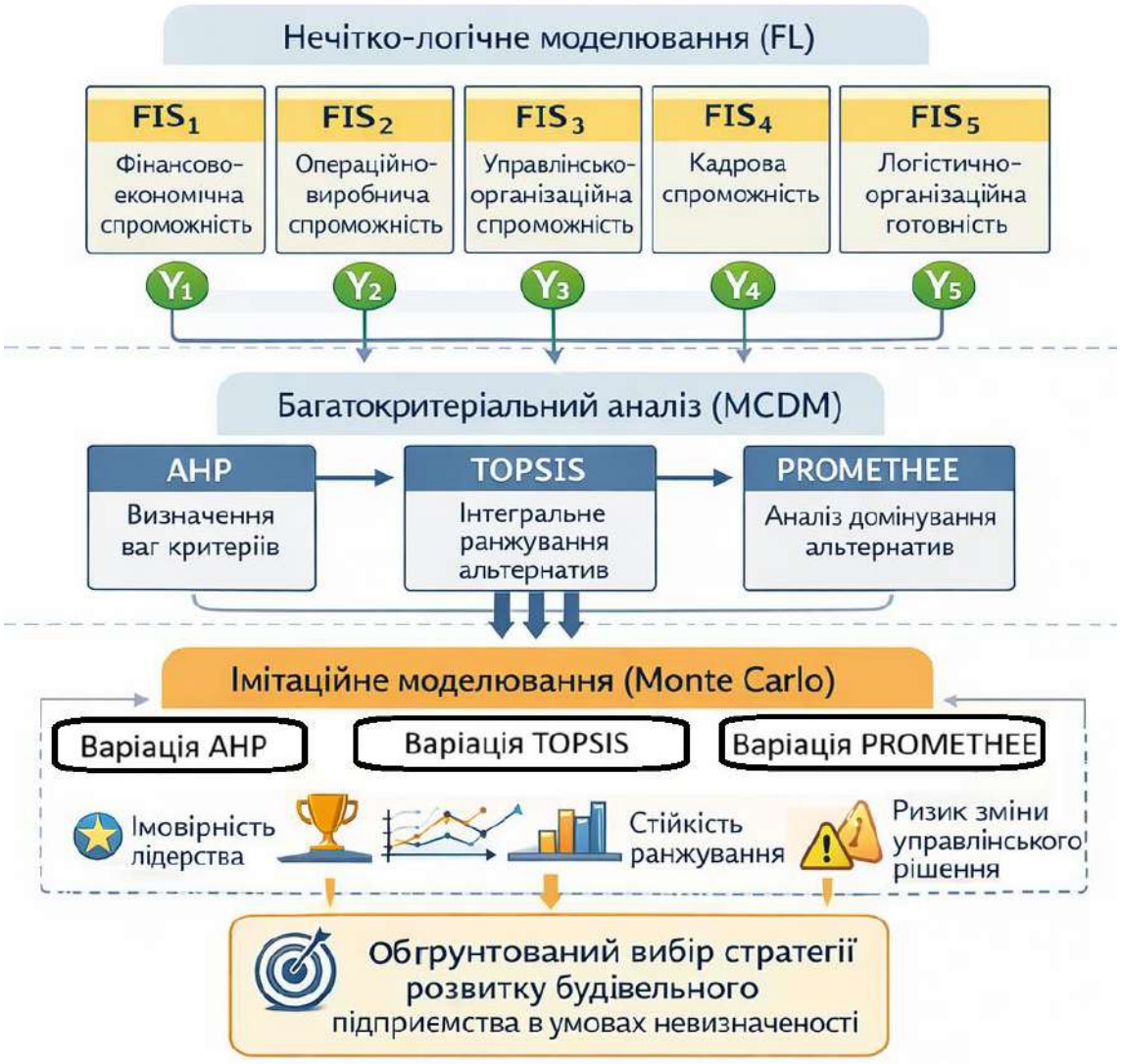


Рисунок 3.1. Структурно-логічна схема інтегрованого методичного підходу до оцінки економічної спроможності та вибору стратегій розвитку будівельного підприємства.

У реальних умовах діяльності організації показники мають різну природу, різний рівень точності та різний ступінь визначеності. Частина з них піддається прямому кількісному вимірюванню, однак значна частка характеристик має якісний, експертний або контекстуально залежний характер [211]. Саме ця особливість ускладнює використання класичних математичних моделей, які орієнтовані переважно на точні числові значення та чітко визначені межі. У традиційних економіко-математичних підходах оцінювання базується на припущенні, що кожен показник має однозначну

інтерпретацію та чіткий поріг, який дозволяє віднести його до категорій «добре», «задовільно» або «погано». На практиці така ситуація зустрічається рідко. Економічні процеси характеризуються високим рівнем невизначеності, змінністю середовища та значною залежністю від людського фактора [212, 213]. У результаті значення показників не мають однозначного трактування, а їх оцінка часто формується на основі поєднання статистичних даних і експертних суджень.

Проблема особливо загострюється при роботі з характеристиками, що відображають організаційні, кадрові та управлінські аспекти діяльності підприємства. До таких параметрів належать:

– стабільність кадрового складу;
– якість управлінських рішень;
– рівень координації між підрозділами;
– ефективність організаційної структури;
– логістична готовність до виконання виробничих завдань;
– здатність до адаптації в умовах змін.

Зазначені характеристики не можуть бути повністю описані одним числовим показником. Навіть якщо для них використовуються певні кількісні індикатори, їх змістова інтерпретація залишається розмитою [339]. Наприклад, стабільність кадрів може визначатися через коефіцієнт плинності персоналу, але саме значення цього коефіцієнта не дає однозначної відповіді на питання, чи є ситуація сприятливою. У різних організаціях однаковий рівень плинності може оцінюватися по-різному залежно від специфіки діяльності, структури персоналу або стадії розвитку підприємства [214].

Подібна ситуація спостерігається і щодо управлінської якості. Вона формується під впливом багатьох факторів, серед яких досвід керівництва, швидкість прийняття рішень, здатність до стратегічного планування, ефективність внутрішніх комунікацій. Кожен із цих аспектів важко виміряти безпосередньо, а їх узагальнення в одному показнику завжди містить елемент

суб'єктивності. У результаті управлінська якість фактично існує як характеристика, що має ступінь прояву, а не чітке числове значення.

Аналогічно логістична готовність не може бути визначена лише через один параметр. Вона формується як сукупність організаційних можливостей підприємства забезпечувати своєчасне постачання ресурсів, координацію матеріальних потоків, стабільність транспортних операцій та здатність реагувати на зовнішні обмеження. У реальних умовах ця характеристика завжди перебуває між крайніми станами - від низької до високої готовності, але не має чіткої межі, яка б дозволяла однозначно класифікувати її стан.

Важливо зазначити, що навіть ті показники, які мають точну числову форму, також не завжди можуть бути однозначно інтерпретовані. Наприклад, фінансові коефіцієнти або показники продуктивності праці можуть змінюватися в широкому діапазоні, і визначення їх достатнього або недостатнього рівня часто залежить від галузевих стандартів, макроекономічної ситуації та стратегічних цілей підприємства. У цьому випадку оцінювання набуває відносного характеру і фактично переходить у площину лінгвістичних оцінок - «низький рівень», «прийнятний рівень», «високий рівень» [215, 216].

Таким чином, у задачах комплексного оцінювання виникає типова проблема відсутності чітких меж між станами системи. Перехід від «поганого» до «доброго» стану не є миттєвим, а відбувається поступово. Реальні значення показників часто перебувають у проміжних зонах, де неможливо прийняти рішення на основі жорстких класифікаційних правил. Це створює методичну невизначеність і знижує точність моделей, що використовують дискретні або порогові підходи.

Ще однією складністю є необхідність інтеграції показників різної природи. У рамках оцінювання економічної спроможності підприємства одночасно враховуються фінансові, операційні, управлінські, кадрові та логістичні характеристики. Частина з них має кількісну основу, частина - якісну, а частина поєднує обидві складові. Приведення таких показників до

єдиної шкали та їх подальше узагальнення ускладнюється тим, що вони не мають спільної одиниці вимірювання і часто характеризуються різною достовірністю.

У цьому контексті нечітка логіка виступає як інструмент, що дозволяє формалізувати невизначеність і описати складні явища у вигляді поступових переходів між станами. Основна ідея полягає в тому, що замість жорсткого віднесення показника до певної категорії використовується підхід ступеневої належності. Це означає, що показник може одночасно частково відповідати кільком якісним рівням, наприклад бути «помірно високим» або «ближчим до середнього».

Такий підхід дозволяє:

– відобразити реальну природу економічних і організаційних процесів;

– врахувати нечіткість експертних суджень;

– поєднати кількісні та якісні характеристики в єдиній моделі;

– уникнути втрати інформації при жорсткій класифікації.

У межах запропонованої методології первинні вхідні показники, що охоплюють фінансову, операційну, управлінську, кадрову та логістичну сфери, розглядаються як змінні, значення яких не є абсолютно визначеними з точки зору їх інтерпретації. Для кожної групи показників формується окрема підсистема нечітко-логічного оцінювання, яка перетворює набір початкових параметрів у відповідний інтегральний індекс. Ці індекси відображають рівень фінансово-економічної спроможності, операційно-виробничого потенціалу, управлінської керованості, кадрової стійкості та логістично-організаційної готовності [217, 218].

На наступному етапі часткові індекси інтегруються у межах верхнього рівня нечітко-логічної системи. Така структура дозволяє послідовно узагальнювати інформацію: від первинних показників - до групових оцінок, і далі - до інтегрального індексу економічної спроможності. Кожен рівень

моделі відображає певний аспект діяльності підприємства і водночас враховує невизначеність, притаманну відповідним показникам.

Отже, використання нечіткої логіки в даному дослідженні зумовлене необхідністю коректно описати багатофакторну систему, в якій значна частина характеристик не має чітких кількісних меж і оцінюється на основі поєднання статистичних даних та експертних уявлень. Такий підхід дозволяє перейти від жорстких детермінованих моделей до більш гнучкої системи оцінювання, яка адекватніше відображає реальний стан підприємства та його економічну спроможність у складному і мінливому середовищі.

Теоретичною основою нечітко-логічного моделювання є теорія нечітких множин, яка була запропонована як інструмент опису систем, у яких відсутні чіткі межі між станами, а значна частина інформації має наближений, оціночний або експертний характер. У соціально-економічних дослідженнях ця проблема є типовою, оскільки більшість показників не можуть бути однозначно інтерпретовані лише через точні числові значення. Вони відображають складні процеси, що мають поступову природу змін та характеризуються невизначеністю [219].

У класичній теорії множин будь-який елемент або належить до множини, або не належить до неї. Такий підхід передбачає наявність чіткої межі, що розділяє два стани. Наприклад, якщо встановлено порогове значення певного показника, то всі значення, що перевищують цей поріг, належать до однієї групи, а ті, що є нижчими - до іншої. Проте в економічних і управлінських задачах подібна чіткість часто є умовною. Реальні процеси мають поступовий характер, і перехід між станами не відбувається миттєво.

Теорія нечітких множин дозволяє відмовитися від жорсткого бінарного поділу та перейти до моделі, у якій кожен елемент може належати до множини з певним ступенем. Нечітка множина визначається як така, у якій кожному елементу ставиться у відповідність число в інтервалі від 0 до 1. Це число відображає ступінь належності до даної множини. Значення 0 означає повну

відсутність належності, значення 1 - повну належність, а всі проміжні значення характеризують часткову відповідність [220, 221].

Такий підхід дозволяє більш точно описувати явища, що не мають чітких меж. Наприклад, якщо розглядати рівень ефективності, стабільності або готовності, то важко визначити точний момент, коли цей рівень переходить із «низького» у «середній» або із «середнього» у «високий». У реальних умовах ці переходи відбуваються поступово, і теорія нечітких множин дозволяє формалізувати цю поступовість. Важливою особливістю нечіткої множини є те, що один і той самий елемент може одночасно належати до кількох множин із різним ступенем. Це дозволяє описати проміжні стани, які є типовими для економічних систем. Наприклад, певний показник може бути частково «середнім» і водночас частково «високим». Такий підхід забезпечує більшу гнучкість у порівнянні з класичною класифікацією, де значення повинно бути віднесене лише до однієї категорії [222].

Центральним елементом теорії нечітких множин є функція належності. Вона визначає, якою мірою конкретне значення змінної відповідає певній нечіткій множині. Функція належності є математичним відображенням, яке ставить у відповідність кожному значенню показника число в інтервалі від 0 до 1. Це число інтерпретується як ступінь відповідності певному якісному стану. Функції належності виконують ключову роль у перетворенні кількісних даних у якісні оцінки. Вони дозволяють інтерпретувати числові значення у вигляді лінгвістичних категорій, зберігаючи при цьому точність і можливість подальших розрахунків. Форма функції належності відображає логіку сприйняття показника. Вона показує, які значення є характерними для певного рівня, а які - лише частково відповідають йому.

У практиці нечітко-логічного моделювання найчастіше використовуються функції належності простих геометричних форм - трикутні та трапецієподібні. Це пояснюється їхньою наочністю, простотою побудови та зручністю використання. Проте вибір конкретної форми завжди пов’язаний з особливостями досліджуваного показника та характером його інтерпретації. У

деяких випадках можуть застосовуватися більш складні функції, якщо це дозволяє точніше відобразити зміну ступеня належності в межах досліджуваного діапазону [223, 224].

Однією з головних переваг використання функцій належності є відсутність різких переходів між станами. У класичних моделях навіть незначне відхилення значення від встановленого порогу може призвести до різкої зміни оцінки. У нечітких моделях зміна відбувається поступово, що краще відповідає реальній природі економічних процесів. Наприклад, якщо значення показника незначно зменшується, то воно не миттєво переходить з категорії «високий» у категорію «середній», а поступово зменшує ступінь належності до високого рівня і збільшує належність до середнього.

Тісно пов’язаним із поняттям нечіткої множини є поняття лінгвістичної змінної. Лінгвістична змінна - це змінна, значення якої задаються не числами, а словами або словесними характеристиками. Вона дозволяє описувати показники у формі, близькій до природної мови, що особливо важливо при роботі з експертними оцінками. У рамках нечітко-логічного моделювання кожна лінгвістична змінна пов’язана з набором нечітких множин, які відображають можливі якісні стани. Для задачі оцінювання економічної спроможності доцільно використовувати базову трирівневу шкалу, що включає такі терми: low (низький рівень); medium (середній рівень); high (високий рівень). Кожен із цих термів відповідає окремій нечіткій множині з власною функцією належності. Таким чином, будь-яке значення показника може бути представлене як комбінація ступенів належності до цих трьох рівнів. Це дозволяє більш гнучко описувати стан системи, особливо в тих випадках, коли значення перебувають у проміжній зоні [225].

Використання лінгвістичних змінних має також важливе методичне значення. Воно дозволяє поєднати формалізовані розрахунки з експертними знаннями. Експерти, як правило, мислять у категоріях «високий рівень», «середній рівень» або «низький рівень», а не у вигляді точних числових значень. Завдяки нечітким множинам ці словесні оцінки можуть бути

переведені у формалізовану математичну форму без втрати змісту. Наприклад, певний показник може мати ступінь належності 0,7 до множини «medium» і 0,3 до множини «high». Це означає, що його значення переважно відповідає середньому рівню, але вже має ознаки переходу до високого. Такий опис є більш точним, ніж жорстке віднесення до однієї категорії, оскільки він відображає перехідний характер стану. Важливо підкреслити, що використання трьох рівнів (low, medium, high) є компромісом між деталізацією та складністю моделі. З одного боку, така структура є достатньо простою для інтерпретації та побудови системи правил. З іншого боку, завдяки функціям належності вона дозволяє описувати широкий спектр проміжних станів. За потреби кількість лінгвістичних термів може бути збільшена, однак це призводить до ускладнення моделі та зростання кількості правил [226, 227].

У контексті побудови багаторівневої нечітко-логічної системи використання теорії нечітких множин дозволяє створити універсальний механізм перетворення первинних показників у формалізовані оцінки. Спочатку числові значення показників переводяться у ступені належності до відповідних лінгвістичних термів. Далі ці оцінки використовуються для формування логічних правил та інтеграції інформації на вищих рівнях моделі.

Таким чином, теорія нечітких множин виступає базовим інструментом для опису систем, у яких поєднуються кількісні та якісні характеристики, а також присутня невизначеність у трактуванні даних. Вона дозволяє формалізувати поступовість змін, інтегрувати експертні знання та створити основу для побудови гнучкої моделі оцінювання економічної спроможності підприємства, що враховує реальний характер функціонування соціально-економічних систем.

Центральним елементом нечітко-логічного моделювання є система нечіткого виводу (Fuzzy Inference System, FIS), яка виступає формалізованим механізмом перетворення сукупності вхідних параметрів у підсумкову узагальнену оцінку. У найзагальнішому вигляді FIS можна розглядати як інструмент моделювання складних залежностей між змінними в умовах

невизначеності, коли неможливо або недоцільно описувати ці залежності за допомогою жорстких аналітичних формул. На концептуальному рівні FIS реалізує відображення типу $X \rightarrow Y$, де X - це множина вхідних змінних, що описують стан досліджуваної системи, а Y - вихідна змінна, яка є результатом інтеграції цієї інформації. На відміну від класичних математичних моделей, у яких зв'язок між X та Y задається у вигляді точних функціональних залежностей, у нечітко-логічній системі він формується через сукупність логічних правил, що відображають причинно-наслідкові взаємозв'язки між показниками [228–230].

Система нечіткого виводу дозволяє поєднати кількісні дані та якісні оцінки в єдиному обчислювальному середовищі. Вона функціонує як багатоступенева структура, у якій вхідна інформація проходить через послідовні етапи перетворення: від точних числових значень до лінгвістичних інтерпретацій, далі - до системи правил, і в підсумку - до узагальненого числового результату. Саме ця властивість робить FIS придатною для моделювання складних економічних і організаційних процесів, де взаємозв'язки між змінними мають нелінійний та частково суб'єктивний характер.

Існує кілька підходів до побудови систем нечіткого виводу, однак одним із найбільш поширених є підхід Мамдані (Mamdani). Його ключовою особливістю є використання лінгвістичних змінних як для вхідних, так і для вихідних параметрів, а також представлення знань у вигляді правил, сформульованих у формі, близькій до природної мови. Це забезпечує зрозумілість структури моделі та дозволяє безпосередньо інтегрувати експертні уявлення у процес моделювання [231, 232].

У системі типу Mamdani кожне правило має логічну форму:

«Якщо $X1$ є low і $X2$ є medium і $X3$ є high, то Y є medium».

Такі правила відображають узагальнену логіку взаємодії між показниками. Вони не задають точного числового співвідношення, а описують характер впливу одних змінних на інші. Сукупність правил формує базу знань

системи, яка фактично є формалізованим відображенням експертного досвіду та інтерпретації взаємозв'язків між параметрами. Вибір підходу Мамдані пояснюється його універсальністю та інтерпретованістю. Він добре підходить для задач, у яких важливо зберегти змістовну логіку моделі та забезпечити можливість пояснення отриманих результатів. Оскільки правила формулюються у лінгвістичній формі, дослідник може безпосередньо аналізувати, як саме поєднання певних вхідних факторів впливає на підсумкову оцінку. Це має особливе значення у соціально-економічних дослідженнях, де прозорість і пояснюваність моделі є важливими.

З позиції структури, FIS є блочною системою, яка складається з кількох функціональних компонентів. У спрощеному вигляді її можна розглядати як послідовність етапів перетворення:

вхідні змінні X → фазифікація → база правил → агрегування → дефазифікація → вихідна змінна Y.

На першому етапі в систему надходять вхідні змінні X, що представляють собою набір показників, які характеризують різні аспекти діяльності. Це можуть бути як кількісні параметри, так і показники, що мають якісний зміст. На цьому рівні всі змінні мають чіткі числові значення. Наступний етап - фазифікація. Його сутність полягає у перетворенні точних значень показників у нечіткі оцінки. Кожне значення змінної співвідноситься з функціями належності і отримує ступені належності до відповідних лінгвістичних термів (low, medium, high). У результаті числовий показник описується не одним значенням, а набором ступенів відповідності різним якісним рівням [233]. Після фазифікації інформація передається до блоку правил. Це ядро системи, де відбувається логічне поєднання вхідних змінних. Кожне правило перевіряє, наскільки поточні значення показників відповідають його умовам. Якщо відповідність висока, правило активується сильніше; якщо низька - його вплив на результат зменшується. Таким чином формується набір активованих правил, які разом визначають характер вихідної оцінки. Далі виконується агрегування. На цьому етапі результати всіх

активованих правил об’єднуються у єдину нечітку оцінку вихідної змінної. Оскільки різні правила можуть пропонувати різні значення для вихідного параметра, агрегування дозволяє поєднати їхній вплив і сформувати узагальнений нечіткий результат. Останнім етапом є дефазифікація - перетворення нечіткої вихідної оцінки у конкретне числове значення. Це значення вже може використовуватися як інтегральний показник, придатний для подальшого аналізу, порівняння або прийняття рішень. Таким чином, система завершує повний цикл перетворення: від набору вхідних змінних X до узагальненого результату Y.

У межах запропонованої методології структура FIS не обмежується одним рівнем перетворення. Вона має ієрархічний характер і складається з кількох взаємопов’язаних підсистем. На нижньому рівні кожна група вхідних показників формує окрему систему нечіткого виводу. У результаті роботи цих підсистем утворюються проміжні вихідні змінні $Y1$, $Y2$, … , Yn, які відображають оцінки окремих підсистем [234]. Ці проміжні результати виступають новими вхідними змінними для наступного рівня моделювання. Таким чином формується послідовний процес узагальнення: спочатку відбувається інтеграція первинних показників у межах окремих блоків, а потім - інтеграція отриманих індексів на верхньому рівні системи. У результаті формується підсумковий інтегральний показник $Ytop$, який є кінцевим результатом роботи моделі. Такий підхід дозволяє реалізувати складну багаторівневу структуру за принципом поетапного переходу:

$$X \rightarrow Y1, Y2 ,\ldots, Yn \rightarrow Ytop.$$

Перевага блочної організації полягає в тому, що кожна підсистема відповідає за обробку певної групи параметрів і може розглядатися як окремий функціональний модуль. Це підвищує інтерпретованість моделі, спрощує її налаштування та дозволяє більш чітко відобразити структуру досліджуваного об’єкта. Крім того, така структура зменшує обчислювальну складність. Замість створення однієї великої системи з великою кількістю змінних і правил, використовується декілька менших систем, кожна з яких працює з

обмеженим набором показників. Це дозволяє більш ефективно формувати базу правил і забезпечує логічну послідовність у процесі інтеграції даних. Отже, система нечіткого виводу є ядром нечітко-логічної моделі, що забезпечує формалізований перехід від множини вхідних змінних X до інтегральної вихідної оцінки Y. Використання підходу Mamdani дозволяє описати взаємозв'язки між показниками у вигляді зрозумілої системи правил, а блочна ієрархічна структура забезпечує поетапне узагальнення інформації та підвищує гнучкість моделі.

Побудова системи нечіткого виводу (Fuzzy Inference System, FIS) є послідовним процесом перетворення точних числових значень вхідних змінних у узагальнений інтегральний результат. Цей процес реалізується через кілька взаємопов'язаних етапів, кожен із яких виконує окрему функцію у структурі моделі. У класичній системі типу Mamdani виділяють чотири основні стадії: фазифікація, формування та активація бази правил, агрегування результатів та дефазифікація.

Загалом, система реалізує перехід від набору вхідних змінних $X = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ до вихідної змінної Y, що є результатом узагальнення інформації. Кожен етап цього перетворення має чітке математичне обґрунтування.

Першим етапом є фазифікація (fuzzification) - перетворення точних числових значень вхідних змінних у ступені належності до відповідних нечітких множин. Нехай x_i - значення і-тої вхідної змінної. Для кожного лінгвістичного терму (наприклад, low, medium, high) визначається функція належності $\mu A(x_i)$, яка задає ступінь відповідності значення x_i нечіткій множині A [235, 236].

У загальному вигляді:

$$\mu_A(x_i) : X_i \to [0, 1], \tag{3.1}$$

де $\mu A(x_i)$ - ступінь належності значення x_i до нечіткої множини A; Xi - область визначення змінної x_i.

У результаті фазифікації кожне точне значення замінюється набором ступенів належності до різних лінгвістичних термів. Наприклад, для трьох термів:

$$x_i \to \{\mu_{low}(x_i), \mu_{medium}(x_i), \mu_{high}(x_i)\}. \tag{3.2}$$

Це означає, що одне й те саме значення може одночасно частково відповідати кільком якісним рівням.

Як приклад, трикутна функція належності може бути задана так:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \le a, \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a < x \le b, \\ \dfrac{c-x}{c-b}, & b < x < c, \\ 0, & x \ge c, \end{cases} \tag{3.3}$$

де a,b,c - параметри, що визначають форму функції.

Другим етапом є формування та використання бази правил (rule base). Вона складається з набору логічних правил виду:

$$R_k: \quad \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^k \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^k \text{ AND } \ldots \text{ THEN } y \text{ is } B^k, \tag{3.4}$$

де R_k - k-те правило; A_i^k - нечітка множина, пов'язана з і-тою змінною у k-му правилі; B^k - нечітка множина для вихідної змінної.

Для кожного правила визначається ступінь його активації. У системах Mamdani найчастіше використовується оператор мінімуму для реалізації логічної операції AND:

$$\alpha_k = \min\left(\mu_{A_1^k}(x_1), \mu_{A_2^k}(x_2), \ldots, \mu_{A_n^k}(x_n)\right), \tag{3.5}$$

де α_k - рівень активації k-го правила.

Це значення показує, наскільки сильно дане правило відповідає поточним умовам. Після визначення ступенів активації для всіх правил

формується нечітка оцінка вихідної змінної. Кожне правило генерує свою нечітку множину для виходу, яка «обрізається» відповідно до рівня активації α_k. Це може бути записано як:

$$\mu'_{B^k}(y) = \min(\alpha_k, \mu_{B^k}(y)). \tag{3.6}$$

Далі всі результати об'єднуються в одну узагальнену нечітку множину. Найчастіше використовується операція максимуму:

$$\mu_{out}(y) = \max_k \left(\mu'_{B^k}(y)\right). \tag{3.7}$$

Цей етап називається агрегуванням, оскільки він об'єднує вплив усіх правил у єдину нечітку оцінку вихідної змінної.

Останнім етапом є дефазифікація (defuzzification) - перетворення отриманої нечіткої множини $\mu_{out}(y)$ у чітке числове значення. Це необхідно для того, щоб отриманий результат можна було використовувати для подальшого аналізу та порівняння.

Одним із найбільш поширених методів є метод центра ваги (centroid method), який визначається формулою:

$$y^* = \frac{\int y \cdot \mu_{out}(y)\, dy}{\int \mu_{out}(y)\, dy}, \tag{3.8}$$

де y^* - чітке значення вихідної змінної; $\mu_{out}(y)$ - агрегована функція належності.

Цей метод дозволяє знайти значення, яке відповідає «центру» нечіткої області та найкраще відображає інтегральний результат.

Таким чином, повний процес роботи FIS можна представити як послідовність перетворень:

$$X \to \mu(X) \to R \to \mu_{out}(Y) \to Y^*, \tag{3.9}$$

де X - набір точних вхідних значень; μ(X) - фазифіковані значення; R - база правил; $\mu_{out}(y)$ - агрегована нечітка оцінка; Y^* - кінцевий числовий результат.

Кожен із наведених етапів виконує окрему функцію: фазифікація забезпечує перехід від чисел до нечітких оцінок, база правил формалізує логіку взаємодії показників, агрегування поєднує результати різних правил, а дефазифікація повертає модель до чіткої числової інтерпретації. У сукупності ці етапи формують завершений механізм обробки інформації, який дозволяє перейти від множини вхідних показників до інтегральної оцінки, зберігаючи при цьому гнучкість, інтерпретованість та здатність працювати з невизначеністю [192, 237].

Вибір нечіткої логіки як основи методології моделювання зумовлений специфікою досліджуваної задачі, яка характеризується складністю, багатофакторністю та високим рівнем невизначеності. У даному випадку об’єкт дослідження не може бути повністю описаний лише через точні математичні залежності або строго формалізовані параметри. Значна частина характеристик має якісний, експертний або контекстно залежний характер, що ускладнює застосування традиційних аналітичних методів. Класичні економіко-математичні моделі добре працюють у ситуаціях, коли всі змінні чітко вимірювані, мають однозначне трактування та стабільні зв’язки між собою. Проте в реальних управлінських і організаційних системах ці умови майже ніколи не виконуються повністю. Значення показників можуть бути неповними, суперечливими, отриманими з різних джерел або заснованими на експертних оцінках. У таких умовах виникає потреба у підході, який здатний працювати з невизначеністю та частковою інформацією без втрати змістовності [238–240].

Однією з ключових причин використання нечіткої логіки є її здатність працювати з експертними знаннями. У багатьох задачах, пов’язаних із оцінюванням складних систем, частина інформації не існує у вигляді точних числових даних, а формується на основі досвіду, інтуїції та професійних суджень фахівців. Наприклад, такі характеристики, як якість управління, організаційна стійкість, рівень координації або логістична готовність, часто оцінюються словами - «високий рівень», «достатній», «середній»,

«незадовільний». Класичні математичні моделі практично не мають механізму безпосереднього використання таких оцінок.

Нечітка логіка дозволяє формалізувати експертні знання без необхідності жорсткого числового кодування. Лінгвістичні оцінки можуть бути безпосередньо перетворені у нечіткі множини, а взаємозв'язки між показниками - описані у вигляді правил типу «якщо–то». У результаті знання експертів стають частиною формальної моделі, що дозволяє поєднати аналітичний підхід із практичним досвідом. Це особливо важливо у випадках, коли частина параметрів не може бути отримана з відкритих джерел або не піддається точному вимірюванню [241].

Другим важливим аргументом на користь нечіткої логіки є її здатність працювати з неповними даними. У реальних умовах дослідження часто виникає ситуація, коли частина показників відсутня, має значні похибки або доступна лише у наближеній формі. Традиційні моделі, як правило, потребують повного набору точних вхідних даних. Відсутність хоча б одного параметра може призвести до неможливості виконання розрахунків або суттєвого спотворення результату [242, 243]. Нечітко-логічний підхід дозволяє частково компенсувати нестачу інформації за рахунок використання ступенів належності та системи правил. Навіть якщо значення показника відоме приблизно, воно все одно може бути включене у модель через відповідну функцію належності. Крім того, у випадках, коли дані мають нечіткий характер, їх можна описати у вигляді інтервальних або лінгвістичних оцінок, не втрачаючи можливості подальшого аналізу.

Ще однією важливою перевагою є адаптивність нечітко-логічних моделей. Структура FIS дозволяє поступово уточнювати модель шляхом коригування функцій належності, зміни набору правил або додавання нових змінних. Це означає, що модель не є жорстко фіксованою і може адаптуватися до нових умов, появи додаткових даних або зміни середовища. У задачах, пов'язаних із соціально-економічними системами, така гнучкість є критично важливою, оскільки самі об'єкти дослідження змінюються з часом.

Адаптивність також проявляється у можливості поетапного розвитку моделі. На початковому етапі вона може будуватися на основі обмеженої кількості показників і простого набору правил. У подальшому, із накопиченням даних і досвіду, модель може бути деталізована, доповнена новими параметрами та уточнена без необхідності повного її перегляду. Такий підхід забезпечує довгострокову придатність методології та її стійкість до змін зовнішнього середовища [244, 245].

Ще одним суттєвим фактором є можливість інтеграції різнорідних показників у межах єдиної системи. У задачі комплексного оцінювання використовуються параметри різної природи: фінансові, організаційні, управлінські, кадрові, логістичні. Частина з них має кількісну форму, частина - якісну, а частина поєднує обидва аспекти. Приведення таких показників до єдиного масштабу є складною задачею. Нечітка логіка забезпечує природний механізм інтеграції різнорідної інформації. Через використання функцій належності всі показники переводяться у єдину шкалу - ступінь належності від 0 до 1. Це дозволяє порівнювати між собою змінні, які спочатку мали різні одиниці вимірювання та різну природу. Далі вони об’єднуються у межах системи правил, що дозволяє отримати узагальнений результат.

Інтеграційна здатність нечіткої логіки проявляється також у можливості поєднання кількох рівнів оцінювання. Первинні показники можуть бути об’єднані у групові індекси, які в подальшому інтегруються у фінальний показник. Така багаторівнева структура дозволяє більш точно відобразити складність досліджуваної системи та уникнути перевантаження моделі надмірною кількістю змінних на одному рівні. Окремо слід відзначити, що нечітка логіка добре працює у ситуаціях, коли взаємозв’язки між показниками є нелінійними або складно формалізованими. У реальних соціально-економічних системах вплив одного параметра на інший рідко має просту лінійну форму. Часто він залежить від поєднання кількох факторів, їх взаємного підсилення або послаблення. Система правил дозволяє описати такі залежності без необхідності побудови складних аналітичних моделей [246].

Крім того, нечітко-логічний підхід забезпечує високу інтерпретованість результатів. На відміну від деяких статистичних або машинних методів, де внутрішня логіка моделі може бути складною для пояснення, у FIS кожен результат формується на основі конкретних правил. Це дозволяє простежити, які саме фактори і яким чином вплинули на підсумкову оцінку. Така прозорість є важливою для задач, пов'язаних із управлінськими рішеннями.

З методологічної точки зору, використання нечіткої логіки у даній задачі є виправданим поєднанням кількох ключових можливостей: формалізації експертних знань, роботи з неповною та нечіткою інформацією, гнучкої адаптації до змін та інтеграції різнорідних показників у межах єдиної моделі. Саме сукупність цих властивостей робить FIS ефективним інструментом для побудови інтегральної системи оцінювання складних соціально-економічних об'єктів [247, 248].

Таким чином, вибір нечіткої логіки не є випадковим або формальним. Він зумовлений характером самої задачі, яка потребує інструменту, здатного одночасно працювати з кількісними та якісними даними, враховувати невизначеність, інтегрувати знання експертів та забезпечувати можливість подальшого розвитку моделі. У цьому контексті FIS виступає не лише обчислювальним механізмом, а методологічною основою, що дозволяє адекватно описати складну структуру досліджуваного об'єкта та отримати узагальнену оцінку його стану.

3.2. Багатокритеріальний підхід до обґрунтування управлінських рішень будівельних підприємств в умовах економічної невизначеності.

Багатокритеріальний вибір (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) є теоретичною основою для розв'язання задач, у яких необхідно здійснювати оцінювання або ранжування об'єктів за наявності кількох, часто суперечливих, критеріїв. У реальних соціально-економічних системах процес прийняття рішень рідко базується на одному показнику. Як правило, необхідно враховувати одночасно фінансові, організаційні, технічні, кадрові

та інші аспекти, що мають різну вагомість та різний характер впливу на підсумковий результат [249].

Методи MCDM дозволяють формалізувати задачу вибору або оцінювання в умовах багатокритеріальності та створити системну основу для інтеграції різнорідних показників. У контексті даного дослідження підхід MCDM використовується для обґрунтування процедури узагальнення показників і формування інтегральних оцінок, що відображають стан досліджуваного об’єкта.

У загальному вигляді задача багатокритеріального вибору полягає у визначенні найкращої альтернативи або формуванні інтегральної оцінки на основі множини критеріїв. Нехай задано: множину альтернатив $A = \{a_1, a_2, \ldots, a_m\}$, множину критеріїв: $C = \{c_1, c_2, \ldots, c_n\}$. Кожна альтернатива a_i оцінюється за кожним критерієм c_j. Результати такого оцінювання можуть бути представлені у вигляді матриці рішень:

$$X = [x_{ij}], \quad i = 1, \ldots, m, \quad j = 1, \ldots, n, \tag{3.10}$$

де x_{ij} – значення і-тої альтернативи за j-тим критерієм.

У задачах інтегрального оцінювання замість альтернатив можуть розглядатися об’єкти, системи або стани, а критерії виступають як показники, що характеризують різні аспекти їх функціонування. Таким чином, кожен об’єкт описується вектором значень:

$$a_i = (x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{in}). \tag{3.11}$$

Оскільки різні критерії мають неоднакову важливість, у модель вводяться вагові коефіцієнти:

$$W = \{w_1, w_2, \ldots, w_n\}, \quad \sum_{j=1}^{n} w_j = 1, \tag{3.12}$$

де w_j – вага j-го критерію, що відображає його відносну значущість.

Метою задачі MCDM є побудова функції узагальнення:

$$F(a_i) = F(x_{i1}, x_{i2}, \ldots, x_{in}; w_1, w_2, \ldots, w_n), \tag{3.13}$$

яка дозволяє отримати інтегральну оцінку кожної альтернативи. У найпростішому випадку це може бути зважена сума:

$$F(a_i) = \sum_{j=1}^{n} w_j \cdot x_{ij}. \tag{3.14}$$

Однак у більш складних задачах така форма узагальнення є недостатньою, оскільки критерії можуть мати різну природу, різні шкали вимірювання, а також нелінійні взаємозв'язки. У зв'язку з цим застосовуються більш складні процедури нормалізації, агрегування та ранжування. Формально задача MCDM може бути подана як задача оптимізації $\max_{a_i \in A} F(a_i),$ або як задача побудови впорядкованого набору альтернатив за значенням інтегрального показника.

У контексті інтегрального оцінювання складних систем багатокритеріальний підхід дозволяє перейти від набору окремих показників до узагальненої характеристики, що враховує всі суттєві аспекти досліджуваного об'єкта. Існує велика кількість методів багатокритеріального аналізу, які відрізняються за логікою побудови, математичним апаратом та типом задач, для яких вони призначені [250–252]. У загальному вигляді їх можна поділити на кілька основних класів (рисунок 3.2).

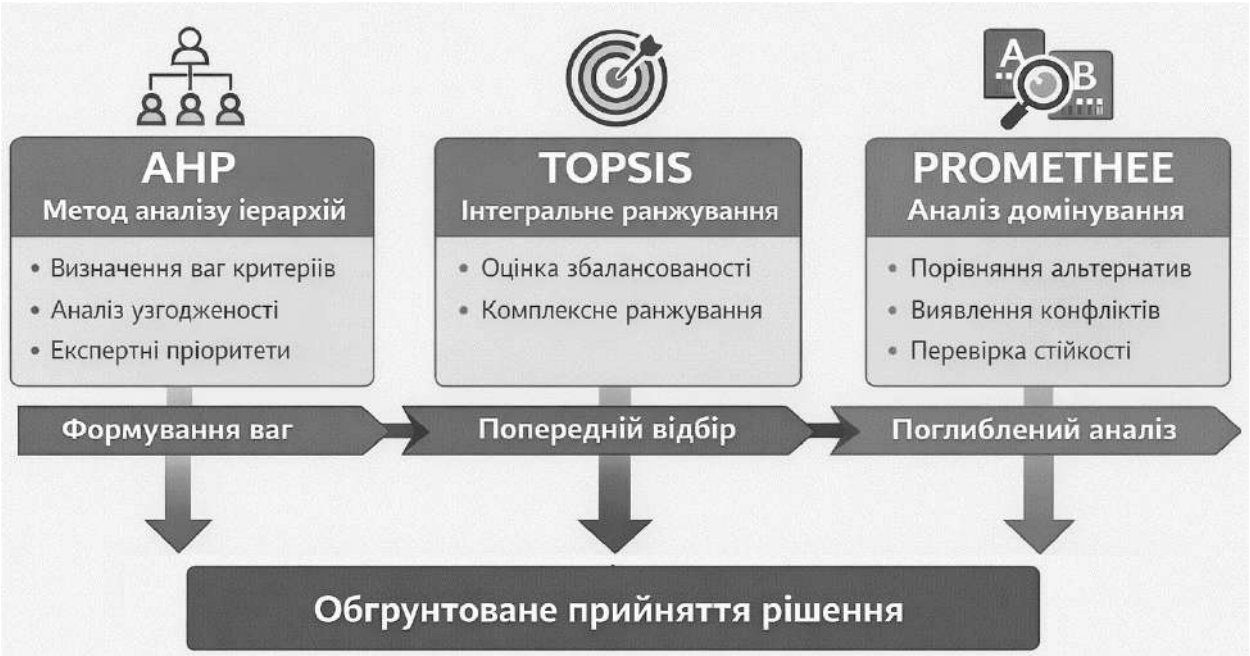


Рисунок 3.2. Структура багатокритеріального підходу до обґрунтування управлінських рішень.

І. Перший клас – методи на основі зваженого агрегування. Вони передбачають побудову інтегральної оцінки шляхом поєднання значень критеріїв із урахуванням їхніх ваг. До цього класу належать різні варіанти зваженої суми, зваженого середнього та подібні підходи. Їх перевагою є простота реалізації та зрозумілість результатів. Водночас вони припускають незалежність критеріїв і лінійний характер їх впливу, що не завжди відповідає реальним умовам. У багатьох прикладних задачах ці припущення є прийнятними. Саме тому методи зваженого агрегування широко застосовуються у соціально-економічному аналізі, оцінюванні ефективності, побудові рейтингів та інтегральних індексів [253].

Водночас цей клас методів має певні обмеження. По-перше, він не враховує можливі нелінійні взаємозв’язки між критеріями. По-друге, він передбачає можливість компенсації: дуже низьке значення одного показника може бути «перекрите» високими значеннями інших. У деяких задачах це є неприйнятним. Попри це, методи зваженого агрегування відіграють важливу роль як базовий рівень багатокритеріального аналізу. Вони створюють формальну основу для інтеграції показників і часто використовуються як відправна точка для більш складних моделей. З теоретичної точки зору, цей клас методів можна розглядати як перехід від багатовимірного простору критеріїв до одномірного інтегрального простору оцінювання. У цьому просторі кожному об’єкту відповідає одне число, яке відображає його узагальнений стан.

ІІ. Другий клас – методи попарного порівняння. Окремий і теоретично важливий клас методів багатокритеріального аналізу становлять підходи, що базуються на попарних порівняннях [254, 255]. Їх ключова ідея полягає в тому, що значущість критеріїв або альтернатив визначається не безпосередньо через числові оцінки, а через їх взаємне співставлення. Такий підхід більш природно

відображає процес людського мислення, оскільки експертам, як правило, легше відповісти на запитання «що важливіше і наскільки», ніж одразу задати точні числові ваги.

Найбільш відомим представником цього класу є метод аналітичного ієрархічного процесу (Analytic Hierarchy Process, AHP). Його теоретична основа полягає у представленні складної задачі у вигляді ієрархічної структури, яка складається з кількох рівнів: цілі, критеріїв, підкритеріїв та альтернатив. Така декомпозиція дозволяє розглядати складну систему як сукупність взаємопов'язаних елементів і поступово переходити від загального рівня до більш детального.

Метод аналітичного ієрархічного процесу (AHP) сформувався як відповідь на практичну потребу систематизувати складні управлінські рішення, у яких необхідно одночасно враховувати багато факторів різної природи. Його поява пов'язана з розвитком теорії прийняття рішень у другій половині XX століття, коли стало очевидно, що класичні оптимізаційні моделі не здатні повноцінно описати процес вибору в умовах невизначеності, багатокритеріальності та участі людини-експерта [256, 257].

Метод був розроблений американським дослідником Томасом Сааті у 1970-х роках [258]. Його початковою метою було створення універсального інструменту, який дозволив би приймати складні стратегічні рішення у державному управлінні, оборонному плануванні та великих інфраструктурних проектах. У цей період активно зростала потреба у методах, здатних поєднати формальні розрахунки з експертними знаннями, оскільки багато рішень не могли бути обґрунтовані лише на основі точних числових даних.

Сутність ідеї Сааті полягала у тому, щоб максимально наблизити формальну математичну процедуру до природного способу мислення людини. Людина, приймаючи рішення, рідко оцінює всі фактори одразу в абсолютних числах. Натомість вона мислить через порівняння: що важливіше, що менш важливе, що приблизно однакове за значенням. Саме ця інтуїтивна логіка була покладена в основу методу попарних порівнянь [259, 260]. Перші застосування

АНР були пов’язані з військовими та державними задачами, де необхідно було приймати рішення в умовах обмеженої інформації та високої відповідальності. Згодом метод почав активно використовуватися в економіці, управлінні підприємствами, плануванні інвестицій, виборі технологій та багатьох інших сферах. Це стало можливим завдяки його універсальності: метод не залежить від конкретної предметної області і може застосовуватися до будь-яких задач, де присутня система критеріїв.

У теоретичному сенсі АНР став одним із перших підходів, що системно поєднав кількісний аналіз із суб’єктивними оцінками. Він показав, що експертні судження можуть бути формалізовані і використані в математичних моделях без втрати змісту. Це стало важливим етапом у розвитку теорії прийняття рішень, оскільки до цього суб’єктивність часто розглядалася як фактор, що заважає об’єктивному аналізу [261, 262]. Однією з ключових ідей методу є декомпозиція складної проблеми. Замість того щоб розглядати задачу як єдине ціле, вона розбивається на ієрархічну структуру. На верхньому рівні знаходиться загальна мета, на середньому – критерії, що впливають на її досягнення, а на нижніх рівнях – альтернативи або показники. Такий підхід дозволяє краще зрозуміти структуру проблеми і логіку взаємозв’язків між її елементами. Ієрархічна організація є не лише технічним прийомом, а й важливою концептуальною особливістю методу. Вона відображає природний спосіб мислення людини, яка, аналізуючи складну ситуацію, інтуїтивно виділяє головні та другорядні фактори, групує їх та розглядає на різних рівнях абстракції. Таким чином, АНР фактично формалізує процес структурного мислення [263].

Ще однією важливою рисою методу є акцент на відносних, а не абсолютних оцінках. У багатьох задачах важко сказати, наскільки саме важливий той чи інший критерій у числовому вираженні. Проте значно простіше відповісти на питання, який із двох критеріїв є важливішим і наскільки. Саме ця логіка робить метод зручним для роботи з експертами.

Історично AHP став одним із перших інструментів, що дозволив системно враховувати людський фактор у формальних моделях. Він показав, що процес прийняття рішень не є суто математичним, а поєднує аналітичні розрахунки з когнітивними механізмами. Це привело до появи нового напряму досліджень, який поєднує економіку, психологію, теорію управління та прикладну математику [264, 265]. З часом метод отримав широке визнання у науковому середовищі. Його почали використовувати у задачах оцінювання ефективності підприємств, вибору стратегій розвитку, управління ризиками, аналізу інвестиційних проектів, планування ресурсів. У багатьох випадках він застосовувався саме як інструмент визначення ваг критеріїв, які потім використовувалися в інших багатокритеріальних моделях.

Особливе значення AHP має у тих задачах, де неможливо отримати точні статистичні дані, але є доступ до експертних знань. Метод дозволяє систематизувати ці знання, зробити їх більш структурованими та придатними для подальшого аналізу. Це робить його універсальним інструментом у дослідженнях, пов’язаних із соціально-економічними системами [266]. Водночас розвиток методу не зупинився на класичній формі. З’явилися численні модифікації, які враховують нечіткість оцінок, групові експертні рішення, динамічні зміни критеріїв. Зокрема, поєднання AHP із нечіткою логікою стало одним із найбільш перспективних напрямів, оскільки дозволяє ще точніше відобразити невизначеність і суб’єктивність оцінювання [267].

З теоретичної точки зору, AHP займає особливе місце серед методів MCDM. Якщо адитивні моделі орієнтовані на числову інтеграцію показників, а методи ідеальної точки – на геометричну близькість до оптимального стану, то AHP зосереджений на визначенні структури важливості критеріїв. Він відповідає на фундаментальне питання: які фактори мають більший вплив і наскільки [268, 269]. Саме тому цей метод часто використовується як базовий етап у більш складних системах багатокритеріального аналізу. Він дозволяє сформувати логічно обґрунтовану систему ваг, яка потім використовується у процедурах інтеграції, ранжування або нечітко-логічного моделювання.

У ширшому науковому контексті AHP можна розглядати як міст між формальними математичними моделями та експертно-орієнтованими підходами. Він не замінює інші методи, а доповнює їх, забезпечуючи структуровану основу для оцінювання важливості критеріїв у складних багатофакторних системах. Формально ієрархічна структура може бути подана як множина рівнів: верхній рівень – загальна мета оцінювання; середній рівень – система критеріїв; нижній рівень – альтернативи або показники.

У рамках цього підходу ключовим етапом є побудова матриці попарних порівнянь. Для кожної пари критеріїв ci та cj експерт визначає, наскільки один критерій важливіший за інший. Результати записуються у квадратну матрицю. Основною задачею є визначення вагового вектора, який відображає відносну важливість критеріїв. У теоретичній постановці це зводиться до знаходження власного вектора матриці попарних порівнянь [270, 271].

Таким чином, на відміну від методів зваженого агрегування, де ваги задаються безпосередньо, у підходах попарного порівняння вони виводяться з системи експертних оцінок. Теоретично важливою властивістю цього класу методів є перевірка узгодженості суджень. Якщо експерт стверджує, що критерій $c1$ важливіший за $c2$, а $c2$ важливіший за $c3$, то логічно очікувати, що $c1$ буде важливішим за $c3$. У реальних оцінках ця транзитивність часто порушується. Тому вводиться показник узгодженості, який дозволяє оцінити, наскільки послідовними є експертні судження. Це є важливою теоретичною перевагою AHP, оскільки метод не лише формує ваги, але й дозволяє оцінити якість вихідної інформації. Методи попарних порівнянь мають кілька суттєвих особливостей, що відрізняють їх від інших підходів MCDM [272].

По-перше, вони базуються на ідеї декомпозиції складної задачі. Замість прямого визначення ваг великої кількості критеріїв, процес розбивається на серію простіших порівнянь. Це зменшує когнітивне навантаження на експерта і підвищує точність оцінок. По-друге, ці методи добре працюють у ситуаціях, коли кількісні дані відсутні або недостатні. Ваги критеріїв можуть бути

визначені повністю на основі експертних знань. Це особливо важливо для задач, де частина параметрів має якісний характер. По-третє, ієрархічна структура дозволяє враховувати складну внутрішню організацію системи. Критерії можуть бути згруповані у підсистеми, а ваги можуть визначатися як на локальному, так і на глобальному рівні. У результаті формується багаторівнева модель пріоритетів.

Теоретично цей клас методів займає проміжне місце між простими адитивними моделями та більш складними методами домінування. Він поєднує формалізовану математичну структуру з експертною логікою оцінювання. Водночас підходи попарних порівнянь мають і певні обмеження. Зі зростанням кількості критеріїв різко зростає кількість необхідних порівнянь. Крім того, результати значною мірою залежать від суб'єктивних суджень експертів. Хоча перевірка узгодженості частково вирішує цю проблему, повністю усунути її неможливо. Попри це, методи попарних порівнянь залишаються одним із найбільш поширених інструментів визначення ваг у задачах MCDM. Вони добре поєднуються з іншими підходами, зокрема з нечіткою логікою, де матриці порівнянь можуть формуватися на основі нечітких оцінок. З теоретичної точки зору, значення цього класу методів полягає в тому, що вони забезпечують формальний механізм переходу від експертних уявлень про важливість критеріїв до кількісно визначених вагових коефіцієнтів [273, 274].

Після формування інтегральних індексів спроможності будівельного підприємства за допомогою нечітко-логічного блоку (Y1–Y5) виникає необхідність переходу від опису стану підприємства до порівняльного аналізу можливих стратегічних альтернатив його розвитку. На цьому етапі принципово важливим є коректне врахування відносної значущості кожної з підсистем підприємства, оскільки їхній вплив на результати діяльності не є однаковим і залежить від поточного економічного контексту.

У практиці економічного аналізу будівельних підприємств відсутні універсальні нормативні коефіцієнти, які б дозволяли однозначно визначити,

наприклад, що фінансова спроможність завжди важливіша за кадрову або що логістична готовність має фіксовану вагу незалежно від умов реалізації проєктів. У реальних умовах відносна важливість цих складових змінюється залежно від фази життєвого циклу підприємства, рівня зовнішньої нестабільності, доступності ресурсів та характеру запланованих трансформацій [275, 276]. З огляду на це застосування методу аналізу ієрархій є методологічно обґрунтованим. AHP дозволяє формалізувати експертні судження щодо відносної важливості критеріїв у структурований, кількісно визначений вигляд, зберігаючи при цьому прозорість і логічну інтерпретованість результатів. На відміну від простого призначення ваг або нормалізованого усереднення, AHP передбачає системну перевірку узгодженості експертних оцінок, що є принципово важливим для наукової коректності дослідження [277–279].

У межах даної роботи метод AHP використовується не як інструмент агрегування показників, а як допоміжний методологічний етап, спрямований на визначення ваг критеріїв для подальших процедур багатокритеріального прийняття рішень (рис. 3.3). Такий підхід забезпечує чіткий розподіл ролей між методами: нечітка логіка відповідає за формування інтегральних індексів, тоді як AHP - за встановлення їх відносної важливості в процесі вибору стратегій розвитку.

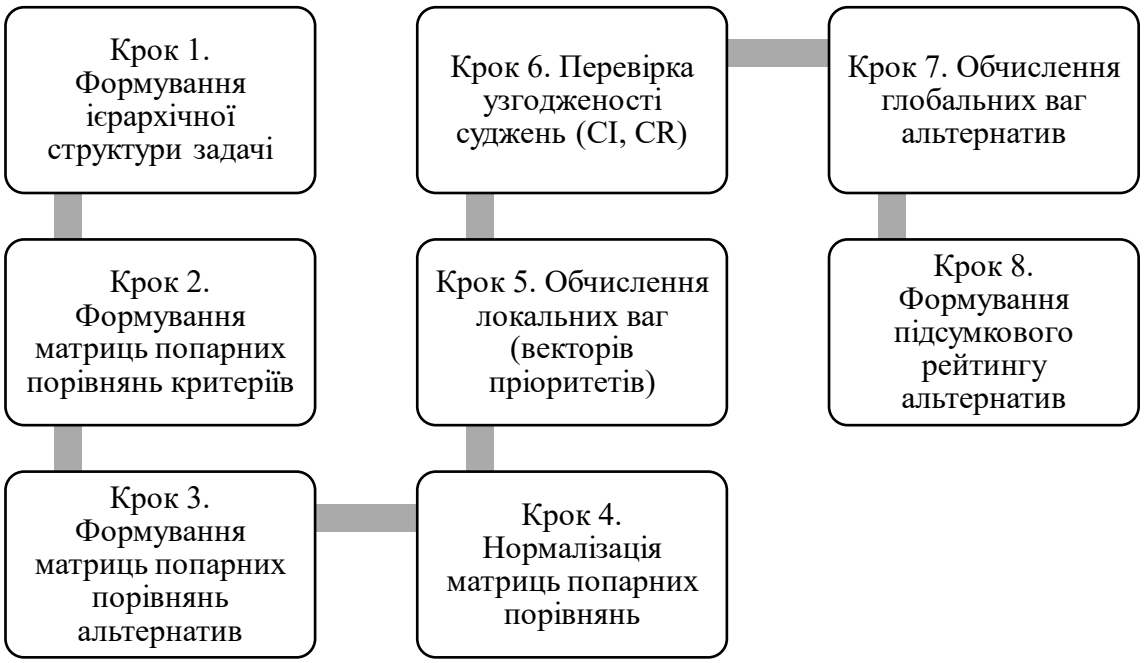


Рисунок 3.3. Логічна послідовність застосування методу AHP.

У класичному формулюванні AHP передбачає побудову багаторівневої ієрархії, що включає мету, критерії та альтернативи. У даному дослідженні ієрархія навмисно спрощена, оскільки всі первинні показники вже агреговані у межах нечітко-логічного блоку. Таким чином, AHP застосовується на рівні інтегральних індексів, що зменшує складність моделі та підвищує її інтерпретованість.

Метою AHP на цьому етапі є визначення відносної важливості інтегральних індексів спроможності для подальшого вибору стратегічних альтернатив розвитку будівельного підприємства.

Як критерії розглядаються п’ять інтегральних індексів:

- Y1 індекс фінансово-економічної спроможності, що відображає здатність підприємства забезпечувати фінансову стабільність та фінансувати розвиток;
- Y2 індекс операційно-виробничої спроможності, який характеризує ефективність реалізації будівельних процесів;
- Y3 індекс управлінської керованості, що відображає якість організації управлінських процесів;

– Y4 індекс кадрової спроможності, який характеризує людський потенціал підприємства;

– Y5 індекс логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень.

Обрані критерії є концептуально незалежними, але водночас взаємопов'язаними, що робить їх придатними для аналізу саме в межах AHP. Ключовим етапом методу AHP є побудова матриці парних порівнянь, у якій експерт порівнює критерії попарно за ступенем їхньої важливості відносно поставленої мети. Для цього використовується дев'ятибальна шкала Сааті, де значення 1 відповідає рівній важливості критеріїв, а значення 9 - абсолютній перевазі одного критерію над іншим.

У даному прикладі використано експертну логіку, характерну для середнього будівельного підприємства в умовах обмеженого доступу до фінансових ресурсів та підвищених організаційних ризиків. Згідно з цією логікою фінансово-економічна спроможність (Y1) розглядається як базова умова реалізації будь-якої стратегії розвитку, однак не домінує абсолютно над іншими складовими. На цій основі формується матриця парних порівнянь $A = [a_{ij}]$, де a_{ij} - елемент матриці попарних порівнянь [280].

Для визначення ваг критеріїв у роботі використано метод геометричних середніх, який є одним із найбільш поширених та інтерпретованих способів реалізації AHP. Перевагою цього методу є його обчислювальна простота та стійкість до незначних коливань експертних оцінок.

$$G_i = \left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \tag{3.15}$$

де G_i - геометричне середнє і-го рядка, n - кількість критеріїв

Спочатку для кожного рядка матриці парних порівнянь обчислюється геометричне середнє, яке відображає інтегральну оцінку відносної важливості відповідного критерію. Далі отримані значення нормалізуються таким чином, щоб сума ваг дорівнювала одиниці. У результаті формується вектор ваг W,

який може безпосередньо використовуватися в подальших процедурах багатокритеріального аналізу.

$$w_i = \frac{G_i}{\sum_{k=1}^{n} G_k}, \tag{3.16}$$

де w_i - вага і-го критерію.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \tag{3.17}$$

$$Aw = A \cdot w \tag{3.18}$$

де A - матриця порівнянь, Aw - вектор зважених сум.

$$(Aw)_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} w_j \tag{3.19}$$

$$r_i = \frac{(Aw)_i}{w_i} \tag{3.20}$$

де r_i - часткова оцінка максимального власного значення.

Однією з ключових переваг методу AHP є можливість кількісної перевірки узгодженості експертних суджень. Це дозволяє уникнути ситуації, коли формально отримані ваги ґрунтуються на внутрішньо суперечливих порівняннях.

Оцінка найбільшого власного значення (практична оцінка):

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{(Aw)_i}{w_i} \tag{3.21}$$

де λmax - найбільше власне значення.

Індекс узгодженості:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{3.22}$$

де CI - індекс узгодженості.

Відношення узгодженості:

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3.23}$$

де CR - відношення узгодженості, RI - “random index”, який залежить від розміру матриці (для n = 5 RI = 1,12). Критерій прийнятності: CR < 0.10

Для цього обчислюється показник узгодженості, який базується на оцінці максимального власного числа матриці парних порівнянь. Отримане значення порівнюється з випадковим індексом узгодженості для відповідного розміру матриці. Якщо відношення узгодженості не перевищує граничного значення 0,1, експертні судження вважаються прийнятними [281, 282].

Отриманий вектор ваг критеріїв не є кінцевим результатом дослідження, а використовується як вхідна інформація для подальших процедур багатокритеріального прийняття рішень. Таким чином, AHP виконує роль перехідного методологічного етапу між нечітко-логічною оцінкою стану підприємства та вибором стратегічних альтернатив його розвитку. У загальному ланцюгу дослідження AHP забезпечує формалізацію пріоритетів, тоді як остаточний вибір стратегій здійснюється за допомогою методів MCDM, орієнтованих на порівняння альтернатив.

III. Третій клас – методи на основі ідеальної точки. Їх теоретична основа полягає в уявленні про існування деякого гіпотетичного «найкращого» стану системи, який характеризується оптимальними значеннями за всіма критеріями. Кожна реальна альтернатива розглядається як точка у багатовимірному просторі критеріїв, а її якість визначається ступенем близькості до цього ідеального стану. У межах цієї концепції задача багатокритеріального вибору формулюється як задача пошуку альтернативи, яка є максимально близькою до позитивного ідеалу та максимально віддаленою від негативного ідеалу. Такий підхід дозволяє враховувати не

лише абсолютні значення критеріїв, а й їх взаємне співвідношення та положення альтернатив у просторі рішень.

Цей підхід отримав найбільш повну реалізацію у методі TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), який є одним із найпоширеніших представників класу методів ідеальної точки. Теоретичною основою методу є геометричне уявлення про задачу вибору. Кожна альтернатива розглядається як точка у n-вимірному просторі критеріїв. Ідеальна альтернатива – це точка, яка має найкращі координати за всіма вимірами. Негативна ідеальна альтернатива – точка з найгіршими координатами. Якість реального об’єкта визначається його положенням між цими двома крайніми станами.

Метод TOPSIS сформувався в межах розвитку теорії багатокритеріального аналізу у другій половині XX століття як відповідь на потребу більш наочної та геометрично інтерпретованої моделі прийняття рішень. Його поява була пов’язана з пошуком альтернативи суто адитивним підходам, у яких інтегральна оцінка формувалася через підсумовування значень критеріїв. Дослідники прагнули створити метод, який би не лише агрегував показники, але й дозволяв оцінити, наскільки об’єкт у цілому наближений до бажаного стану. TOPSIS був запропонований на початку 1980-х років як універсальний інструмент багатокритеріального ранжування, який можна застосовувати у різних галузях – від інженерних задач до економіки та управління. Його концепція швидко отримала поширення завдяки простоті, логічній зрозумілості та можливості інтерпретувати результати у наочній формі.

Основна ідея методу базується на інтуїтивно зрозумілому принципі: найкраща альтернатива повинна бути максимально наближеною до ідеального рішення та максимально віддаленою від найгіршого. Такий підхід відображає природну логіку оцінювання, коли якість об’єкта визначається не лише його абсолютними характеристиками, а й тим, наскільки він відповідає уявленню про бажаний стан. У процесі розвитку теорії прийняття рішень стало

очевидно, що інтегральна оцінка у вигляді простої зваженої суми не завжди адекватно відображає реальну ситуацію. Наприклад, два об’єкти можуть мати однакову сумарну оцінку, але один з них буде більш збалансованим за всіма критеріями, тоді як інший – матиме дуже високі значення за одними показниками і дуже низькі за іншими. З позиції практичного управління перший варіант часто є більш надійним, але адитивні моделі не завжди дозволяють це побачити. Саме в цьому контексті виникла ідея розглядати кожну альтернативу як точку у багатовимірному просторі критеріїв. У цьому просторі можна уявити умовний «ідеальний» об’єкт, який має найкращі значення за всіма параметрами, а також «антиідеальний» об’єкт із найгіршими значеннями. Реальні альтернативи займають певне положення між цими двома крайніми точками [283, 284]. Зміст методу полягає в тому, щоб визначити, яка з альтернатив найбільш наближена до ідеального стану в цілому, а не лише за окремими критеріями. Такий підхід дозволяє оцінити не тільки рівень розвитку системи, але й ступінь її збалансованості. Об’єкт, який демонструє помірно високі значення за всіма показниками, може виявитися кращим за об’єкт із дуже високими результатами в одній сфері та провалами в іншій.

Історично TOPSIS став одним із методів, що змістили акцент у багатокритеріальному аналізі з підсумовування на просторове мислення. Він дозволив інтерпретувати задачу оцінювання як задачу визначення положення об’єкта у багатовимірному просторі та аналізу його близькості до еталонного стану. Це дало новий рівень наочності, оскільки результат можна трактувати як відносну позицію між найкращим і найгіршим можливими варіантами. Ще однією причиною швидкого поширення методу стала його універсальність. Він не прив’язаний до конкретної предметної області та може використовуватися для аналізу будь-яких систем, де є множина альтернатив і набір критеріїв. Це зробило його популярним у задачах оцінювання ефективності підприємств, вибору технологій, аналізу інвестиційних проектів, управління ресурсами та стратегічного планування.

З часом TOPSIS отримав велику кількість модифікацій. Зокрема, були розроблені версії для роботи з нечіткими даними, інтервальними оцінками, груповими експертними судженнями. Це розширило сферу його застосування, дозволивши використовувати метод у задачах, де інформація є неповною або неточною. Важливим теоретичним аспектом є те, що метод не потребує складної структури правил або ієрархій. Він працює безпосередньо з матрицею даних і системою ваг. Це робить його зручним для задач, де структура критеріїв уже визначена, а основна проблема полягає в інтеграції інформації та ранжуванні об’єктів. Водночас TOPSIS має й певні концептуальні обмеження. Його результати залежать від вибору способу нормалізації, визначення ваг критеріїв та формування ідеального еталону. Проте ці особливості характерні для більшості багатокритеріальних методів і не знижують його загальної ефективності.

У ширшому науковому контексті TOPSIS став одним із ключових інструментів, що дозволив перейти від абстрактних моделей корисності до більш наочних і геометрично інтерпретованих підходів. Він дозволяє оцінювати не лише рівень окремих показників, а й загальну структуру системи, її збалансованість і ступінь відповідності бажаному стану. Саме ця властивість робить його особливо корисним у задачах комплексного оцінювання, де важливо не тільки визначити найкращий варіант, але й зрозуміти, наскільки кожен об’єкт наближений до оптимальної конфігурації параметрів.

Однією з ключових переваг цього класу методів є те, що вони враховують одночасно два аспекти: прагнення до найкращих значень критеріїв та уникнення найгірших значень. На відміну від простих адитивних моделей, де високе значення одного критерію може компенсувати низьке значення іншого, підхід ідеальної точки оцінює загальну «геометричну збалансованість» альтернативи. Ще однією важливою особливістю є те, що метод не потребує складних експертних процедур для формування структури моделі. Основними вхідними даними є матриця значень критеріїв та ваги

критеріїв. Усі інші етапи є формалізованими і можуть бути реалізовані алгоритмічно. З теоретичної точки зору, цей клас методів особливо ефективний у задачах, де необхідно оцінити, наскільки об’єкт наближений до бажаного стану. У такій постановці ідеальна точка виступає як еталон, а процес оцінювання – як вимірювання відстані до цього еталону.

Водночас існують певні обмеження. Метод чутливий до способу нормалізації та вибору ваг. Крім того, він передбачає, що всі критерії є порівнянними у геометричному сенсі, тобто можуть бути представлені у спільному просторі. Попри це, підходи ідеальної точки мають важливе теоретичне значення, оскільки вони пропонують іншу логіку інтеграції критеріїв у порівнянні з адитивними моделями. Якщо зважене агрегування орієнтоване на підсумовування внесків критеріїв, то TOPSIS орієнтований на вимірювання структурної близькості до оптимального стану.

Цей підхід добре поєднується з іншими класами методів. Наприклад, ваги критеріїв можуть визначатися за допомогою попарних порівнянь, а оцінки критеріїв можуть бути отримані з нечітко-логічних моделей. Таким чином формується інтегрована багаторівнева схема багатокритеріального аналізу.

Після формування інтегральних індексів спроможності будівельного підприємства за допомогою нечітко-логічного моделювання та визначення їх відносної важливості методом аналізу ієрархій постає завдання безпосереднього вибору або ранжування стратегічних альтернатив розвитку**.** На цьому етапі аналіз переходить від оцінки стану підприємства до підтримки прийняття управлінських рішень, що зумовлює необхідність використання адекватного інструментарію багатокритеріального аналізу.

У практиці економіки та управління підприємствами будівельної галузі стратегічні рішення майже завжди мають багатокритеріальний характер. Вибір між альтернативами розвитку пов’язаний не лише з фінансовими обмеженнями, але й з операційною ефективністю, якістю управління, кадровим потенціалом та логістично-організаційними можливостями

підприємства. При цьому зазначені критерії є різнорідними за економічною природою, часто конфліктують між собою та не можуть бути зведені до єдиного показника без суттєвих методологічних спрощень.

Метод TOPSIS є одним із найбільш поширених методів багатокритеріального прийняття рішень, який ґрунтується на інтуїтивно зрозумілій концепції ідеального рішення (рисунок 3.4). Такий підхід є особливо придатним для аналізу стратегій розвитку будівельних підприємств, оскільки дозволяє врахувати як потенційні вигоди, так і обмеження кожної альтернативи.

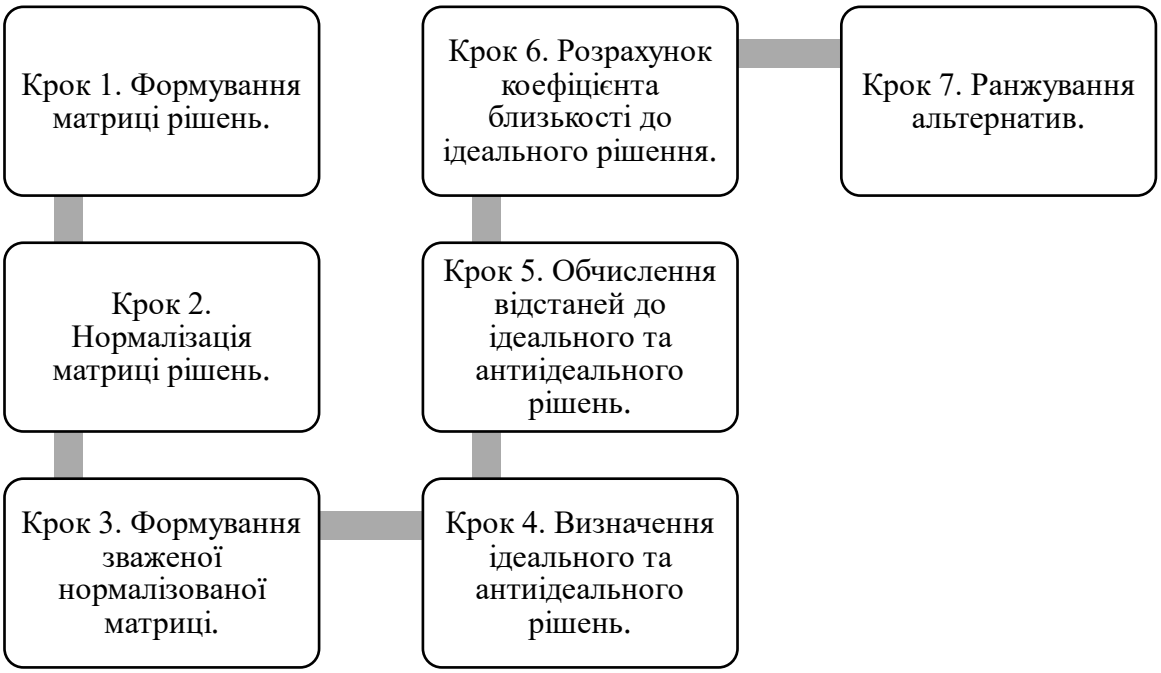


Рисунок 3.4. Логічна послідовність застосування методу TOPSIS.

Важливою перевагою методу TOPSIS у межах даного дослідження є його природна сумісність із результатами нечітко-логічного моделювання**.** Інтегральні індекси Y1–Y5, отримані на попередньому етапі, є нормалізованими, інтерпретованими та безрозмірними показниками, що робить їх безпосередньо придатними для використання як критеріїв у TOPSIS. На відміну від методів, які вимагають жорстких порогових значень або детального кількісного опису альтернатив, TOPSIS допускає використання агрегованих індикаторів, сформованих на основі експертної інформації. Крім

того, метод TOPSIS дозволяє явно враховувати відносну важливість критеріїв, визначену методом AHP. Це забезпечує методологічну послідовність у межах запропонованого ланцюга аналізу та унеможливлює ситуацію, коли критерії з різною економічною значущістю мають однаковий вплив на результат ранжування. Таким чином, TOPSIS виконує роль логічного завершального етапу багатокритеріального аналізу, у якому поєднуються результати нечіткої оцінки стану підприємства та експертно обґрунтовані пріоритети критеріїв.

Ефективність застосування методу TOPSIS значною мірою залежить від коректності формування множини стратегічних альтернатив, що підлягають порівнянню. У межах даного дослідження стратегічні альтернативи розглядаються не як абстрактні сценарії, а як реалістичні напрями розвитку будівельного підприємства, які можуть бути реалізовані з урахуванням його поточного економічного стану та інституційних обмежень. Принциповим методологічним рішенням є відмова від порівняння різних підприємств між собою. Натомість аналіз зосереджується на виборі оптимальної стратегії для одного конкретного підприємства, що дозволяє уникнути спотворень, пов'язаних з регіональними, галузевими або масштабними відмінностями. Такий підхід відповідає логіці управлінського аналізу та підвищує прикладну цінність отриманих результатів.

Множина альтернатив сформована таким чином, щоб охопити як інерційні, так і трансформаційні сценарії розвитку. Базова стратегія (S1) відображає варіант збереження поточної моделі функціонування без суттєвих змін, що дозволяє використовувати її як еталон для порівняння інших альтернатив. Стратегія організаційної оптимізації (S2) орієнтована на внутрішні управлінські та організаційні зміни без радикального перегляду виробничої моделі, що є типовим підходом для підприємств із обмеженими інвестиційними можливостями. Стратегія інтенсифікації виробничих процесів (S3) передбачає підвищення операційної ефективності за рахунок кращого використання наявних ресурсів, оптимізації графіків та скорочення непродуктивних витрат. Такий варіант є привабливим для підприємств із

відносно стабільною фінансовою базою, але обмеженими можливостями для масштабних інвестицій. Окреме місце займає стратегія впровадження префабрикованих рішень (S4), яка розглядається як інноваційний напрям розвитку, особливо актуальний у контексті відновлення житлового фонду. Водночас ця стратегія є вимогливою до логістично-організаційної готовності та кадрової спроможності підприємства, що робить її доцільність залежною від значень відповідних інтегральних індексів. Таким чином, сформована множина альтернатив є методологічно обґрунтованою, репрезентативною та придатною для подальшого багатокритеріального аналізу методом TOPSIS. Після визначення множини стратегічних альтернатив розвитку будівельного підприємства та обґрунтування вибору інтегральних індексів спроможності як критеріїв багатокритеріального аналізу, наступним етапом застосування методу TOPSIS.

Крок 1. Формування матриці рішень.

Саме ця матриця є формалізованим відображенням взаємозв'язку між альтернативами та критеріями й слугує вихідною базою для всіх подальших розрахунків.

У даному дослідженні як критерії використовуються інтегральні показники, отримані на попередньому етапі нечітко-логічного моделювання: фінансово-економічна спроможність, операційно-виробнича спроможність, управлінська керованість, кадрова спроможність та логістично-організаційна готовність.

У загальному вигляді початкова матриця рішень визначається як:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

де m - кількість стратегічних альтернатив; n - кількість критеріїв.

У межах даного дослідження m=5 і n=4, що відповідає чотирьом стратегічним альтернативам розвитку (S1–S4) та п’яти інтегральним індексам спроможності (Y1–Y5). Принциповою особливістю формування матриці рішень є те, що значення x_{ij} не є первинними економічними показниками, а являють собою інтегральні індекси**,** отримані на основі нечітко-логічного моделювання. Це означає, що кожен елемент матриці вже враховує внутрішню невизначеність, експертні судження та агреговану інформацію про стан відповідної підсистеми підприємства.

Усі критерії Y1–Y5 у даному дослідженні належать до класу стимулюючих критеріїв**,** тобто більші значення показника відповідають кращому рівню спроможності та є бажаними з точки зору вибору стратегії розвитку. Така однорідність напрямку оптимізації спрощує подальшу реалізацію методу TOPSIS і не потребує додаткових
трансформацій для дестимулюючих критеріїв.

Крок 2. Нормалізація матриці рішень.

Оскільки значення критеріїв у матриці рішень можуть мати різні діапазони та варіативність, наступним обов’язковим етапом методу TOPSIS є нормалізація початкової матриці**.** Метою нормалізації є приведення всіх критеріїв до безрозмірного вигляду, що унеможливлює домінування окремих показників виключно через їхній масштаб. У даному дослідженні використовується векторна нормалізація**,** яка є стандартною для методу TOPSIS і добре підходить для роботи з безрозмірними інтегральними індексами.

Нормалізоване значення r_{ij} обчислюється за формулою:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}, \qquad (3.26)$$

де x_{ij}- елемент початкової матриці рішень; m - кількість альтернатив.

Ця формула забезпечує нормування кожного стовпця матриці таким чином, що сума квадратів нормалізованих значень за кожним критерієм дорівнює одиниці.

$$\mathbf{R} = [r_{ij}]. \tag{3.27}$$

Отримана матриця зберігає відносні відмінності між альтернативами, проте усуває вплив масштабу окремих критеріїв, що є необхідною умовою коректного застосування методу TOPSIS.

Крок 3. Формування зваженої нормалізованої матриці.

Після виконання нормалізації початкової матриці рішень наступним етапом методу TOPSIS є врахування відносної важливості критеріїв**,** визначеної на попередньому етапі за допомогою методу аналізу ієрархій. Цей етап є принципово важливим, оскільки дозволяє перейти від формально рівноправних критеріїв до моделі, у якій кожен з них впливає на результат відповідно до своєї економічної значущості.

Нехай w_j - вага j-го критерію, r_{ij} - нормалізоване значення j-го критерію для і-ї альтернативи. Тоді елементи зваженої нормалізованої матриці визначаються за формулою:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \tag{3.28}$$

де

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1.$$

Обчислення виконуються для всіх елементів нормалізованої матриці, у результаті чого формується зважена нормалізована матриця рішень**:**

$$\mathbf{V} = [v_{ij}]. \tag{3.29}$$

Отримана матриця відображає вже не лише відносні позиції альтернатив за кожним критерієм, але й враховує їхню пріоритетність у загальній структурі економічної спроможності підприємства.

Крок 4. Визначення ідеального та антиідеального рішень.

Центральною ідеєю методу TOPSIS є концепція ідеального рішення**,** яке одночасно максимізує всі стимулюючі критерії, та антиідеального рішення**,** яке відповідає найгіршому можливому поєднанню значень критеріїв.

Для кожного критерію j визначаються позитивне ідеальне значення A_j+ та негативне ідеальне значення A_j-.

Оскільки всі критерії Y1–Y5 у даному дослідженні є стимулюючими, позитивне та негативне ідеальні рішення визначаються відповідно як:

$$A_j^+ = \max_i v_{ij} \tag{3.30}$$

$$A_j^- = \min_i v_{ij} \tag{3.31}$$

Таким чином, позитивне ідеальне рішення являє собою вектор:

$$A^+ = (A_1^+, A_2^+, \ldots, A_n^+), \tag{3.32}$$

а негативне ідеальне рішення:

$$A^- = (A_1^-, A_2^-, \ldots, A_n^-). \tag{3.33}$$

Позитивне ідеальне рішення не відповідає жодній реальній стратегії розвитку підприємства, а є умовним еталоном**,** що відображає максимально можливий рівень спроможності за всіма критеріями одночасно. Негативне ідеальне рішення, навпаки, відображає гранично несприятливу ситуацію, за якої реалізація стратегії розвитку є економічно необґрунтованою.

Крок 5. Обчислення відстаней до ідеального та антиідеального рішень.

Після визначення позитивного та негативного ідеальних рішень для кожної стратегічної альтернативи обчислюються відстані до цих еталонів**.** У методі TOPSIS зазвичай використовується евклідова метрика, яка дозволяє

оцінити “геометричну” близькість альтернативи до ідеального рішення в багатовимірному просторі критеріїв.

Відстань до позитивного ідеального рішення визначається як:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - A_j^+)^2}, \tag{3.34}$$

а відстань до негативного ідеального рішення:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - A_j^-)^2}. \tag{3.35}$$

Мала відстань Di+ означає, що відповідна стратегія розвитку є близькою до ідеального поєднання критеріїв. Водночас велике значення Di− свідчить про значну віддаленість від найгіршого сценарію, що є бажаним з точки зору прийняття управлінських рішень.

Саме одночасне врахування обох відстаней дозволяє уникнути ситуацій, коли стратегія виглядає привабливою лише за одним або кількома критеріями, але має критичні обмеження за іншими.

Крок 6. Розрахунок коефіцієнта близькості до ідеального рішення.

Для інтегральної оцінки привабливості кожної альтернативи використовується коефіцієнт відносної близькості до ідеального рішення Ci, який визначається як:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \tag{3.36}$$

Чим більше значення Ci, тим ближчою є відповідна альтернатива до позитивного ідеального рішення та тим привабливішою вона є з точки зору сукупності критеріїв.

Крок 7. Ранжування альтернатив.

На завершальному етапі альтернативи впорядковуються за спаданням значення Ci. Альтернатива з найбільшим значенням коефіцієнта близькості вважається найбільш пріоритетною, оскільки вона одночасно:

- має мінімальну відстань до ідеального рішення;
- має максимальну відстань до антиідеального стану.

Отриманий рейтинг дозволяє здійснити обґрунтований вибір оптимального сценарію розвитку будівельного підприємства на основі комплексної багатокритеріальної оцінки.

IV. Четвертий клас – методи домінування та переваг. На відміну від адитивних моделей або методів ідеальної точки, які прагнуть отримати інтегральну оцінку шляхом агрегування критеріїв, методи домінування орієнтовані на попарне порівняння альтернатив і встановлення того, чи можна вважати одну альтернативу кращою за іншу з урахуванням усієї системи критеріїв. Теоретично ці методи виходять з того, що у складних багатокритеріальних задачах не завжди коректно зводити всі показники до одного інтегрального числа. У багатьох випадках критерії можуть бути суперечливими, а їх вплив – нелінійним і некомпенсованим. Це означає, що дуже високий рівень за одним критерієм не повинен повністю перекривати дуже низький рівень за іншим. Саме тому в межах цього підходу використовується концепція «переваги» або «домінування», а не проста інтегральна функція корисності.

Інтуїтивно домінування означає, що одна альтернатива є «не гіршою» за іншу за більшістю критеріїв і водночас «суттєво кращою» хоча б за частиною з них. Однак у реальних задачах рідко зустрічається ситуація строгого домінування, коли одна альтернатива перевищує іншу за всіма параметрами. Тому методи цього класу використовують більш гнучкі механізми порівняння. Вони базуються на двох ключових ідеях: узгодженість (concordance) – ступінь, з яким одна альтернатива краща за іншу; неузгодженість (discordance) – ступінь, з яким одна альтернатива значно гірша за іншу за окремими критеріями.

Таким чином, перевага встановлюється не лише на основі середнього рівня показників, а й з урахуванням «критичних слабких місць». Методи сімейства ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality) базуються на побудові відношення «переважає» між альтернативами. Основна ідея полягає

у визначенні того, чи є достатні підстави вважати, що альтернатива ai краща за ak.

Метод ELECTRE належить до одного з найбільш концептуально глибоких напрямів у теорії багатокритеріального аналізу. Його поява пов'язана з європейською школою досліджень у сфері прийняття рішень, яка почала активно розвиватися у 1960–1970-х роках. Саме в цей період стало зрозуміло, що класичні методи оптимізації та прості моделі агрегування не здатні адекватно описати складні управлінські задачі, де критерії можуть суперечити один одному, а інформація є неповною або неоднозначною. Метод ELECTRE був розроблений французькими дослідниками як інструмент для прийняття стратегічних рішень у промисловості та державному плануванні. Назва методу є абревіатурою, що вказує на його основну ідею – «вираження вибору через відображення реальності». Це підкреслює прагнення авторів створити підхід, який би максимально наближав формальну модель до реального процесу людського оцінювання.

Історично цей метод став альтернативою адитивним моделям, у яких всі критерії зводяться до одного інтегрального показника через підсумовування. Французька школа досліджень вважала, що такий підхід є надто спрощеним, оскільки він допускає повну компенсацію між критеріями. Наприклад, дуже високі значення за одними параметрами можуть повністю перекрити критично низькі значення за іншими. У багатьох практичних задачах така логіка є неприйнятною. Саме тому в основу ELECTRE була покладена інша філософія прийняття рішень. Замість пошуку «найкращого» варіанта через інтегральну функцію було запропоновано аналізувати, чи можна вважати одну альтернативу кращою за іншу з урахуванням всієї системи критеріїв. Це означає перехід від підходу «оцінювання» до підходу «порівняння».

Центральною ідеєю методу є поняття домінування. Воно означає, що одна альтернатива може вважатися кращою за іншу, якщо більшість важливих критеріїв підтримують таку перевагу і при цьому немає критичних факторів,

які б цьому суперечили. Таким чином, рішення формується не на основі одного числа, а на основі структури взаємних відносин між альтернативами.

У теоретичному сенсі ELECTRE став одним із перших методів, який відмовився від ідеї повної порівнянності альтернатив. У реальному житті часто трапляються ситуації, коли не можна однозначно сказати, що один варіант кращий за інший. Один може мати сильніші фінансові показники, інший – кращу організаційну структуру, третій – більшу стабільність. У таких умовах побудова єдиного інтегрального показника може бути штучною.

Метод ELECTRE дозволяє працювати саме з такими ситуаціями. Він допускає, що між деякими альтернативами може не існувати чіткої переваги. Це робить модель більш гнучкою і ближчою до реального процесу прийняття рішень, де часто існують компроміси і неоднозначні оцінки. З часом метод отримав кілька модифікацій, які відрізняються за рівнем складності та сферою застосування. Різні версії використовуються для задач вибору, ранжування або класифікації альтернатив. Проте всі вони зберігають спільну концептуальну основу – аналіз відносин переваги між варіантами. Однією з ключових особливостей ELECTRE є те, що він враховує не лише загальну силу альтернативи, але й наявність її слабких місць. У реальних системах часто існують параметри, які мають критичне значення. Наприклад, дуже низький рівень стабільності або керованості може бути неприйнятним незалежно від високих значень інших показників. У таких випадках просте підсумовування критеріїв може давати спотворену картину. Метод домінування дозволяє виявити ситуації, коли альтернатива загалом виглядає сильною, але має критичні провали за окремими параметрами. Це робить його особливо корисним у задачах, де важливо уникнути ризикованих або нестійких рішень.

З наукової точки зору, ELECTRE став важливим кроком у розвитку теорії багатокритеріального аналізу, оскільки він запропонував іншу логіку роботи з інформацією. Якщо адитивні моделі будуються навколо поняття «інтегральної корисності», то методи домінування базуються на понятті «переваги» як відносної характеристики. Це означає, що рішення формується

через систему порівнянь, а не через одну узагальнену функцію. Ще однією важливою особливістю є те, що ELECTRE добре працює в умовах конфліктних критеріїв. У багатьох практичних задачах покращення одного показника може призводити до погіршення іншого. Наприклад, підвищення ефективності може супроводжуватися зростанням ризиків або витрат. У таких ситуаціях необхідно враховувати баланс між різними аспектами, а не лише їх сумарний ефект. Метод дозволяє аналізувати ці конфлікти і виявляти альтернативи, які є більш стійкими з точки зору загальної структури критеріїв. Це особливо важливо у стратегічному плануванні, де рішення повинні бути не лише ефективними, але й надійними у довгостроковій перспективі.

З практичної точки зору, ELECTRE часто використовується у задачах, де:

– критерії мають різну природу;
– інформація є частково якісною;
– існують критичні обмеження;
– необхідно враховувати ризики.

З часом метод почали поєднувати з іншими підходами. Наприклад, ваги критеріїв можуть визначатися за допомогою AHP, а сам процес порівняння альтернатив може доповнюватися нечіткою логікою. Це дозволяє створювати більш гнучкі моделі, які поєднують різні аспекти багатокритеріального аналізу. Таким чином, історично і концептуально ELECTRE став важливим етапом розвитку теорії прийняття рішень. Він запропонував іншу парадигму оцінювання, у якій головну роль відіграє не інтегральна оцінка, а структура взаємних переваг між альтернативами. Це зробило метод одним із ключових інструментів для аналізу складних багатокритеріальних систем.

Іншим важливим представником цього класу є метод PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation). Його теоретична основа полягає у побудові функцій переваги для кожного критерію. Метод PROMETHEE сформувався у 1980-х роках у межах розвитку європейської школи багатокритеріального аналізу як відповідь на обмеження

традиційних інтегральних підходів. Його поява була пов’язана з необхідністю створення інструменту, який би дозволяв моделювати реальний процес порівняння альтернатив у складних управлінських задачах, де критерії можуть бути суперечливими, а їх вплив – неоднорідним. Метод був розроблений бельгійськими дослідниками Жаном-П’єром Брансом і Бертраном Марешалем. У той період активно розвивалися методи домінування, які намагалися відійти від жорстких інтегральних показників і перейти до більш гнучких процедур порівняння. PROMETHEE став одним із ключових результатів цих досліджень і швидко набув поширення в задачах стратегічного планування, управління ресурсами, оцінювання проектів та аналізу складних систем. Історично метод виник як розвиток ідеї, що процес прийняття рішень не зводиться до обчислення одного узагальненого числа. У реальних умовах рішення часто формується через послідовне порівняння альтернатив: одна альтернатива може бути кращою за іншу за частиною критеріїв, але гіршою за іншими. Людина, приймаючи рішення, фактично оцінює «силу переваги» одного варіанту над іншим. Саме цю логіку і було покладено в основу методу PROMETHEE.

На відміну від адитивних моделей, де всі критерії підсумовуються, або від підходів ідеальної точки, де оцінюється близькість до еталону, PROMETHEE базується на систематичному попарному порівнянні альтернатив. Кожна альтернатива аналізується у контексті всіх інших, і для кожної пари визначається, наскільки одна переважає іншу. У результаті формується не просто інтегральна оцінка, а структурована картина відносних переваг у системі. Важливою особливістю методу є те, що він дозволяє враховувати не лише факт переваги, але й її інтенсивність. У реальних задачах різниця між альтернативами може бути незначною або, навпаки, суттєвою. PROMETHEE дозволяє відобразити цей аспект, що робить модель більш чутливою до реальних відмінностей між об’єктами. Ще одним ключовим кроком у розвитку методу стало введення поняття функцій переваги. Ця концепція дозволила формалізувати те, як саме сприймається різниця між

альтернативами за кожним окремим критерієм. У реальних умовах не будь-яка різниця має значення: дуже мала відмінність може вважатися несуттєвою, тоді як велика – свідчити про явну перевагу. Таким чином, PROMETHEE відображає не лише числову різницю, а й характер її сприйняття.

З історичної точки зору метод PROMETHEE став важливим етапом у розвитку так званих outranking-підходів – моделей, які не намагаються знайти «абсолютно найкращу» альтернативу, а формують систему часткових переваг. У таких моделях результатом є не просто одне число, а більш складна структура, яка показує, наскільки кожна альтернатива домінує над іншими та наскільки вона сама піддається домінуванню. Це суттєво відрізняє PROMETHEE від багатьох інших методів MCDM. Якщо, наприклад, адитивні моделі орієнтовані на підсумовування показників, а методи типу TOPSIS – на близькість до ідеального стану, то PROMETHEE намагається відтворити сам процес порівняння. Він відповідає на питання не лише «наскільки хороший об’єкт», а й «наскільки він сильніший або слабший за інші». З часом метод отримав кілька модифікацій, які дозволяють використовувати його у різних типах задач. Зокрема, були розроблені варіанти для часткового ранжування, повного ранжування, групових рішень та аналізу чутливості. Це значно розширило сферу його застосування і зробило його універсальним інструментом для аналізу складних систем.

У практичних дослідженнях PROMETHEE часто використовується там, де критерії мають різну природу і не можуть бути повністю взаємно компенсовані. Наприклад, у задачах оцінювання складних організаційних або економічних систем існують параметри, які мають критичний характер. Сильна сторона в одній сфері не завжди може компенсувати слабкість в іншій. Саме тому підхід, що базується на домінуванні, є більш реалістичним, ніж проста інтеграція. З методологічної точки зору PROMETHEE дозволяє отримати більш глибоке уявлення про структуру системи. Він показує не лише загальний рівень альтернатив, а й їх взаємне положення: які об’єкти стабільно домінують, які займають проміжні позиції, а які є слабкими з точки зору

більшості критеріїв. Така інформація особливо цінна у задачах стратегічного аналізу.

Ще однією важливою особливістю методу є його гнучкість. Він допускає використання різних типів критеріїв, різних способів визначення ваг і різних форм представлення даних. Це дозволяє адаптувати його до широкого кола практичних задач, включаючи ті, де частина інформації має експертний або якісний характер. З часом метод PROMETHEE почав поєднуватися з іншими підходами, зокрема з нечіткою логікою. Це дозволило враховувати невизначеність у оцінках і зробило модель ще більш придатною для аналізу соціально-економічних систем. У таких випадках переваги між альтернативами можуть задаватися не у вигляді точних чисел, а як нечіткі оцінки, що краще відображає реальний характер інформації.

У ширшому науковому контексті PROMETHEE можна розглядати як метод, що наближає формальні моделі до реального процесу мислення. Він не намагається звести складну багатокритеріальну задачу до одного числа, а дозволяє врахувати множинність точок зору і конфліктність критеріїв. Саме тому він є особливо корисним у задачах, де важлива не лише оцінка, а й розуміння структури переваг у системі.

Метод TOPSIS, попри свою інтуїтивну зрозумілість і широке застосування, передбачає можливість взаємної компенсації критеріїв**,** коли суттєві недоліки за одним із напрямів можуть бути нівельовані високими значеннями за іншими. У реальних умовах функціонування будівельних підприємств така компенсація не завжди є допустимою з управлінської точки зору. Наприклад, високий рівень фінансово-економічної спроможності не гарантує можливості реалізації складної стратегії розвитку за умов дефіциту кваліфікованих кадрів або низької логістично-організаційної готовності.

У цьому контексті доцільним є застосування методів багатокритеріального аналізу, які дозволяють перейти від компенсаційної логіки до логіки домінування та переваг**.** Саме до такого класу належить метод PROMETHEE**,** який ґрунтується на попарному порівнянні альтернатив і

дозволяє оцінювати не лише загальну “близькість до ідеалу”, але й ступінь переваги однієї альтернативи над іншою**.**

Особливу цінність методу PROMETHEE у межах даного дослідження становить його здатність враховувати різну чутливість управлінської системи до відмінностей між альтернативами**.** Для окремих критеріїв навіть незначна різниця може мати вирішальне значення (наприклад, кадрова або логістична спроможність), тоді як для інших критеріїв (фінансові показники) допустимі певні коливання без суттєвого впливу на прийняття рішення. PROMETHEE дозволяє формалізувати ці аспекти за допомогою функцій переваги та порогів чутливості.

У межах запропонованого методологічного ланцюга PROMETHEE використовується не як основний метод вибору, а як інструмент поглибленої перевірки та уточнення результатів**,** отриманих за допомогою TOPSIS (рисунок 3.5). Такий підхід дозволяє підвищити надійність висновків і мінімізувати ризик методологічно зумовлених спотворень результатів.

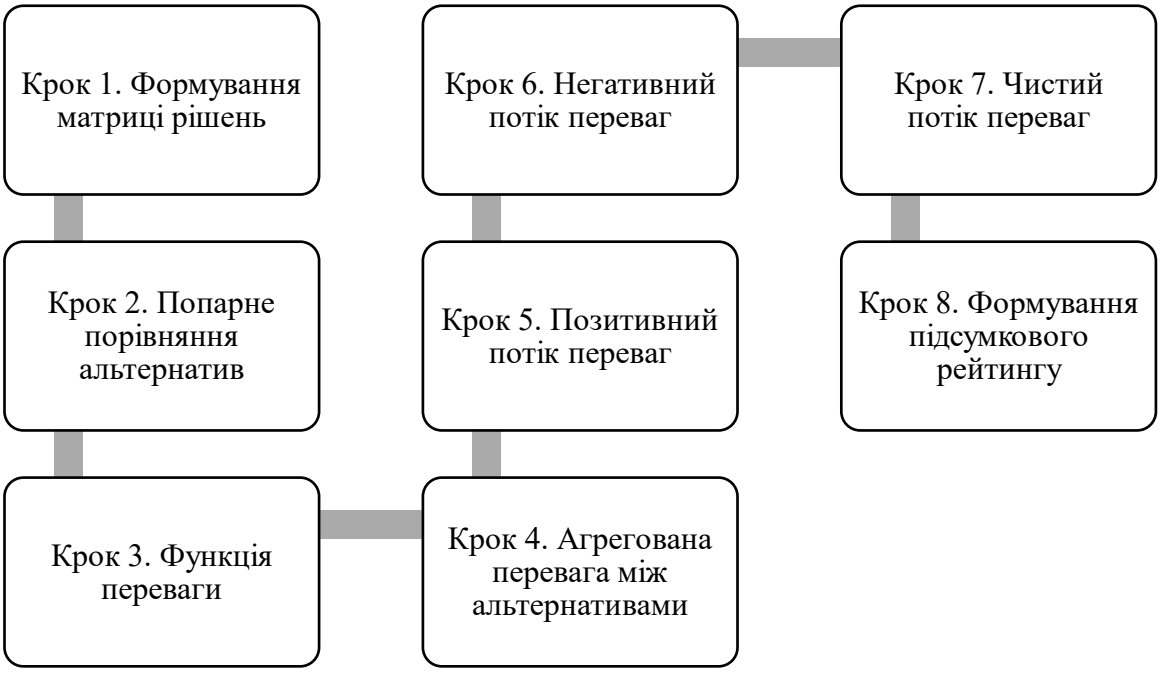


Рисунок 3.5. Логічна послідовність застосування методу PROMETHEE.

Крок 1. Формування матриці рішень.

На першому етапі формується матриця рішень:

$$X = [x_{ij}] \tag{3.37}$$

де i=1,…,m – альтернативи (сценарії розвитку підприємства); j=1,…,n – критерії оцінювання; x_{ij} – значення j-го критерію для i-го сценарію.

У дослідженні використовуються критерії Y1 – Y5.

Кожен критерій має вагу w_j, отриману на основі методу AHP, причому:

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1 \tag{3.38}$$

Крок 2. Попарне порівняння альтернатив.

Для кожної пари альтернатив (i,k) та кожного критерію j обчислюється різниця:

$$d_{ik}^{(j)} = x_{ij} - x_{kj} \tag{3.39}$$

Ця величина показує, наскільки сценарій i перевищує сценарій k за критерієм j.

Крок 3. Функція переваги.

Для перетворення різниць у міру переваги використовується функція переваги

$Pj(d)$. У дослідженні застосовано найпростішу (usual) функцію:

$$P_j(d) = \begin{cases} 1, & d > 0 \\ 0, & d \leq 0 \end{cases} \tag{3.40}$$

Це означає якщо сценарій i має більше значення критерію, ніж k, він отримує перевагу; якщо значення рівні або менші – перевага відсутня. Таким чином, формується часткова міра переваги сценарію i над k за кожним критерієм.

Крок 4. Агрегована перевага між альтернативами.

Для кожної пари сценаріїв обчислюється інтегральна (зважена) перевага:

$$\pi(i,k) = \sum_{j=1}^{n} w_j \cdot P_j\left(d_{ik}^{(j)}\right) \quad (3.41)$$

де wj – вага j-го критерію; $Pj(d)$ – значення функції переваги.

Величина $\pi(i,k)$ відображає ступінь домінування альтернативи i над альтернативою k з урахуванням значущості критеріїв.

Чим більше значення $\pi(i,k)$, тим сильніше сценарій i переважає k.

У результаті формується матриця агрегованих переваг:

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0 & \pi(1,2) & \dots & \pi(1,m) \\ \pi(2,1) & 0 & \dots & \pi(2,m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi(m,1) & \pi(m,2) & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Крок 5. Позитивний потік переваг.

Для кожної альтернативи визначається позитивний потік (outgoing flow):

$$\phi^{+}(i) = \frac{1}{m-1} \sum_{k \neq i} \pi(i,k) \quad (3.42)$$

Цей показник відображає, наскільки сильно сценарій iii переважає інші альтернативи в середньому.

Чим більше значення ϕ+(i), тим більш конкурентоспроможною є альтернатива.

Крок 6. Негативний потік переваг

Визначається негативний потік (incoming flow):

$$\phi^{-}(i) = \frac{1}{m-1} \sum_{k \neq i} \pi(k,i) \quad (3.43)$$

Ця величина показує, наскільки сильно іноді інші сценарії переважають альтернативу i.

Чим менше значення ϕ−(i), тим стабільніші позиції сценарію.

Крок 7. Чистий потік переваг.

Фінальний інтегральний показник визначається як різниця між позитивним і негативним потоками:

$$\phi(i) = \phi^{+}(i) - \phi^{-}(i) \tag{3.44}$$

Цей показник характеризує загальний рівень домінування альтернативи в системі попарних порівнянь.

Якщо $\phi(i) > 0$ – сценарій має перевагу над більшістю альтернатив; $\phi(i) < 0$ – сценарій частіше програє іншим; чим більше значення $\phi(i)$, тим вищий ранг альтернативи.

Крок 8. Формування підсумкового рейтингу.

У методі PROMETHEE альтернативи ранжуються за спаданням значення чистого потоку:

$$\phi(1), \phi(2), \ldots, \phi(m) \tag{3.45}$$

Сценарій із найбільшим значенням $\phi(i)$ вважається найбільш пріоритетним, оскільки він: демонструє високу середню перевагу над іншими альтернативами; водночас має низький рівень домінування з боку інших сценаріїв.

Застосування PROMETHEE дозволяє перейти від аналізу абсолютних значень показників до дослідження структури попарних переваг між альтернативами. Це забезпечує більш глибоке розуміння того, за рахунок яких саме критеріїв формується домінування одного сценарію над іншим. У поєднанні з попередніми етапами: нечітко-логічним моделюванням (формування $Y1$–$Y5$), методом AHP (визначення ваг), методом TOPSIS (оцінка близькості до ідеального рішення), метод PROMETHEE виконує роль додаткового інструменту верифікації результатів та підсилює обґрунтованість отриманого ранжування сценаріїв розвитку будівельного підприємства.

V. Окрему групу становлять методи, що поєднують багатокритеріальний аналіз із нечіткою логікою. У таких моделях ваги критеріїв, оцінки або самі критерії можуть бути представлені у вигляді нечітких величин. Це дозволяє враховувати невизначеність і суб’єктивність експертних оцінок та підвищує гнучкість моделі. Формування нечітких

методів багатокритеріального аналізу (Fuzzy MCDM) є логічним етапом еволюції теорії прийняття рішень у другій половині XX століття. Їх поява була зумовлена усвідомленням того, що реальні управлінські та соціально-економічні задачі рідко можуть бути описані повністю точними числовими даними. Значна частина інформації в таких задачах має нечіткий, приблизний або експертний характер, що створює обмеження для застосування класичних методів MCDM.

Історично розвиток цього напряму пов'язаний із появою теорії нечітких множин, яка була запропонована у 1960-х роках як інструмент формалізації невизначеності. Спочатку ця теорія використовувалася переважно у технічних задачах, пов'язаних із керуванням складними системами. Проте з часом стало зрозуміло, що її потенціал значно ширший і може бути застосований до задач прийняття рішень, де важливу роль відіграють експертні оцінки та якісні характеристики. У 1980–1990-х роках почав формуватися новий напрям, що поєднував класичні багатокритеріальні методи з нечіткою логікою. Дослідники почали адаптувати вже існуючі підходи – такі як AHP, TOPSIS, ELECTRE – до умов, у яких частина даних є нечіткою. Це означало, що замість точних числових значень почали використовуватися інтервали, лінгвістичні оцінки та нечіткі числа.

Причиною такого розвитку стало розуміння того, що в багатьох задачах ключові параметри не можуть бути визначені точно. Наприклад, важливість критеріїв часто задається словами: «висока», «помірна», «дуже висока». Аналогічно, оцінки стану системи можуть мати описовий характер: «стабільний», «частково стабільний», «ризиковий». Переведення таких характеристик у точні числа часто є штучним і може призводити до втрати змісту. Нечіткі MCDM-методи виникли саме як інструмент, що дозволяє зберегти природну форму експертних оцінок і водночас інтегрувати їх у формальну модель. Вони не відмовляються від класичної логіки багатокритеріального аналізу, але розширюють її, додаючи можливість працювати з невизначеністю.

З концептуальної точки зору, Fuzzy MCDM є поєднанням двох підходів. З одного боку, зберігається структура багатокритеріальної задачі: наявність альтернатив, системи критеріїв, необхідність інтеграції показників. З іншого боку, усі елементи цієї структури можуть бути описані не лише точними числами, а й нечіткими величинами.

Це означає, що невизначеність може бути присутня на різних рівнях:

– у визначенні важливості критеріїв;
– в оцінюванні альтернатив;
– у процесі порівняння;
– у формуванні підсумкових рішень.

Історично нечіткі модифікації класичних MCDM-методів почали з’являтися як реакція на обмеження їхніх початкових версій. Наприклад, у класичному AHP експерт повинен задати точне числове співвідношення важливості критеріїв. На практиці це часто викликає труднощі, оскільки експерт не може бути впевнений у точності свого судження. У нечіткій версії допускається, що оцінка має інтервальний або приблизний характер. Аналогічно, у методах на основі ідеальної точки значення критеріїв можуть бути відомі лише приблизно або змінюватися в певному діапазоні. Нечіткий підхід дозволяє врахувати цю варіативність, не зводячи її до одного числа.

З теоретичної точки зору, розвиток Fuzzy MCDM означав перехід від моделей, що працюють із визначеними даними, до моделей, які здатні формально описувати невизначеність. Це стало важливим етапом у розвитку науки про прийняття рішень, оскільки дозволило краще відобразити реальні умови, у яких ці рішення формуються. Особливістю нечітких багатокритеріальних методів є те, що вони дозволяють інтегрувати кілька типів інформації одночасно. У рамках однієї моделі можуть поєднуватися точні статистичні дані; інтервальні оцінки; експертні судження; лінгвістичні характеристики.

Це робить їх особливо придатними для задач, де частина параметрів має кількісний характер, а частина – якісний. У таких умовах класичні методи або

потребують спрощення інформації, або не можуть бути застосовані взагалі. Ще одним важливим аспектом розвитку Fuzzy MCDM стало його використання у складних системах, де рішення приймаються колективно. У групових експертних оцінках різні фахівці можуть мати різні точки зору, і ці точки зору не завжди узгоджуються. Нечіткий підхід дозволяє об'єднати їх у вигляді узагальнених оцінок, не змушуючи всіх учасників приходити до одного точного числового значення.

З методологічної точки зору, нечіткі багатокритеріальні методи виконують роль містка між традиційними MCDM-підходами та нечітко-логічним моделюванням. Якщо класичний MCDM відповідає на питання «як інтегрувати багато критеріїв», то нечітка логіка відповідає на питання «як працювати з невизначеними оцінками». Поєднання цих двох напрямів створює інструмент, який одночасно враховує і багатокритеріальність, і нечіткість інформації. У ширшому науковому контексті Fuzzy MCDM можна розглядати як природний етап еволюції моделей прийняття рішень. Спочатку моделі працювали лише з точними даними, потім почали враховувати ваги критеріїв, далі – взаємозв'язки між альтернативами, і врешті – невизначеність самих оцінок. Саме на цьому етапі сформувався нечіткий багатокритеріальний аналіз.

Теоретично нечіткий MCDM базується на заміні чітких чисел нечіткими множинами або нечіткими числами. У цьому випадку:

– значення критеріїв можуть задаватися як інтервали або нечіткі числа;

– ваги критеріїв можуть визначатися через лінгвістичні оцінки;

– попарні порівняння можуть виконуватися у нечіткій формі.

Наприклад, замість точного значення ваги *wj* = 0,3 може використовуватися трикутне нечітке число:

$$\tilde{w}_j = (w_j^L, w_j^M, w_j^U), \tag{3.46}$$

де: wjL – нижня оцінка; wjM – найбільш ймовірне значення; wjU – верхня оцінка. Таке представлення дозволяє врахувати невизначеність у визначенні ваги критерію.

Аналогічно, значення показника можуть бути представлені як нечіткі величини: $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^L, x_{ij}^M, x_{ij}^U)$.

У цьому випадку замість однієї точки у просторі критеріїв альтернатива описується областю можливих значень.

Однією з ключових особливостей розвитку MCDM є те, що майже кожен класичний метод має свою нечітку модифікацію. Це означає, що базова логіка методу зберігається, але всі числові операції виконуються з нечіткими величинами.

Найбільш поширені напрямки включають:

1) Fuzzy AHP. У цьому підході матриця попарних порівнянь заповнюється не точними числами, а нечіткими оцінками. Наприклад, замість твердження «критерій А у 3 рази важливіший за критерій В» використовується оцінка типу «приблизно від 2 до 4 разів важливіший». Формально елементи матриці мають вигляд:

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}), \tag{3.47}$$

де l_{ij}, m_{ij}, u_{ij} – нечіткі межі порівняння.

У результаті ваги критеріїв також отримуються у нечіткій формі:

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \ldots, \tilde{w}_n). \tag{3.48}$$

Це дозволяє краще відобразити невизначеність експертних суджень.

2) Fuzzy TOPSIS. У нечіткій версії методу ідеальної точки всі величини – значення критеріїв, ваги, відстані – розглядаються як нечіткі числа.

Формуються нечіткі ідеальні точки:

$$\tilde{A}^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \ldots, \tilde{v}_n^+), \tag{3.49}$$

$$\tilde{A}^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \ldots, \tilde{v}_n^-).$$

Далі обчислюються нечіткі відстані до цих точок, і на їх основі формується нечітка оцінка близькості. Такий підхід дозволяє враховувати неточність даних і підвищує стійкість результатів до коливань параметрів.

3) Fuzzy ELECTRE та Fuzzy PROMETHEE. У методах домінування нечіткість використовується для опису рівнів переваги; порогів байдужості; порогів домінування. Це дозволяє замінити жорсткі межі більш гнучкими зонами переходу, що краще відповідає реальним умовам.

Сьогодні цей підхід активно застосовується у задачах, пов’язаних із оцінюванням складних соціально-економічних систем, де велика частина інформації формується на основі досвіду, експертних оцінок та якісних характеристик. Його головна перевага полягає в тому, що він дозволяє не спрощувати реальність до точних чисел, а працювати з нею у тій формі, в якій вона існує на практиці. Вибір конкретного класу методів залежить від характеру задачі, доступності даних та рівня деталізації, необхідного для аналізу. У задачах, пов’язаних із оцінюванням складних соціально-економічних систем, часто доцільно поєднувати різні підходи. Наприклад, ваги критеріїв можуть визначатися на основі експертних оцінок, а їх інтеграція – здійснюватися за допомогою нечітко-логічних процедур.

Таким чином, багатокритеріальний підхід створює теоретичну основу для формалізації задачі інтегрального оцінювання. Він дозволяє представити складний об’єкт у вигляді системи взаємопов’язаних критеріїв, визначити їх відносну важливість та сформувати узагальнений показник. У подальших підрозділах ці принципи використовуються для побудови конкретної моделі, у якій поєднуються методи багатокритеріального аналізу та нечітко-логічного моделювання.

3.3. Імітаційне моделювання як інструмент оцінювання економічних ризиків і сценаріїв розвитку підприємств.

Однією з фундаментальних проблем багатокритеріального аналізу є не можливість врахувати невизначеність на всіх етапах формування інтегральної

оцінки. Хоча методи MCDM дозволяють формально об’єднувати велику кількість показників у єдину узагальнену характеристику, вони, як правило, працюють із фіксованими значеннями параметрів. У реальних умовах ці значення рідко є стабільними, точними або однозначними. Саме тому отриманий результат у вигляді одного числа не завжди відображає повну картину стану системи.

У теоретичних моделях часто передбачається, що всі вхідні дані відомі точно, ваги критеріїв визначені однозначно, а значення показників не змінюються. На практиці ж більшість параметрів мають змінний характер і можуть коливатися в певних межах. Це створює ситуацію, коли навіть незначні зміни на вході можуть впливати на підсумковий результат, іноді – досить суттєво. У такому контексті виникає необхідність у підходах, що дозволяють дослідити вплив невизначеності на результати багатокритеріального оцінювання.

Невизначеність у MCDM має багатокомпонентний характер і походить із кількох основних джерел. Одним із найочевидніших є неточність вихідних даних. Значення показників, що використовуються для оцінювання, можуть бути отримані з різних джерел, мати різну точність або відображати стан системи лише на певний момент часу. У багатьох випадках дані є усередненими, інтервальними або оціненими на основі неповної інформації. Це означає, що фактичне значення показника може відрізнятися від використаного у моделі. Неточність даних особливо характерна для показників, що формуються на основі статистики або звітності. Такі дані можуть містити похибки вимірювання, методичні відмінності у зборі інформації або часові лаги. Крім того, у складних соціально-економічних системах частина параметрів взагалі не може бути виміряна безпосередньо і визначається опосередковано. У результаті навіть формально точні значення часто мають прихований рівень невизначеності [285, 286].

Другим важливим джерелом невизначеності є суб’єктивність експертних оцінок. У багатьох задачах MCDM значна частина інформації

формується на основі думок фахівців. Це стосується як оцінювання значущості критеріїв, так і визначення значень окремих показників, які важко виміряти об’єктивно. Експертні судження завжди мають індивідуальний характер і можуть відрізнятися залежно від досвіду, знань та інтерпретації ситуації. Навіть за однакових умов різні експерти можуть по-різному оцінювати важливість тих самих факторів. Це означає, що ваги критеріїв, які використовуються в моделі, не є абсолютними величинами, а радше відображають певний діапазон можливих значень. Якщо у класичній моделі вага задається одним числом, то в реальності вона може змінюватися в залежності від контексту, цілей дослідження або складу експертної групи.

Окремим аспектом є нестабільність ваг критеріїв. Навіть якщо на певному етапі дослідження вони визначені досить точно, з часом їх значущість може змінюватися. Наприклад, у різні періоди можуть змінюватися пріоритети, стратегічні цілі або умови функціонування системи. Це призводить до того, що одні й ті самі критерії можуть мати різну важливість у різних ситуаціях. Таким чином, ваги не є статичними параметрами, а мають динамічний характер.

Ще одним джерелом невизначеності є варіативність самих показників у часі. Більшість параметрів, що використовуються у багатокритеріальних моделях, не є сталими. Вони змінюються під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів, економічних умов, організаційних змін або випадкових подій. Якщо модель будується на основі значень, зафіксованих у певний момент часу, то вона фактично відображає лише один із можливих станів системи. У реальних умовах ці показники можуть коливатися в певному діапазоні, і їх точне значення у майбутньому є невідомим. Це означає, що інтегральна оцінка, отримана на основі фіксованих даних, також має певний рівень невизначеності. Проте класичні MCDM-підходи, як правило, не відображають цього аспекту, оскільки працюють із конкретними числовими значеннями [287].

Це підводить до так званої проблеми «одного числа». Більшість багатокритеріальних методів, незалежно від їх складності, у підсумку формують одне інтегральне значення для кожного об’єкта. Це значення використовується для порівняння, ранжування або прийняття рішень. Формально воно виглядає як точна і остаточна оцінка, яка нібито однозначно визначає позицію об’єкта. Однак у реальності це число є результатом розрахунку, що базується на фіксованих параметрах, які самі по собі можуть бути невизначеними. Якщо значення показників, ваги критеріїв або інші параметри трохи зміняться, інтегральна оцінка також зміниться. При цьому класичний підхід не показує, наскільки вона може змінитися і наскільки стабільним є отриманий результат [288, 289].

Особливо важливою є проблема стабільності ранжування. У багатьох задачах головною метою MCDM є не саме значення інтегрального показника, а порядок розташування альтернатив. Саме на основі цього порядку приймаються управлінські рішення. Проте цей порядок може бути чутливим до незначних змін у вхідних параметрах. Наприклад, якщо дві альтернативи мають дуже близькі інтегральні оцінки, то навіть невелике коливання значень показників або ваг критеріїв може призвести до зміни їх позицій у рейтингу. У такому випадку рішення, що базується на одному варіанті ранжування, може бути нестійким і залежати від випадкових факторів. Цей ефект особливо проявляється у складних моделях із великою кількістю критеріїв. Чим більше параметрів враховується, тим більше джерел невизначеності накопичується у системі. У результаті інтегральна оцінка може бути чутливою до сукупного впливу багатьох невеликих змін.

З позиції теорії прийняття рішень це створює додатковий ризик. Якщо модель не враховує можливу варіативність параметрів, вона фактично дає відповідь лише для одного конкретного сценарію. При цьому не відомо, наскільки цей сценарій є типовим або стійким. У реальних умовах значення параметрів можуть відхилятися від заданих, і це може призвести до іншого результату. Таким чином, виникає необхідність не лише обчислити

інтегральний показник, але й оцінити, як він змінюється при варіації вихідних даних. Це дозволяє перейти від статичного аналізу до динамічного, у якому результат розглядається не як фіксоване число, а як певний діапазон можливих значень. Саме на цьому етапі з’являється потреба у використанні імітаційних підходів, зокрема методу Монте Карло. Його основна ідея полягає в тому, щоб замість одного фіксованого набору параметрів розглядати множину можливих сценаріїв, у яких значення показників і ваг можуть змінюватися в певних межах. Це дозволяє дослідити, як поводиться модель у різних умовах і наскільки стійким є отриманий результат [290, 291].

У контексті багатокритеріального оцінювання це означає перехід від одного інтегрального значення до розподілу можливих оцінок. Такий підхід дозволяє не лише визначити середній результат, але й оцінити його варіативність, чутливість до змін і ступінь ризику. Це значно розширює аналітичні можливості моделі та робить її більш наближеною до реальних умов.

Отже, проблема невизначеності у MCDM є системною і охоплює всі основні елементи моделі: вихідні дані, ваги критеріїв, експертні оцінки та часову мінливість показників. Використання фіксованих значень дозволяє отримати формально точний результат, але не дає відповіді на питання про його стійкість. Саме тому виникає необхідність у підходах, що дозволяють дослідити вплив змін параметрів на підсумкову оцінку. Метод Монте Карло у цьому контексті виступає як інструмент, що дозволяє перейти від детермінованого до ймовірнісного аналізу та врахувати реальну природу невизначеності у багатокритеріальних моделях [292].

Імітаційне моделювання методом Монте Карло є одним із найбільш універсальних інструментів дослідження невизначеності в складних системах. Його значення особливо зростає в задачах, де неможливо задати всі параметри у вигляді точних і стабільних величин [345; 346]. У таких випадках традиційні детерміновані підходи дозволяють отримати лише один результат для одного набору вхідних даних, тоді як у реальних умовах параметри можуть

змінюватися, а отже, змінюється і результат. Метод Монте Карло дозволяє перейти від статичного розрахунку до аналізу множини можливих сценаріїв і тим самим врахувати невизначеність як природну властивість системи.

Історично метод Монте Карло сформувався у середині XX століття в галузі фізики, зокрема під час досліджень, пов'язаних із ядерними процесами. У цей період виникла потреба у моделюванні складних явищ, які неможливо було описати аналітичними рівняннями з достатньою точністю. Дослідники зіткнулися з проблемою, коли поведінка системи залежала від великої кількості випадкових факторів, і пряме обчислення всіх можливих варіантів було практично неможливим [293, 294].

У процесі розв'язання таких задач була запропонована ідея багаторазового випадкового відтворення можливих станів системи з подальшим статистичним аналізом отриманих результатів. Назва методу пов'язана з асоціацією з випадковістю, подібною до процесів, що відбуваються в ігрових закладах, де результат формується через велику кількість незалежних випадкових подій. Саме ця аналогія стала підставою для символічної назви підходу [295, 296]. Перші практичні застосування методу були пов'язані з моделюванням руху частинок, процесів розсіювання та інших явищ, де значну роль відігравала випадковість. Згодом стало зрозуміло, що сам принцип багаторазового відтворення випадкових сценаріїв має універсальний характер і може бути застосований у будь-якій галузі, де необхідно досліджувати поведінку системи за наявності невизначених параметрів.

У другій половині XX століття метод почав активно використовуватися в економіці, фінансовому аналізі, теорії ризику, управлінні проектами та системному моделюванні. Це стало можливим завдяки розвитку обчислювальної техніки, оскільки реалізація підходу потребує виконання великої кількості повторюваних розрахунків. З появою сучасних комп'ютерів метод Монте Карло перетворився на один із ключових інструментів аналізу складних систем.

Основна ідея методу полягає у багаторазовому випадковому відтворенні можливих сценаріїв функціонування системи. Замість того щоб працювати з одним набором параметрів, який вважається фіксованим, розглядається широкий спектр їх можливих значень. Для кожного такого набору виконується повний розрахунок моделі, після чого отримані результати накопичуються і аналізуються статистично. У результаті формується не одне інтегральне значення, а цілий розподіл можливих результатів. Це дозволяє оцінити не лише середній або найбільш імовірний результат, але й варіативність, межі зміни та ймовірність появи тих чи інших станів. Таким чином, метод дає значно більш повну інформацію про поведінку системи, ніж традиційні підходи [297, 298].

Ключовою особливістю методу є заміна фіксованих параметрів випадковими змінними. У класичних моделях кожен параметр має одне конкретне значення. У підході Монте Карло він розглядається як величина, що може змінюватися в певних межах. Це відображає реальну ситуацію, коли значення показників не є абсолютно визначеними, а можуть коливатися під впливом різних факторів. Замість того щоб намагатися знайти «точне» значення кожного параметра, задається діапазон його можливих значень або форма розподілу. Далі за допомогою випадкової генерації формується велика кількість комбінацій цих параметрів. Кожна комбінація відповідає одному можливому сценарію функціонування системи. Для кожного сценарію виконується розрахунок результату, після чого всі отримані значення аналізуються разом [299].

Таким чином, метод дозволяє перейти від одного рішення до спектра можливих результатів. У традиційній моделі відповідь має вигляд одного числа, яке інтерпретується як остаточна оцінка. У підході Монте Карло відповідь має вигляд множини значень, що відображають різні можливі стани системи. Це принципово змінює спосіб інтерпретації результатів.

З теоретичної точки зору, такий підхід дозволяє перейти від детермінованого до ймовірнісного аналізу. Детермінована модель дає

відповідь на питання: який результат буде отримано за заданих умов. Імітаційна модель відповідає на інше питання: які результати можуть бути отримані за можливих змін умов і з якою частотою вони виникають.

Це особливо важливо у задачах, де параметри системи не є стабільними. У таких умовах один розрахунок відображає лише один із можливих сценаріїв, але не дає уявлення про всю картину. Метод Монте Карло дозволяє дослідити, як поводиться модель у різних умовах, і тим самим оцінити її чутливість та стійкість. Ще однією важливою рисою є те, що метод не змінює саму модель, а доповнює її. Будь-яка математична або багатокритеріальна модель може бути використана як основа. Монте Карло виступає як надбудова, що дозволяє багаторазово використовувати цю модель для різних комбінацій параметрів. У результаті замість одного значення інтегрального показника формується цілий масив результатів [300].

Цей масив дозволяє отримати відповіді на питання, які неможливо поставити в рамках класичного підходу. Наприклад, можна оцінити, наскільки стабільним є результат, наскільки сильно він змінюється при коливанні параметрів, чи зберігається порядок альтернатив у різних умовах. Це особливо важливо для задач прийняття рішень, де важлива не лише величина оцінки, а й надійність отриманого висновку. У контексті багатокритеріального аналізу метод Монте Карло відіграє роль інструменту дослідження невизначеності. Він дозволяє перевірити, як змінюється інтегральний показник при варіації вхідних параметрів, і тим самим оцінити ступінь ризику. Якщо результат сильно змінюється навіть при незначних коливаннях параметрів, це означає, що модель є чутливою і потребує додаткового аналізу [301, 302].

Концептуально важливо, що метод не намагається усунути невизначеність. Навпаки, він приймає її як природну властивість реальних систем і намагається описати її кількісно. Це відрізняє його від класичних підходів, де часто робиться спроба звести всі параметри до точних значень, навіть якщо це пов’язано зі спрощеннями. Замість одного «правильного» рішення формується поле можливих результатів. Це дозволяє перейти від

категоричного висновку до більш гнучкої інтерпретації. Наприклад, можна оцінити, наскільки часто певна альтернатива виявляється найкращою при різних умовах. Така інформація є значно більш цінною для прийняття рішень, ніж один фіксований результат.

Таким чином, ключова логіка методу полягає у двох принципових переходах. Перший – від фіксованих параметрів до випадкових змінних. Це означає, що замість одного значення розглядається цілий спектр можливих варіантів. Другий – від одного рішення до множини можливих результатів. Це дозволяє оцінити не лише сам результат, а й ступінь його варіативності.

У підсумку метод Монте Карло формує новий рівень аналізу, у якому результат розглядається не як точка, а як область можливих значень. Це дозволяє краще зрозуміти поведінку системи, оцінити її стійкість і виявити ризики, пов’язані з невизначеністю вхідних параметрів. Саме тому цей підхід є важливим інструментом дослідження складних багатокритеріальних моделей, у яких реальні умови не можуть бути описані через один фіксований сценарій [303, 304].

Використання методу Монте Карло в задачах багатокритеріального оцінювання передбачає чітко структуровану процедуру, яка дозволяє перейти від статичного аналізу до динамічного дослідження невизначеності (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6. Алгоритм застосування методу Монте Карло.

Алгоритм застосування методу Монте Карло у багатокритеріальному аналізі можна подати як послідовність логічно пов’язаних етапів, кожен з яких виконує окрему функцію у процесі дослідження невизначеності. Така процедура дозволяє системно організувати моделювання та забезпечити наукову обґрунтованість отриманих результатів.

Першим етапом є задання початкової багатокритеріальної моделі. На цьому рівні формується базова структура оцінювання, яка надалі буде використовуватися в імітаційних розрахунках. Вона може включати обраний метод MCDM, систему критеріїв, вагові коефіцієнти та процедуру інтеграції

показників. Важливо, що на цьому етапі модель розглядається у класичному, детермінованому вигляді, тобто всі параметри мають фіксовані значення.

Формування базової моделі є необхідним, оскільки саме вона визначає логіку оцінювання та спосіб обчислення інтегрального показника. Метод Монте Карло не замінює цю модель, а використовує її як обчислювальне ядро, яке буде багаторазово застосовуватися для різних наборів параметрів. Тому якість початкової MCDM-структури безпосередньо впливає на достовірність результатів імітаційного аналізу.

Другим етапом є визначення параметрів, що мають невизначений характер. На практиці це один із найбільш важливих кроків, оскільки саме він визначає, які фактори будуть варіюватися під час моделювання. У багатокритеріальних задачах такими параметрами можуть бути значення окремих показників, ваги критеріїв, експертні оцінки або інші величини, що не є стабільними. На цьому етапі необхідно чітко відокремити параметри, які вважаються сталими, від тих, що можуть змінюватися. Наприклад, структура критеріїв зазвичай залишається незмінною, тоді як їх ваги можуть варіюватися в певних межах. Аналогічно, деякі показники можуть бути відомі досить точно, тоді як інші мають інтервальний характер або визначаються приблизно.

Третім етапом є задання діапазонів зміни або форм розподілу для кожного невизначеного параметра. Цей крок дозволяє формалізувати невизначеність і представити її у вигляді множини можливих значень. У найпростішому випадку параметр може змінюватися в певному інтервалі. У більш складних ситуаціях задається характер розподілу значень, який відображає ймовірнісну природу змін. З методичної точки зору, саме на цьому етапі модель переходить від детермінованого опису до імовірнісного. Кожен параметр перестає бути одним числом і починає розглядатися як величина, що може набувати різних значень у межах заданого діапазону. Це дозволяє відобразити реальну мінливість показників і уникнути надмірного спрощення.

Четвертим етапом є генерація великої кількості сценаріїв. Для кожного сценарію формується новий набір значень параметрів шляхом їх випадкового

вибору в межах заданих діапазонів. Кожен такий набір представляє один можливий стан системи. У результаті створюється велика сукупність альтернативних варіантів, які відображають різні можливі комбінації вхідних даних. Кількість таких сценаріїв зазвичай є значною, оскільки саме багаторазове повторення розрахунків забезпечує достовірність результатів. Чим більше варіантів розглядається, тим повніше можна дослідити поведінку моделі. У цьому полягає основна ідея імітаційного підходу: замість аналізу одного варіанту розглядається широкий спектр можливих ситуацій.

П’ятим етапом є перерахунок інтегрального показника для кожного сформованого сценарію. На цьому рівні базова багатокритеріальна модель використовується багаторазово. Для кожного нового набору параметрів виконується повний цикл оцінювання, у результаті чого отримується окреме значення інтегрального показника. Таким чином, замість одного результату формується масив значень, кожне з яких відповідає одному можливому сценарію. Ці значення можуть відрізнятися між собою залежно від того, як змінювалися параметри. Саме ця сукупність результатів і становить основу подальшого аналізу.

Шостим і завершальним етапом є аналіз отриманого розподілу результатів. Це ключовий момент, який відрізняє імітаційний підхід від класичного. Замість інтерпретації одного числа дослідник отримує можливість оцінити, як змінюється інтегральний показник у різних умовах. Це дозволяє визначити не лише його середній рівень, але й межі зміни, ступінь коливань та стабільність.

Такий аналіз дає відповідь на низку важливих запитань. Наприклад, можна оцінити, наскільки сильно результат залежить від зміни окремих параметрів, чи зберігається загальна тенденція при варіації вхідних даних, і чи є отримана оцінка стійкою. Якщо значення інтегрального показника змінюється незначно, це свідчить про високу стабільність моделі. Якщо ж коливання є значними, це означає, що результат сильно залежить від невизначених факторів. Особливу роль цей етап відіграє у задачах ранжування

альтернатив. При багаторазових розрахунках можна дослідити, як змінюється порядок альтернатив залежно від варіації параметрів. Це дозволяє оцінити, чи є отримане ранжування стійким, чи воно може змінюватися навіть при незначних коливаннях вхідних даних.

З методологічної точки зору, описана процедура формує повний цикл імітаційного моделювання. Вона дозволяє системно перейти від статичного аналізу до дослідження поведінки моделі в умовах невизначеності. Кожен етап має свою функцію: початкова модель задає структуру оцінювання, визначення параметрів окреслює джерела невизначеності, задання діапазонів формалізує можливі зміни, генерація сценаріїв створює множину альтернативних ситуацій, повторні розрахунки формують масив результатів, а їх аналіз дозволяє оцінити стійкість і надійність висновків.

Важливо підкреслити, що метод Монте Карло не створює нову модель оцінювання, а доповнює існуючу. Його роль полягає у тому, щоб дослідити, як поводиться базова MCDM-модель при зміні параметрів. У цьому сенсі він виступає як інструмент поглибленого аналізу, що дозволяє перейти від одного результату до комплексного уявлення про можливі варіанти. Таким чином, алгоритм Монте Карло в задачах багатокритеріального оцінювання є послідовною процедурою, спрямованою на дослідження впливу невизначеності на підсумкові результати. Його використання дозволяє не лише отримати інтегральну оцінку, але й зрозуміти, наскільки вона є стійкою, які фактори найбільше впливають на її зміну, і як модель поводиться за різних умов. Це суттєво підвищує аналітичну цінність багатокритеріальних моделей і робить їх більш придатними для застосування у реальних управлінських задачах.

Одним із ключових аспектів такого аналізу є дослідження стабільності ранжування альтернатив. У багатьох задачах основною метою є не саме значення інтегрального показника, а порядок розташування об’єктів. Саме на основі цього порядку приймаються рішення: обирається найкраща альтернатива, визначаються пріоритети або формуються рекомендації. Якщо

ранжування змінюється при незначних коливаннях параметрів, це означає, що рішення є нестійким і значною мірою залежить від конкретного набору вихідних даних.

Метод Монте Карло дозволяє багаторазово повторювати розрахунки при різних комбінаціях значень показників і ваг критеріїв. У результаті формується велика кількість варіантів ранжування. Це дає змогу оцінити, наскільки часто одна й та сама альтернатива зберігає свою позицію. Якщо певний об’єкт стабільно займає перше місце незалежно від змін параметрів, це свідчить про його сильну позицію. Якщо ж позиції постійно змінюються, це означає, що рішення не має чітко вираженого лідера.

Такий підхід дозволяє відійти від сприйняття ранжування як чогось остаточного і незмінного. Натомість воно розглядається як результат, що має певний рівень стабільності. Це особливо важливо в ситуаціях, коли різниця між альтернативами є незначною. У таких випадках навіть невеликі зміни вихідних параметрів можуть призводити до зміни порядку, і традиційний підхід не дозволяє це побачити.

Тісно пов’язаним із цим аспектом є оцінювання ймовірності того, що певна альтернатива є найкращою. У класичному аналізі найкращий варіант визначається однозначно – це альтернатива з найвищим значенням інтегрального показника. Проте якщо врахувати невизначеність вхідних даних, виявляється, що в різних сценаріях найкращим може бути різний об’єкт.

Метод Монте Карло дозволяє визначити, як часто кожна альтернатива займає перше місце при варіації параметрів. У результаті з’являється можливість інтерпретувати рішення не як категоричний вибір, а як імовірнісний. Наприклад, одна альтернатива може бути найкращою у більшості сценаріїв, інша – лише у невеликій їх частині. Така інформація є значно більш глибокою, ніж просто вказівка на об’єкт із найвищою оцінкою в одному конкретному випадку. Цей підхід дозволяє оцінити рівень впевненості у виборі. Якщо одна альтернатива виявляється найкращою майже у всіх

сценаріях, це означає, що рішення є стабільним і малоймовірно зміниться при уточненні даних. Якщо ж кілька альтернатив по черзі займають перше місце, це свідчить про високу чутливість результату і необхідність обережної інтерпретації.

Ще одним важливим аспектом є аналіз діапазону зміни інтегрального індексу. У традиційних моделях кожна альтернатива має одне значення інтегральної оцінки. Однак у реальних умовах, коли параметри змінюються, це значення також може коливатися. Метод Монте Карло дозволяє отримати не одне число, а цілий спектр можливих значень для кожного об’єкта. Такий спектр відображає межі, у яких може змінюватися інтегральний показник при варіації вихідних даних. Це дає змогу оцінити, наскільки стабільною є оцінка. Якщо діапазон змін вузький, це означає, що навіть при коливанні параметрів результат залишається приблизно однаковим. Якщо ж діапазон широкий, це свідчить про високу залежність оцінки від вихідних умов.

Аналіз діапазону також дозволяє порівнювати альтернативи з точки зору їх стійкості. Наприклад, один об’єкт може мати дещо нижче середнє значення інтегрального показника, але дуже стабільний діапазон змін. Інший – вищу середню оцінку, але значні коливання. У такому випадку перший може розглядатися як більш надійний варіант, оскільки його позиція менш залежить від змін параметрів. Окрему роль у рамках імітаційного аналізу відіграє дослідження впливу окремих критеріїв на підсумковий результат. У багатокритеріальних моделях кожен параметр робить свій внесок у формування інтегральної оцінки, проте ступінь цього внеску не завжди є очевидним. Метод Монте Карло дозволяє оцінити, наскільки зміна певного критерію впливає на підсумковий результат [305, 306].

Якщо при варіації значень конкретного показника інтегральна оцінка суттєво змінюється, це означає, що даний критерій має сильний вплив на результат. Якщо ж зміни майже не впливають на підсумкову оцінку, його роль є менш значною. Таким чином можна визначити, які параметри є ключовими, а які – другорядними. Це має важливе практичне значення, оскільки дозволяє

зосередити увагу на тих факторах, які найбільше впливають на рішення. Крім того, такий аналіз допомагає виявити потенційні джерела нестабільності. Якщо результат сильно залежить від одного або кількох критеріїв, це означає, що неточність у їх визначенні може суттєво змінити підсумковий висновок.

З наукової точки зору, аналіз чутливості та стійкості є одним із найважливіших етапів перевірки моделі. Він дозволяє оцінити не лише сам результат, але й його надійність. У складних системах це особливо важливо, оскільки навіть точні розрахунки можуть втрачати значення, якщо вони базуються на нестійких припущеннях. Імітаційне моделювання створює можливість досліджувати поведінку моделі в широкому діапазоні умов. Замість одного розрахунку, який відповідає одному сценарію, формується ціла множина результатів, що відображають різні можливі стани системи. Це дозволяє побачити, як змінюється результат при зміні параметрів, і тим самим оцінити його стабільність.

Таким чином, метод Монте Карло дозволяє перейти від простої оцінки до глибшого аналізу структури рішення. Він показує не лише те, яка альтернатива є найкращою за заданих умов, але й те, наскільки це рішення є стійким, як часто воно змінюється і які фактори на нього найбільше впливають [307, 308]. У підсумку аналіз стійкості та чутливості перетворює багатокритеріальну модель із інструменту разового оцінювання на інструмент дослідження поведінки системи в умовах невизначеності. Це дозволяє отримати більш повне уявлення про можливі результати, оцінити ризики та підвищити обґрунтованість прийнятих рішень. Саме ця здатність досліджувати варіативність і надійність результатів становить основну наукову цінність використання методу Монте Карло у задачах багатокритеріального оцінювання.

У задачах багатокритеріального оцінювання метод Монте Карло не виступає як самостійний інструмент визначення інтегрального показника, а виконує роль надбудови над уже сформованими моделями. Його основна функція полягає у дослідженні стійкості результатів, чутливості до змін

параметрів і виявленні ризиків, пов’язаних із невизначеністю вихідної інформації. У поєднанні з класичними та нечіткими методами багатокритеріального аналізу він дозволяє перейти від статичного оцінювання до динамічного аналізу можливих сценаріїв.

Особливий інтерес становить інтеграція Монте Карло з такими підходами, як AHP, TOPSIS та нечітко-логічні моделі. Кожен із цих методів має власні джерела невизначеності, які можуть суттєво впливати на кінцевий результат. Імітаційне моделювання дозволяє формально дослідити цей вплив і оцінити, наскільки стабільною є система оцінювання при варіації ключових параметрів.

Поєднання Монте Карло з AHP: варіювання ваг критеріїв.

Метод аналітичного ієрархічного процесу є одним із найпоширеніших інструментів визначення ваг критеріїв у багатокритеріальних моделях. Його ключова роль полягає у формуванні структури важливості факторів, які використовуються для подальшого інтегрування показників. Проте саме ваги критеріїв є одним із найбільш чутливих і невизначених елементів будь-якої MCDM-моделі.

На практиці значущість критеріїв рідко може бути визначена абсолютно точно. Вона формується на основі експертних суджень, які можуть змінюватися залежно від складу експертної групи, досвіду фахівців, контексту задачі або часових умов. Навіть незначні зміни у сприйнятті важливості факторів можуть призводити до помітних змін у підсумковій оцінці. У цьому контексті метод Монте Карло дозволяє перейти від використання одного фіксованого набору ваг до аналізу їх можливого діапазону. Замість того щоб вважати ваги незмінними, вони розглядаються як змінні величини, що можуть коливатися в певних межах. У межах імітаційного підходу багаторазово генеруються різні варіанти наборів ваг, які відображають можливі відхилення від базового експертного рішення. Для кожного такого варіанту виконується повний розрахунок інтегральної оцінки. У результаті формується множина результатів, що показує, як змінюється підсумковий показник при варіюванні

ваг. Це дозволяє відповісти на важливе питання: чи залишається рішення стабільним, якщо значущість критеріїв зміниться.

Такий підхід особливо корисний у ситуаціях, коли кілька критеріїв мають близький рівень важливості. У таких випадках навіть невелике зміщення ваг може призвести до зміни ранжування альтернатив. Імітаційне моделювання дозволяє виявити ці зони нестабільності і зрозуміти, які саме фактори найбільше впливають на результат. Поєднання Монте Карло з AHP фактично перетворює процедуру визначення ваг із статичного етапу на динамічний аналіз. Воно дозволяє дослідити не лише одну конфігурацію пріоритетів, а цілий спектр можливих структур важливості критеріїв. У підсумку формується більш глибоке розуміння того, наскільки сильно підсумковий результат залежить від суб'єктивних експертних оцінок.

Поєднання Монте Карло з TOPSIS: варіювання значень критеріїв.

У методі TOPSIS основну роль відіграють значення показників, що описують стан альтернатив. Саме вони визначають положення кожного об'єкта у багатовимірному просторі критеріїв і, відповідно, його близькість до бажаного стану. Проте ці значення далеко не завжди є стабільними або точними. У реальних системах показники можуть змінюватися під впливом багатьох факторів. Частина з них залежить від зовнішніх умов, частина – від внутрішніх процесів, частина – від випадкових подій. Якщо оцінювання виконується на основі даних за один момент часу, це означає, що фактично розглядається лише один можливий стан системи.

Імітаційний підхід дозволяє врахувати природну варіативність показників. Замість того щоб використовувати фіксовані значення, вони розглядаються як такі, що можуть змінюватися в певному діапазоні. У процесі моделювання багаторазово генеруються різні комбінації значень критеріїв, що відображають можливі варіанти розвитку ситуації. Для кожної такої комбінації виконується повний розрахунок у межах методу TOPSIS. У результаті формується не одне ранжування альтернатив, а велика кількість варіантів, кожен із яких відповідає одному можливому сценарію. Це дозволяє

дослідити, як часто та чи інша альтернатива займає певну позицію. Такий аналіз дає можливість оцінити стійкість результатів. Якщо одна альтернатива стабільно займає перше місце у більшості сценаріїв, це означає, що її перевага є надійною. Якщо ж позиції альтернатив часто змінюються, це свідчить про високу чутливість моделі до варіації показників.

Поєднання Монте Карло з TOPSIS особливо важливе в умовах, коли показники мають прогнозний характер. У таких ситуаціях їх майбутні значення невідомі, і використання одного числа є умовним. Імітаційний підхід дозволяє врахувати можливі коливання і побачити, як вони впливають на загальну структуру оцінювання. Таким чином, Монте Карло у поєднанні з TOPSIS дає можливість перейти від аналізу одного сценарію до дослідження спектра можливих станів системи. Це значно підвищує інформативність результатів і дозволяє оцінити ризики, пов’язані з нестабільністю вихідних даних.

Поєднання Монте Карло з Fuzzy-підходами: варіювання функцій належності. Нечітко-логічні моделі використовуються для формалізації якісних характеристик і роботи з лінгвістичними оцінками. Важливим елементом таких моделей є функції належності, які визначають, як саме числові значення показників перетворюються у лінгвістичні категорії. Саме ці функції фактично задають логіку інтерпретації даних.

Проте форма та параметри функцій належності часто визначаються на основі експертних припущень. Вони можуть відображати певне уявлення про те, де проходить межа між «низьким», «середнім» і «високим» рівнем. У різних умовах ці межі можуть зміщуватися. Навіть невеликі зміни у формі функцій можуть впливати на результати фазифікації, а отже, і на підсумковий інтегральний показник.

Метод Монте Карло дозволяє врахувати цю невизначеність шляхом варіювання параметрів функцій належності. Замість одного фіксованого варіанту їхньої форми розглядається множина можливих конфігурацій. Для кожної з них виконується повний розрахунок нечітко-логічної моделі. У

результаті можна оцінити, наскільки сильно підсумкова оцінка залежить від вибору функцій належності. Це особливо важливо у випадках, коли вони визначаються експертно і не мають жорсткого теоретичного обґрунтування. Імітаційний аналіз дозволяє перевірити, чи є модель стійкою до таких змін.

Поєднання Монте Карло з нечіткими підходами фактично додає ще один рівень аналізу. Якщо сама нечітка логіка вже враховує невизначеність у трактуванні показників, то імітаційне моделювання дозволяє врахувати невизначеність у налаштуванні самої моделі. Це робить оцінювання більш гнучким і реалістичним.

У поєднанні з AHP, TOPSIS та Fuzzy-підходами метод Монте Карло виконує єдину концептуальну функцію – він дозволяє дослідити, як змінюється результат при варіації ключових параметрів. У кожному з випадків він працює з різними джерелами невизначеності:

- у AHP – з невизначеністю ваг критеріїв;
- у TOPSIS – з нестабільністю значень показників;
- у Fuzzy – з варіативністю параметрів функцій належності.

Таким чином формується комплексний підхід до аналізу стійкості моделі. Замість одного фіксованого результату дослідник отримує уявлення про можливий діапазон змін, частоту появи різних сценаріїв і загальну надійність отриманих висновків.

Це дозволяє перейти від простого ранжування до глибшого розуміння структури рішення. У центрі уваги опиняється не лише те, яка альтернатива є найкращою, а й наскільки це рішення є стабільним у різних умовах. Саме ця властивість робить імітаційне моделювання важливим елементом сучасних багатокритеріальних систем оцінювання.

На попередньому етапі дослідження було сформовано систему нечітко-логічних моделей, результатом роботи яких стали інтегральні індекси Y1–Y5. Кожен з цих показників є узагальненою характеристикою відповідного функціонального блоку діяльності будівельного підприємства і використовується як вхід для моделей багатокритеріального обґрунтування

стратегій. У базовому (детермінованому) варіанті кожен індекс має одне конкретне значення, отримане на основі фактичних даних. Проте в реальних умовах ці значення не можуть вважатися абсолютно сталими, оскільки вони залежать від змін ринкової ситуації, внутрішніх управлінських рішень, ресурсних обмежень та інших факторів.

У зв'язку з цим на даному етапі вводиться імітаційна процедура, яка дозволяє розглядати інтегральні індекси як випадкові величини з певною областю можливих значень. Метою є отримання статистичного опису поведінки показників Y1–Y5 та оцінювання їх варіативності.

Початковою точкою імітаційного моделювання є базовий стан підприємства, який був отриманий у результаті роботи нечітко-логічних систем нижнього рівня. Цей стан задається вектором інтегральних оцінок:

$$\mathbf{Y}^0 = \left(Y_1^0,\ Y_2^0,\ Y_3^0,\ Y_4^0,\ Y_5^0\right) \tag{3.50}$$

Кожна компонента цього вектора є агрегованим результатом роботи відповідного нечітко-логічного блоку:

- $Y1^0$ формується на основі фінансово-економічних показників;
- $Y2^0$ відображає виробничу ефективність;
- $Y3^0$ характеризує управлінську організованість;
- $Y4^0$ описує кадровий потенціал;
- $Y5^0$ відображає логістично-організаційну готовність.

Ці значення можуть розглядатися як "центр" можливого економічного стану підприємства. Вони відповідають умовам, за яких було зібрано первинні дані та проведено нечітке оцінювання.

Однак у реальній економічній системі жоден із цих параметрів не є абсолютно стабільним. Вони змінюються внаслідок сезонних коливань; зміни структури замовлень; кадрових перестановок; фінансових затримок; логістичних ускладнень.

Саме тому вектор Y^0 розглядається не як єдиний можливий стан, а як центральна точка області можливих значень.

Для переходу до імітаційного моделювання кожен інтегральний індекс розглядається як випадкова величина:

$$Y_k = Y_k^0 + \varepsilon_k \tag{3.51}$$

де Yk^0 – базове значення; εk – випадкове відхилення.

Такий підхід означає, що реальне значення показника може відрізнятися від базового під впливом численних факторів.

Інтерпретаційно це відповідає ситуації, коли:

- якщо фактичний дохід змінюється тоді змінюється Y1;
- якщо коливання завантаження виробництва тоді змінюється Y2;
- якщо зміни в менеджменті тоді змінюється Y3;
- якщо плинність кадрів тоді змінюється Y4;
- якщо перебої постачання тоді змінюється Y5.

Таким чином, формується випадковий вектор стану підприємства:

$$\mathbf{Y} = (Y_1,\ Y_2,\ Y_3,\ Y_4,\ Y_5) \tag{3.52}$$

який відображає можливу реалізацію економічної ситуації.

Оскільки всі інтегральні індекси нормалізовані, їх природна область визначення:

$$0 \le Y_k \le 1 \tag{3.53}$$

Це означає: 0 – мінімальний рівень розвитку відповідної складової; 1 – максимально можливий рівень.

При моделюванні випадкових відхилень важливо забезпечити, щоб жодна реалізація не виходила за ці межі.

Тому використовується обмежена функція:

$$Y_k^{(t)} = \min\left(1,\ \max\left(0,\ Y_k^0 + \varepsilon_k^{(t)}\right)\right) \tag{3.54}$$

Це означає якщо значення перевищує 1 – воно обрізається до 1; якщо менше 0 – піднімається до 0. Такий підхід гарантує фізичну коректність результатів і відповідає логіці нормалізованих показників.

Випадкові відхилення $\varepsilon_k^{(t)}$ моделюють невизначеність економічного середовища.

Дисперсія характеризує силу коливань.

$$\mathbb{E}[\varepsilon_k] = 0 \tag{3.55}$$

$$\mathrm{Var}(\varepsilon_k) = \sigma_k^2 \tag{3.56}$$

Чим більше σ_k, тим нестабільнішою є відповідна складова.

У змістовному плані це означає: висока дисперсія для Y1 тоді нестабільні фінансові потоки; висока дисперсія для Y4 тоді кадрова нестабільність; висока дисперсія для Y5Y тоді логістичні ризики.

Нехай виконується N ітерацій моделювання. На кожному прогоні формується новий вектор:

$$\mathbf{Y}^{(t)} = \left(Y_1^{(t)},\ Y_2^{(t)},\ Y_3^{(t)},\ Y_4^{(t)},\ Y_5^{(t)}\right) \tag{3.57}$$

Таким чином формується сукупність:

$$\mathcal{S} = \{\mathbf{Y}^{(1)}, \mathbf{Y}^{(2)}, \ldots, \mathbf{Y}^{(N)}\} \tag{3.58}$$

Ця множина описує можливі стани підприємства при різних комбінаціях умов. Чим більше N, тим точніше описується поведінка системи.

Для кожного індексу обчислюється середнє:

$$\overline{Y_k} = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} Y_k^{(t)} \tag{3.59}$$

Це значення показує очікуваний рівень показника з урахуванням невизначеності.

Дисперсія:

$$s_k^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{t=1}^{N}(Y_k^{(t)} - \overline{Y_k})^2 \tag{3.60}$$

характеризує ступінь розкиду значень.

Стандартне відхилення:

$$s_k = \sqrt{s_k^2} \tag{3.61}$$

показує, наскільки сильно можуть коливатися оцінки.

$$\overline{Y_k} \pm z_{\alpha/2} \cdot \frac{s_k}{\sqrt{N}} \tag{3.62}$$

Це дозволяє оцінити межі, у яких із заданою ймовірністю знаходиться істинне середнє значення.

Практично це означає якщо інтервал вузький тоді показник стабільний; якщо широкий - показник чутливий до змін.

Для оцінювання загального відхилення стану підприємства вводиться вектор відхилення:

$$\Delta \mathbf{Y}^{(t)} = \mathbf{Y}^{(t)} - \mathbf{Y}^0 \tag{3.63}$$

Його норма характеризує загальну зміну профілю підприємства. Це інтегральний показник нестабільності економічного стану.

$$\|\Delta \mathbf{Y}^{(t)}\| = \sqrt{\sum_{k=1}^{5} (Y_k^{(t)} - Y_k^0)^2} \tag{3.64}$$

Для аналізу чутливості вводиться система показників.

Коефіцієнт варіації.

$$CV_k = \frac{s_k}{\overline{Y_k}} \tag{3.65}$$

Він дозволяє порівнювати нестабільність різних складових між собою. Високе значення означає сильну залежність від умов; більший ризик змін; меншу передбачуваність.

Це дозволяє визначити, яка складова економічної спроможності є найбільш вразливою.

Перцентиль 25% (перший квартиль) - це таке значення показника, нижче якого знаходиться 25% усіх змодельованих значень.

$$P_{25}(Y_k) = Y_k^{(\lfloor 0.25N \rfloor)} \tag{3.66}$$

де N – кількість ітерацій, $Yk^{(i)}$ – впорядковані за зростанням значення показника.

Показник характеризує “нижню типову зону” значень; показує, наскільки може знижуватися показник у несприятливих умовах та використовується для оцінки ризику погіршення стану.

Перцентиль 75% визначається як:

$$P_{95}(Y_k) = Y_k^{(\lfloor 0.95N \rfloor)} \tag{3.67}$$

Показник показує рівень, який перевищується лише у 25% випадків; характеризує верхню типову область значень та використовується для оцінки потенціалу покращення.

Перцентиль 95%

$$P_{95}(Y_k) = Y_k^{(\lfloor 0.95N \rfloor)} \tag{3.68}$$

Цей показник відображає майже максимальні значення, які можуть виникати в рідкісних, але можливих ситуаціях.

Показник показує верхню межу можливого зростання показника; використовується для аналізу оптимістичних сценаріїв; характеризує “кращі можливі умови”.

Коефіцієнт асиметрії (Skewness) дозволяє визначити, чи є розподіл симетричним відносно середнього значення.

$$Sk_k = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left(\frac{Y_k^{(t)} - \overline{Y_k}}{s_k}\right)^3 \tag{3.69}$$

де $\overline{Y_k}$ – середнє значення, s_k – стандартне відхилення.

Якщо $Sk_k = 0$ розподіл симетричний;

$Sk_k > 0$ - правостороння асиметрія (часті високі значення);

$Sk_k < 0$ - лівостороння асиметрія (часті низькі значення).

Практичне значення - позитивна асиметрія означає потенціал покращення; негативна - ризик погіршення.

Ексцес (Kurtosis).

$$K = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^4}{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\right)^2} \quad (3.70)$$

Ексцес характеризує “гостроту” піку розподілу та наявність екстремальних значень.

Якщо $K_k = 0$ - нормальний розподіл;

$K_k > 0$ - гострий пік, багато крайніх значень;

$K_k < 0$ - більш “плоский” розподіл.

Практичний зміст - високий ексцес вказує на можливі різкі коливання; низький - стабільніший показник.

Верхня похибка характеризує можливе відхилення показника у бік збільшення.

$$\Delta_k^{up} = P_{95}(Y_k) - \overline{Y_k} \quad (3.71)$$

Значення показника показує, наскільки може зрости показник; характеризує потенціал розвитку.

Нижня похибка показує можливе зниження показника:

$$\Delta_k^{low} = \overline{Y_k} - P_{25}(Y_k) \quad (3.72)$$

Значення показника відображає ризик зниження показника; характеризує вразливість відповідної складової.

Отриманий статистичний опис дозволяє перейти від точкових оцінок до імовірнісного представлення стану підприємства. У результаті кожен індекс Yk характеризується: середнім значенням, діапазоном можливих коливань, ступенем варіативності, стабільністю відносно інших показників. Це створює більш глибоке уявлення про структуру економічної спроможності.

Імітаційне моделювання на рівні нечітко-логічних індексів виконує декілька важливих функцій [349]:

1. Перевіряє надійність інтегральних оцінок.
2. Дозволяє оцінити ризик суттєвих відхилень.
3. Формує статистичну базу для наступного етапу.

Саме значення Y1–Y5, отримані у кожній ітерації, будуть використовуватися як вхідні дані для моделей AHP, TOPSIS та PROMETHEE у наступному розділі.

Таким чином, цей етап є ключовою ланкою, що поєднує нечітко-логічну оцінку економічної спроможності з імовірнісним аналізом стратегічних рішень.

Висновки до розділу 3.

1. Обґрунтовано необхідність формалізації економічної невизначеності як ключової методологічної передумови управління будівельними підприємствами, що функціонують у середовищі нестабільних фінансових потоків, варіативних ресурсних обмежень і динамічних структур попиту. Показано, що невизначеність має не лише стохастичний, а й лінгвістично-експертний характер, що вимагає використання інструментів, здатних працювати з нечіткою інформацією.
2. Систематизовано методологічні принципи формалізації невизначеності, зокрема принципи багаторівневого моделювання, інтеграції кількісних і якісних параметрів, використання лінгвістичних змінних та агрегування різнорідних показників у єдиному аналітичному просторі. Це дозволяє перейти від інтуїтивного управління до формалізованої підтримки прийняття рішень.
3. Доведено доцільність використання нечітко-логічного підходу для формування інтегральних оцінок, що дозволяє враховувати експертні судження типу “низький–середній–високий”, працювати з нечіткими межами між станами системи та зменшувати втрати інформації при агрегуванні показників. Це створює методологічну основу для подальшого формування індексів економічної спроможності.
4. Розкрито методичні засади багатокритеріального аналізу як інструменту стратегічного обґрунтування рішень, що дозволяє структурувати

складні управлінські задачі, визначати вагомість критеріїв і здійснювати порівняння альтернатив за сукупністю взаємопов’язаних факторів.

5. Обґрунтовано застосування методу аналізу ієрархій (AHP) як інструменту визначення вагових коефіцієнтів критеріїв, що забезпечує логічну узгодженість експертних оцінок та контроль рівня їхньої консистентності (CR).
6. Підтверджено доцільність застосування методів TOPSIS та PROMETHEE для ранжування стратегічних альтернатив, що дозволяє визначати ступінь наближеності альтернатив до ідеального рішення або формувати чисті потоки переваг (ϕ), відображаючи конкурентні позиції сценаріїв розвитку підприємства.
7. Сформовано логічну послідовність інтеграції методів, у якій нечітко-логічне моделювання забезпечує формування інтегральних індексів, багатокритеріальні методи – їх стратегічну інтерпретацію, а імітаційне моделювання – перевірку стійкості результатів. Такий ланцюг забезпечує цілісність методології.
8. Обґрунтовано використання імітаційного моделювання для аналізу варіативності результатів, що дозволяє враховувати коливання ключових параметрів і оцінювати розподіли інтегральних показників, а не лише їх точкові значення. Це принципово підвищує надійність прийнятих управлінських рішень.
9. Доведено, що поєднання детермінованих і стохастичних інструментів аналізу дозволяє перейти від статичної оцінки до динамічного сценарного моделювання, що особливо важливо в умовах економічної нестабільності та масштабних програм відновлення житлової інфраструктури.
10. Показано, що інтегрована методологія забезпечує можливість кількісної оцінки стійкості стратегічних рішень, зокрема через аналіз розподілів, довірчих інтервалів, коефіцієнтів варіації та рангової стабільності альтернатив.

11. Сформовано концепцію методологічної взаємодії між експертними оцінками та формалізованими моделями, що дозволяє мінімізувати суб’єктивність прийняття рішень, одночасно зберігаючи гнучкість та адаптивність управлінської системи.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЙ РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ.

4.1. Формування системи нечітко-логічних індикаторів економічної спроможності будівельного підприємства.

Оцінка економічної спроможності будівельного підприємства є складною багатовимірною задачею, що потребує врахування значної кількості взаємопов’язаних показників, які характеризують фінансовий стан, операційну діяльність, організаційно-управлінські процеси, кадровий потенціал та ресурсно-логістичну забезпеченість. Особливістю будівельної галузі є те, що значна частина цих показників має несталий характер, залежить від зовнішніх умов та часто не піддається однозначній кількісній інтерпретації в межах класичних економічних моделей [321; 323; 353].

Традиційні підходи до оцінки діяльності підприємств, засновані на використанні окремих фінансових коефіцієнтів або агрегованих показників, не дозволяють адекватно відобразити складну структуру економічної спроможності будівельного підприємства. Застосування жорстких порогових значень для класифікації стану підприємства на «задовільний» або «незадовільний» призводить до втрати інформації про перехідні стани та не враховує специфіку галузі, у якій коливання показників можуть бути обумовлені сезонністю, проєктним характером діяльності або змінами у структурі портфеля замовлень. У цьому контексті доцільним є використання підходів, здатних поєднувати кількісні та якісні характеристики, а також враховувати нечіткість і невизначеність економічної інформації. Одним із таких підходів є нечітко-логічне моделювання, яке дозволяє формалізувати експертні уявлення про економічний стан підприємства та відобразити плавні переходи між різними рівнями спроможності без використання жорстких граничних умов.

Економічна спроможність будівельного підприємства в даному дослідженні розглядається як інтегральна характеристика, що відображає його здатність стабільно функціонувати, реалізовувати будівельні проєкти та забезпечувати розвиток у середньо- та довгостроковій перспективі. При цьому підкреслюється, що така спроможність формується не лише фінансовими чинниками, а є результатом взаємодії фінансових, виробничих, управлінських, кадрових і ресурсних складових діяльності підприємства. Для адекватного відображення зазначеної багатокомпонентної структури економічної спроможності застосовано підхід декомпозиції, відповідно до якого окремі аспекти діяльності підприємства описуються самостійними нечітко-логічними моделями. Такий підхід дозволяє зменшити складність моделювання, підвищити прозорість аналітичної структури та забезпечити інтерпретованість результатів для практичного використання в управлінні.

Побудова системи нечітко-логічних індикаторів здійснюється з урахуванням принципу уніфікації структури моделей. Кожен індикатор формується на основі обмеженої кількості вхідних змінних, описаних стандартним набором лінгвістичних термів (low, middle, high), що забезпечує узгодженість вихідних оцінок і спрощує подальше агрегування результатів. Використання такої структури дозволяє уникнути надмірної деталізації та зберегти баланс між точністю опису економічних процесів і простотою інтерпретації результатів.

Важливим аспектом запропонованого підходу є формування бази правил нечіткого виведення, яка відображає економічну логіку взаємодії вхідних показників. При побудові правил враховуються як типові економічні закономірності функціонування будівельних підприємств, так і галузева специфіка, зокрема проєктна орієнтація діяльності, циклічність грошових потоків, залежність від зовнішніх джерел фінансування та значна роль організаційних і кадрових факторів. Сформовані нечітко-логічні індикатори розглядаються не як кінцева мета аналізу, а як проміжний етап у загальному методологічному ланцюгу дослідження. Отримані інтегральні оцінки

економічної спроможності використовуються як вхідні критерії в процедурах багатокритеріального прийняття рішень, що зумовлює підвищені вимоги до їхньої стабільності, узгодженості та економічної інтерпретованості.

Крім того, застосування нечітко-логічного моделювання створює передумови для врахування невизначеності економічного середовища без введення жорстких і часто штучних припущень щодо точності вихідних даних. Це особливо важливо в умовах функціонування будівельних підприємств, де значна частина управлінських рішень приймається на основі неповної або експертної інформації. Таким чином, сформована система нечітко-логічних індикаторів забезпечує методичну основу для подальшої оцінки стратегічних альтернатив розвитку будівельного підприємства та створює передумови для інтеграції результатів у процедури багатокритеріального аналізу та імітаційного моделювання. Це дозволяє підвищити наукову обґрунтованість управлінських рішень і забезпечити їхню практичну придатність у реальних умовах господарювання.

На рисунку показано загальну схему системи оцінки нечітко-логічних індикаторів економічної спроможності будівельного підприємства.

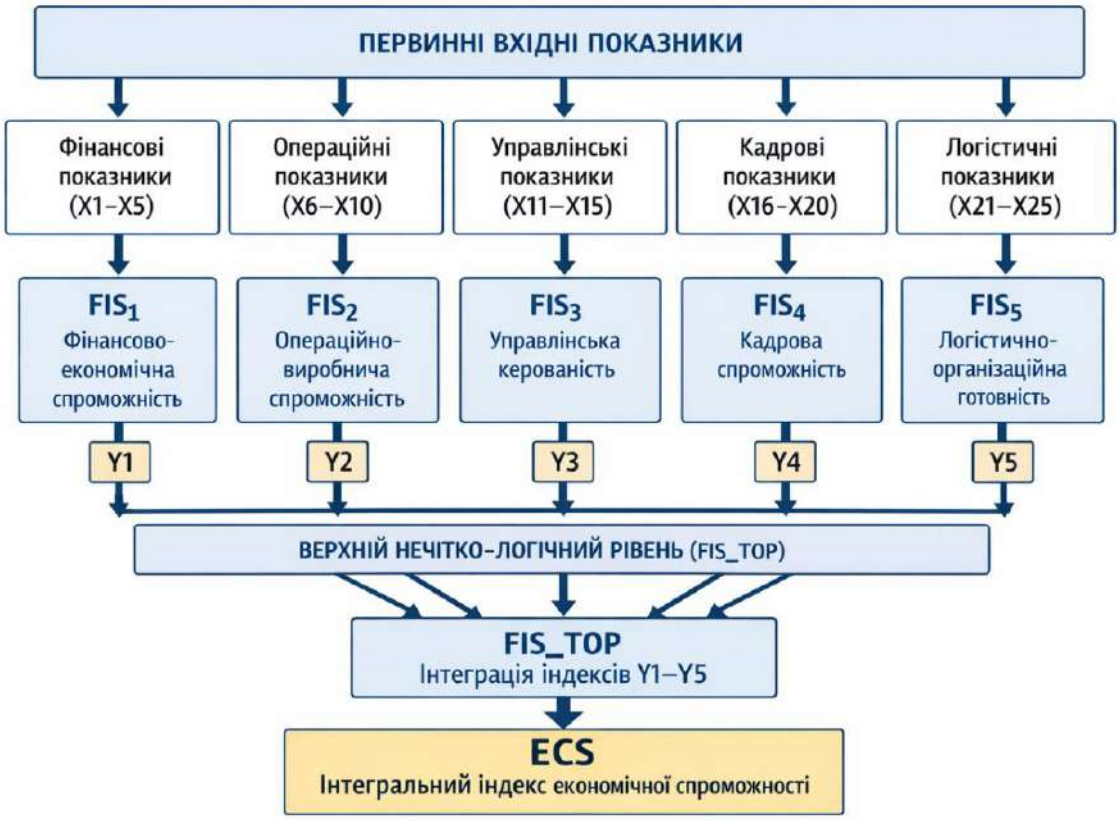


Рисунок 4.1. Система оцінки нечітко-логічних індикаторів економічної спроможності будівельного підприємства.

4.1.1. Нечітко-логічний блок оцінювання фінансово-економічної спроможності будівельного підприємства (FIS_1)

Фінансово-економічний блок є базовою складовою ієрархічної нечітко-логічної системи оцінювання економічної спроможності будівельного підприємства. Саме фінансові характеристики визначають можливість підприємства здійснювати господарську діяльність, виконувати договірні зобов'язання, забезпечувати безперервність виробничих процесів та адаптуватися до змін зовнішнього середовища. Для будівельної галузі ці аспекти набувають особливої ваги у зв'язку з високою капіталомісткістю діяльності, значною тривалістю виробничих циклів та залежністю від ринкової кон'юнктури.

В умовах нестабільного економічного середовища фінансовий стан будівельних підприємств характеризується значною варіабельністю, що проявляється у коливаннях доходів, зміні структури активів і зобов'язань, а також у нестійкій прибутковості. Традиційні детерміновані підходи до фінансового аналізу, які ґрунтуються на жорстко фіксованих нормативних значеннях показників, не завжди дозволяють адекватно відобразити реальний стан підприємства та можуть призводити до спрощених або формально коректних, але управлінські непридатних висновків.

Додатковим обмеженням для проведення комплексного фінансового аналізу є обмежена доступність деталізованої фінансової інформації. На практиці для більшості будівельних підприємств, особливо малого та середнього розміру, доступними є лише агреговані показники фінансової звітності, зокрема дохід, чистий прибуток, загальна вартість активів та обсяг зобов'язань. У таких умовах використання класичних інструментів аналізу

грошових потоків або структурованих фінансових моделей є ускладненим або неможливим.

З огляду на зазначені обставини доцільним є застосування нечіткої логіки як інструменту формалізації фінансово-економічної невизначеності. Нечітко-логічний підхід дозволяє поєднати відносні фінансові коефіцієнти, що обчислюються на основі агрегованої звітності, у єдину інтегральну оцінку без жорсткої прив'язки до нормативних меж. Це забезпечує підвищення гнучкості моделі, її адаптивність до різних масштабів підприємств та збереження економічної інтерпретованості результатів.

Виходом фінансово-економічного нечіткого блоку є індекс фінансово-економічної спроможності будівельного підприємства, який відображає узагальнену здатність підприємства ефективно використовувати наявні ресурси, підтримувати фінансову рівновагу та забезпечувати основу для реалізації управлінських рішень. Отриманий індекс використовується як проміжний результат ієрархічної нечітко-логічної моделі та не має самостійного нормативного значення, а слугує інструментом порівняльного та сценарного аналізу.

Формування системи вхідних показників для фінансово-економічного нечіткого блоку здійснюється з урахуванням двох ключових обмежень: по-перше, необхідності використання лише тих даних, які безпосередньо доступні з фінансової звітності підприємства, і, по-друге, забезпечення достатньої інформативності показників для характеристики фінансово-економічної спроможності. Виходячи з цього, до складу FIS_1 включено показники, що розраховуються на основі доходу, чистого прибутку, активів та зобов'язань підприємства [352].

Для забезпечення відтворюваності та формальної коректності нечітко-логічної моделі всі вхідні змінні фінансово-економічного блоку визначаються у вигляді відносних коефіцієнтів, що обчислюються на основі агрегованих показників фінансової звітності підприємства. Такий підхід дозволяє

уникнути впливу масштабного ефекту та забезпечує можливість порівняльного аналізу підприємств різного розміру.

Було введено наступні позначення:

R - дохід (виручка) підприємства;

P - чистий прибуток;

A - загальна вартість активів;

L - загальна вартість зобов'язань;

Додатково вводиться похідна величина - власний капітал, який визначається як різниця між активами та зобов'язаннями. Це дозволяє перейти від абсолютних показників до відносних коефіцієнтів, що є більш стійкими до масштабних ефектів та придатними для міжпідприємницького порівняння.

$$E = A - L \tag{4.1}$$

де E - власний капітал.

Система показників має наступну структуру (X_1 - X_5)

X_1 - Коефіцієнт фінансової автономії.

$$X_1 = \frac{E}{A} \tag{4.2}$$

Показник характеризує частку активів, сформованих за рахунок власного капіталу, та відображає рівень фінансової незалежності підприємства. Чим вищим є значення X_1, тим меншою є залежність підприємства від зовнішніх джерел фінансування та тим вищою є його здатність витримувати несприятливі зміни зовнішнього середовища.

Для будівельних підприємств відсутні універсальні нормативні межі фінансової автономії, оскільки допустимий рівень боргового навантаження залежить від ринкових умов, типу контрактів та структури портфеля проєктів. Це зумовлює доцільність нечіткої інтерпретації даного показника.

X_2 - Коефіцієнт фінансового левериджу.

$$X_2 = \frac{L}{A} \tag{4.3}$$

Показник відображає частку зобов'язань у загальній структурі активів та характеризує рівень фінансового ризику, пов'язаного з обслуговуванням боргу. Зростання значення X_2 свідчить про підвищення фінансової вразливості підприємства, особливо в умовах нестабільних доходів.

На відміну від більшості фінансових показників, для X_2 вищі значення відповідають гіршому фінансовому стану, що враховується при побудові функцій належності та формуванні бази нечітких правил.

X_3 - Рентабельність активів (Return on Assets, ROA).

$$X_3 = \frac{P}{A} \tag{4.4}$$

Показник відображає ефективність використання сукупних активів підприємства з точки зору генерації чистого прибутку. ROA інтегрує результати операційної, інвестиційної та фінансової діяльності, що робить його універсальним індикатором фінансово-економічної результативності. Для будівельних підприємств значення ROA є нестійким у часі та суттєво залежить від фаз реалізації контрактів, що обумовлює доцільність його нечіткої інтерпретації замість використання жорстких нормативних значень.

X_4 - Чиста рентабельність діяльності.

$$X_4 = \frac{P}{R} \tag{4.5}$$

Показник характеризує частку чистого прибутку в структурі доходу та відображає здатність підприємства трансформувати обсяг виконаних робіт у фінансовий результат. Він є чутливим до змін структури витрат, договірних умов та цінової кон'юнктури. Низькі значення X_4 можуть свідчити не лише про низьку ефективність, але й про стратегічні рішення підприємства

(наприклад, демпінг для утримання ринку), що додатково обґрунтовує використання нечіткої логіки.

X_5 - Оборотність активів.

$$X_5 = \frac{R}{A} \tag{4.6}$$

Показник характеризує інтенсивність використання активів у процесі господарської діяльності та відображає рівень ділової активності підприємства. Вищі значення X_5 свідчать про більш ефективне використання ресурсної бази. Для будівельних підприємств оборотність активів може істотно відрізнятися залежно від типу діяльності, ступеня механізації та структури активів, що робить нечіткий підхід до її оцінювання методологічно доцільним.

Таким чином, показники X_1 - X_5 утворюють збалансовану систему фінансово-економічних характеристик, що охоплює аспекти фінансової незалежності, боргового ризику, ефективності та ділової активності. Використання нечіткої логіки дозволяє інтегрувати ці показники в умовах відсутності жорстких нормативів та високої варіабельності фінансових результатів будівельних підприємств.

Для всіх вхідних змінних використано три лінгвістичні терми: low, middle, high. Для вихідної змінної також використано лінгвістичні терми low, middle, high (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1. Межі лінгвістичних термів блоку оцінювання фінансово-економічної спроможності будівельного підприємства (FIS_1)

Змінна	Показник	Межі лінгвістичних термів		
		low	middle	high
Коефіцієнт фінансової автономії	X_1	[0 0.125 0.25]	[0.2 0.315 0.45]	[0.4 0.5125 0.65]

Коефіцієнт фінансового левериджу	X_2	[0.325 0.4875 0.65]	[0.1625 0.325 0.4875]	[0 0.1625 0.325]
Рентабельність активів (ROA)	X_3	[0 2.25 4.5]	[2.25 4.5 6.75]	[4.5 6.75 9]
Чиста рентабельність діяльності	X_4	[0 2.25 4.5]	[2.25 4.5 6.75]	[4.5 6.75 9]
Оборотність активів	X_5	[0 0.75 1.5]	[0.75 1.5 2.25]	[1.5 2.25 3]
Індекс фінансово-економічної спроможності	Y_1	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]

На рисунку 4.2 показано 5 вхідних та 1 вихідну змінну моделі FIS_1.

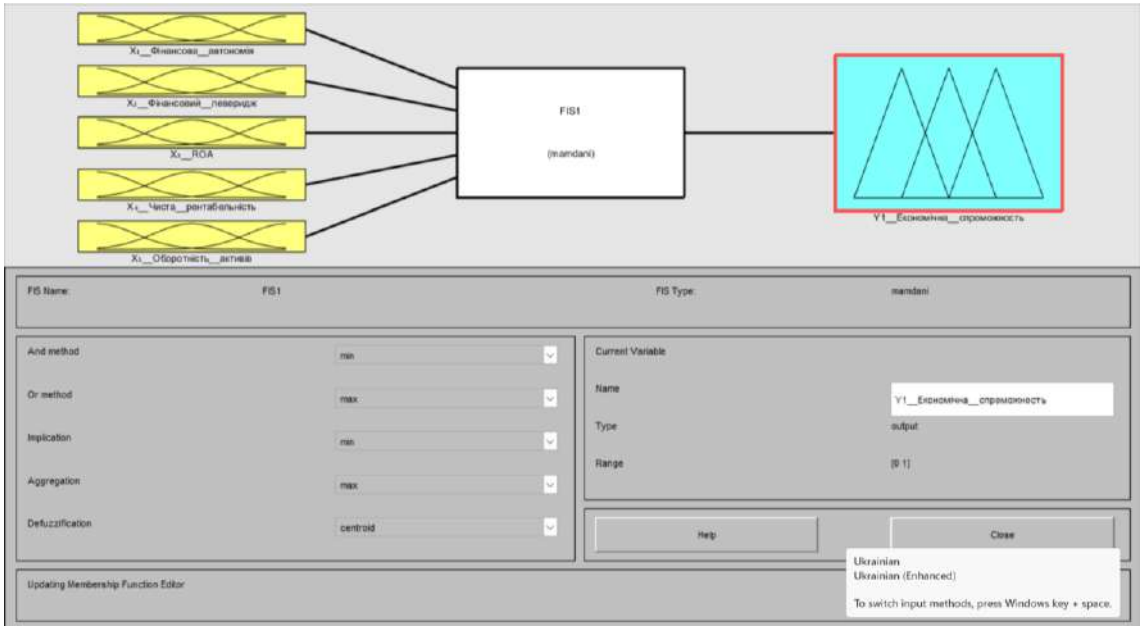


Рисунок 4.2. Вхідні та вихідна змінні моделі FIS_1. Джерело: розроблено автором.

Функції належності задаються у вигляді трикутних функцій, що перекриваються (рис. 4.3 – 4.5).

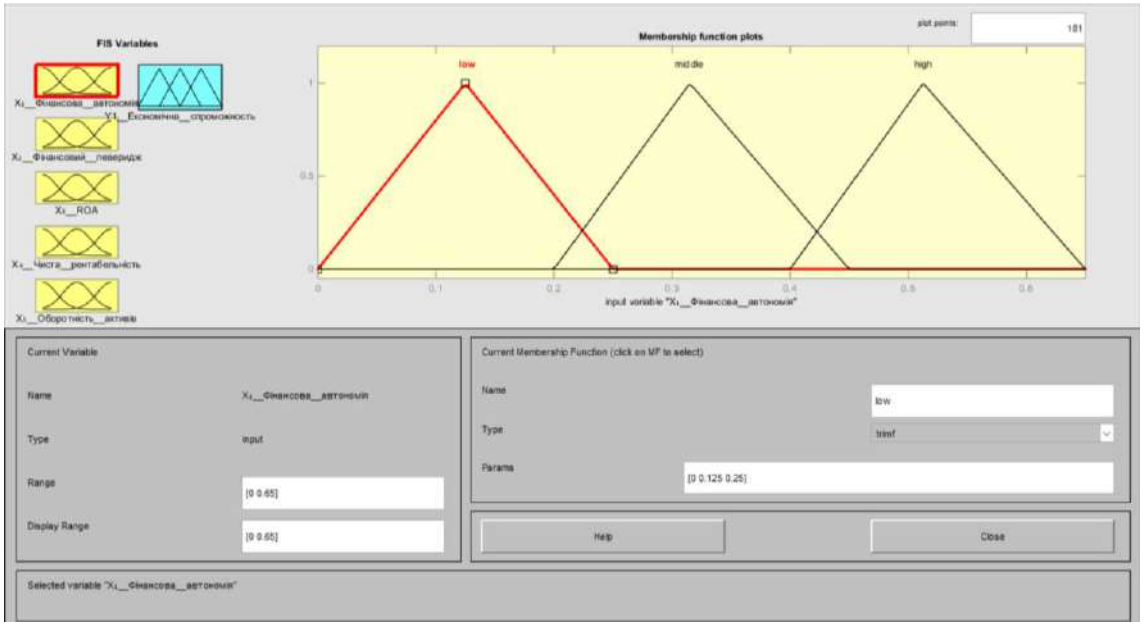


Рисунок 4.3. Графічна візуалізація змінної X_1 - коефіцієнт фінансової автономії, значення low. Джерело: розроблено автором.

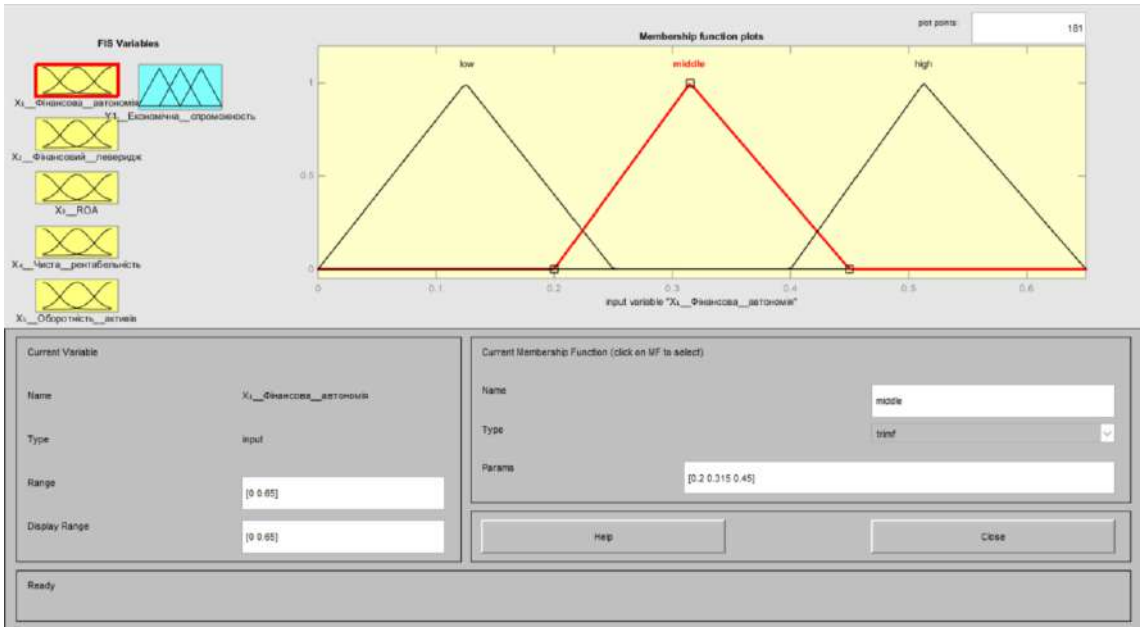


Рисунок 4.4. Графічна візуалізація змінної X_2 - коефіцієнт фінансового левериджу, значення middle. Джерело: розроблено автором.

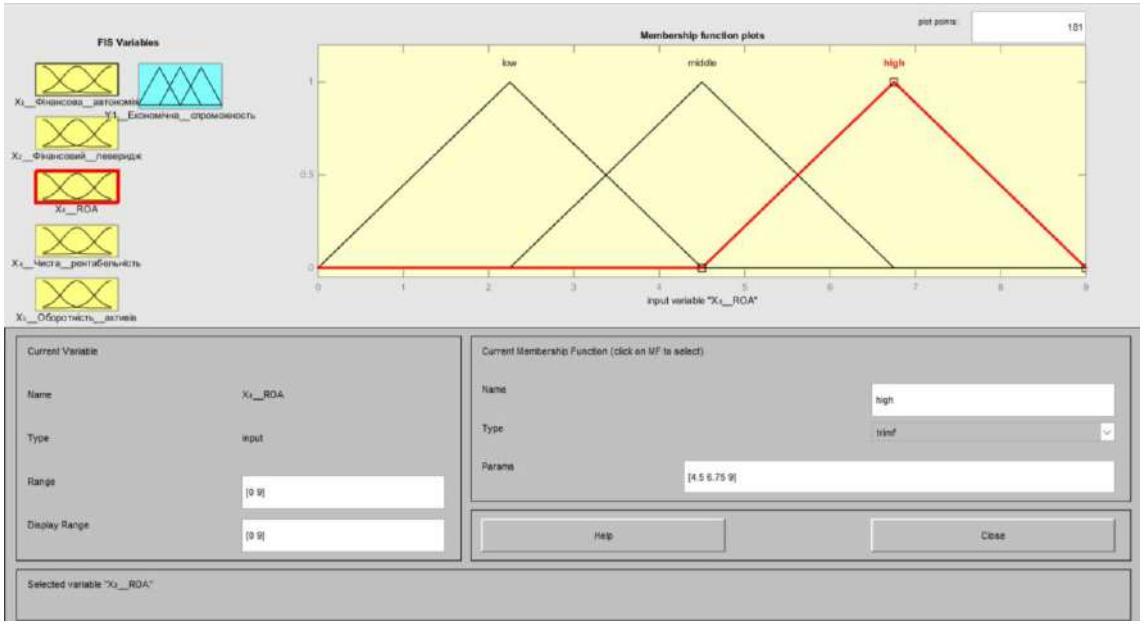


Рисунок 4.5. Графічна візуалізація змінної X_3 - рентабельність активів (ROA), значення high. Джерело: розроблено автором.

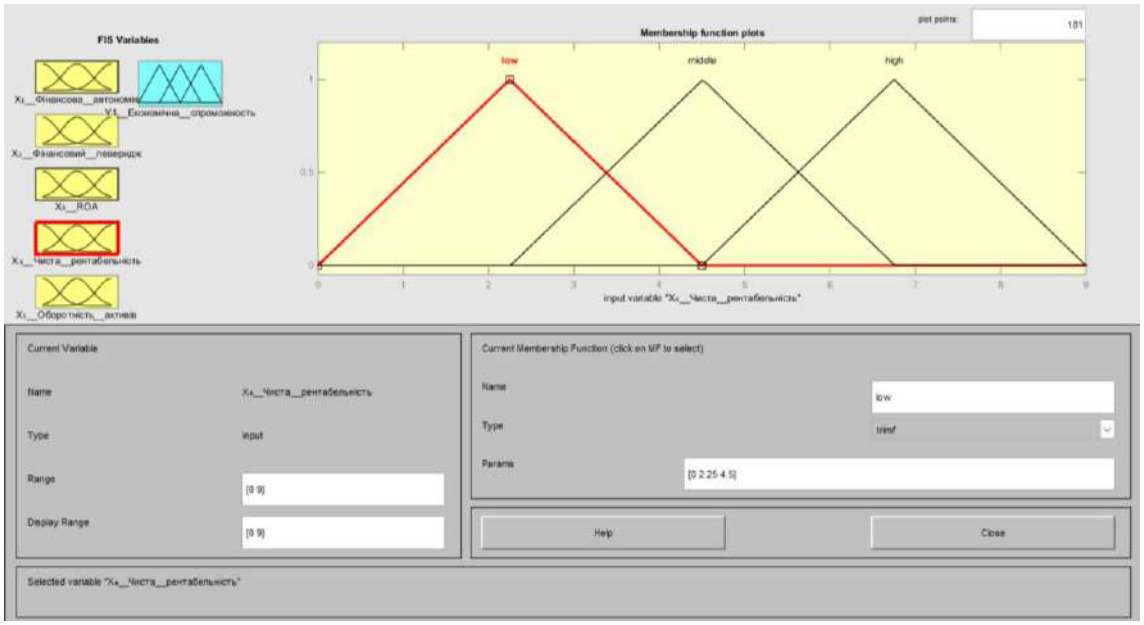


Рисунок 4.6. Графічна візуалізація змінної X_4 - чиста рентабельність діяльності, значення low. Джерело: розроблено автором.

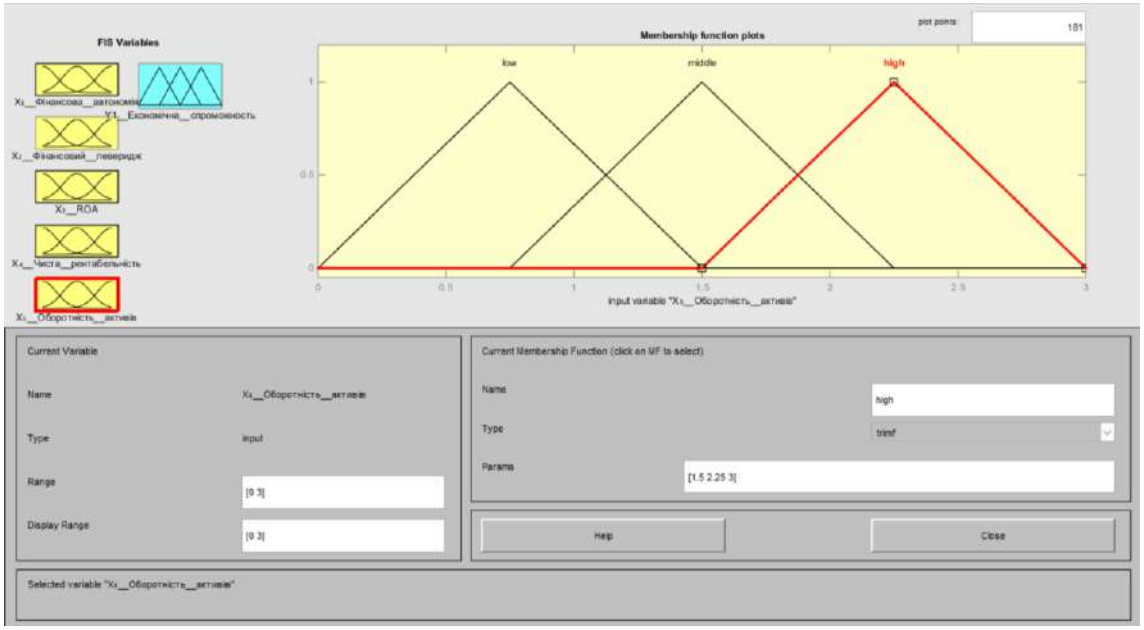


Рисунок 4.7. Графічна візуалізація змінної X_5 - оборотність активів, значення high. Джерело: розроблено автором.

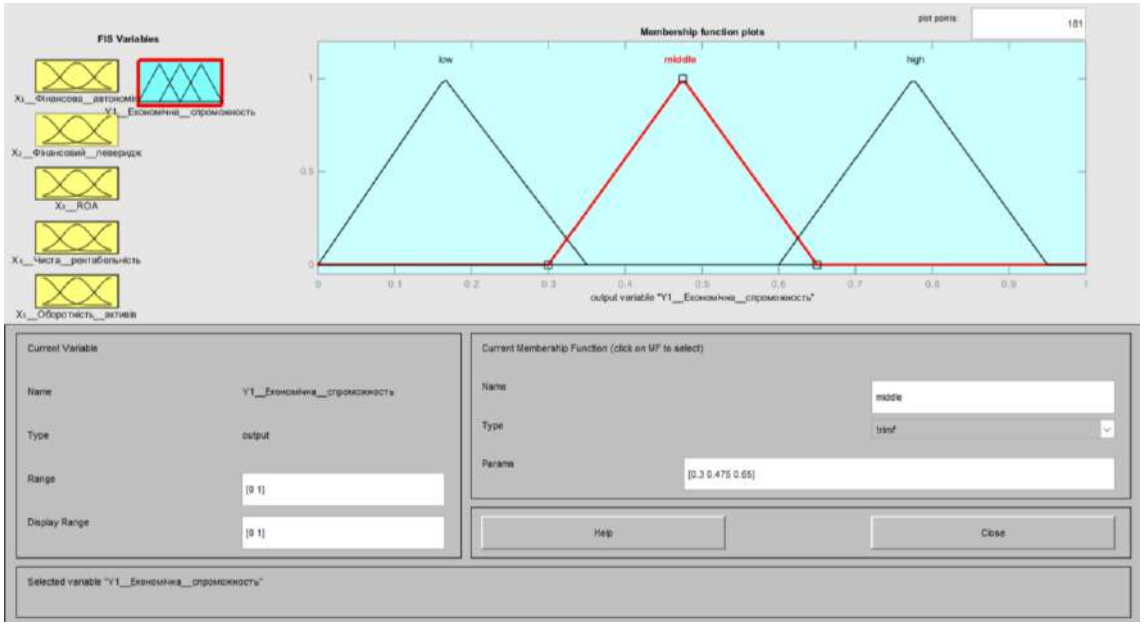


Рисунок 4.8. Графічна візуалізація змінної Y_1 - індекс фінансово-економічної спроможності, значення middle. Джерело: розроблено автором.

Формування бази правил нечітко-логічної моделі є ключовим етапом побудови системи нечіткого виведення, оскільки саме правила забезпечують формалізацію причинно-наслідкових зв’язків між вхідними показниками та інтегральною оцінкою економічної спроможності будівельного підприємства.

У межах даного дослідження база правил для нечітко-логічного блоку фінансово-економічної спроможності сформована з урахуванням принципів економічної доцільності, експертної інтерпретованості та обмеження надмірної складності моделі.

Теоретично, за наявності п’яти вхідних змінних, кожна з яких описується трьома лінгвістичними термами (low, middle, high), повна база правил могла б містити $3^5 = 243$ правила. Однак використання повного перебору комбінацій у практичних економічних задачах є методологічно необґрунтованим, оскільки значна частина таких комбінацій не має реального економічного змісту або дублює логіку інших правил. Крім того, надмірно велика база правил ускладнює інтерпретацію результатів та знижує прозорість моделі, що є критичним недоліком у задачах підтримки управлінських рішень.

У зв’язку з цим у даній роботі застосовано підхід до формування оптимальної (редукованої) бази правил, яка включає 36 правил і охоплює лише економічно значущі та логічно обґрунтовані комбінації вхідних змінних. Такий підхід відповідає рекомендаціям сучасних досліджень у сфері нечітко-логічного моделювання економічних систем, де наголошується на доцільності використання компактних, але інформативних баз правил.

Основою для формування правил слугували загальноприйняті економічні закономірності фінансового стану підприємств, а також логіка взаємодії ключових фінансових показників. Зокрема, при побудові бази правил враховувалося, що низький рівень фінансової автономії у поєднанні з високим фінансовим левереджем та низькою прибутковістю створює критичні ризики для стабільності підприємства, незалежно від значень другорядних показників. Такі ситуації були формалізовані у вигляді veto-правил, які однозначно призводять до низької оцінки економічної спроможності.

Водночас для високого рівня економічної спроможності обов’язковою умовою є поєднання достатньої фінансової автономії, помірного або низького боргового навантаження та високої ефективності використання активів і капіталу. У базі правил це відображено через комбінації, у яких домінують

високі або середні значення ключових показників за відсутності критично негативних факторів.

Особливу увагу приділено формуванню правил для перехідного (middle) рівня економічної спроможності. Ці правила описують ситуації змішаного фінансового стану, коли підприємство не перебуває у кризовій зоні, але водночас не демонструє достатньої сукупності ознак фінансової стійкості. Такі комбінації є найбільш типовими для реальних будівельних підприємств і мають важливе значення для прийняття управлінських рішень щодо коригування стратегії розвитку.

Запропонована база правил побудована з використанням логічного оператора AND, що забезпечує сувору інтерпретацію умов кожного правила та унеможливлює компенсацію критично слабких показників за рахунок окремих сильних значень інших змінних. Такий підхід є принципово важливим у задачах оцінки економічної спроможності, де наявність одного критичного фактора може істотно обмежувати можливості розвитку підприємства.

Кількість правил була визначена як компроміс між повнотою опису можливих економічних ситуацій та необхідністю збереження інтерпретованості моделі. Проведений аналіз показав, що подальше розширення бази правил не призводить до суттєвого підвищення точності вихідної оцінки, натомість значно ускладнює структуру моделі та знижує її практичну придатність.

I) Правила для Y1 = low (ризик/слабка фінансова спроможність)

L1. IF X1 is low AND X2 is high AND X3 is low THEN Y1 is low

L2. IF X1 is low AND X2 is high AND X4 is low THEN Y1 is low

L3. IF X1 is low AND X3 is low AND X4 is low THEN Y1 is low

L4. IF X2 is high AND X3 is low THEN Y1 is low

L5. IF X2 is high AND X4 is low THEN Y1 is low

L6. IF X3 is low AND X4 is low THEN Y1 is low

L7. IF X3 is low AND X5 is low THEN Y1 is low

L8. IF X4 is low AND X5 is low THEN Y1 is low

L9. IF X1 is low AND X2 is middle AND X3 is low THEN Y1 is low

L10. IF X1 is low AND X2 is middle AND X4 is low THEN Y1 is low

L11. IF X1 is middle AND X2 is high AND X3 is low THEN Y1 is low

L12. IF X1 is middle AND X2 is high AND X4 is low THEN Y1 is low

L13. IF X2 is high AND X5 is low THEN Y1 is low

II) Правила для Y1 = high (сильна фінансово-економічна конфігурація)

H1. IF X1 is high AND X2 is low AND X3 is high THEN Y1 is high

H2. IF X1 is high AND X2 is low AND X4 is high THEN Y1 is high

H3. IF X1 is high AND X2 is low AND X5 is high THEN Y1 is high

H4. IF X1 is high AND X3 is high AND X4 is high THEN Y1 is high

H5. IF X2 is low AND X3 is high AND X4 is high THEN Y1 is high

H6. IF X3 is high AND X4 is high AND X5 is high THEN Y1 is high

H7. IF X1 is high AND X2 is middle AND X3 is high AND X4 is high THEN Y1 is high

H8. IF X1 is high AND X2 is middle AND X4 is high AND X5 is high THEN Y1 is high

H9. IF X2 is low AND X3 is high AND X4 is high AND X5 is middle THEN Y1 is high

H10. IF X1 is middle AND X2 is low AND X3 is high AND X4 is high THEN Y1 is high

H11. IF X1 is high AND X2 is low AND X3 is middle AND X4 is high THEN Y1 is high

H12. IF X1 is high AND X2 is low AND X3 is high AND X4 is middle THEN Y1 is high

H13. IF X1 is high AND X2 is low AND X3 is middle AND X4 is middle AND X5 is high THEN Y1 is high

III) Правила для Y1 = middle (перехідний/змішаний стан)

M1. IF X1 is middle AND X2 is middle AND X3 is middle THEN Y1 is middle

M2. IF X1 is middle AND X2 is middle AND X4 is middle THEN Y1 is middle

M3. IF X1 is middle AND X2 is low AND X3 is middle THEN Y1 is middle

M4. IF X1 is middle AND X2 is low AND X4 is middle THEN Y1 is middle

M5. IF X1 is high AND X2 is high AND X3 is high THEN Y1 is middle

M6. IF X1 is high AND X2 is high AND X4 is high THEN Y1 is middle

M7. IF X1 is high AND X2 is middle AND X3 is middle AND X4 is middle THEN Y1 is middle

M8. IF X1 is low AND X2 is low AND X3 is middle AND X5 is middle THEN Y1 is middle

M9. IF X1 is middle AND X2 is middle AND X5 is high THEN Y1 is middle

M10. IF X1 is middle AND X2 is middle AND X3 is high AND X4 is middle THEN Y1 is middle

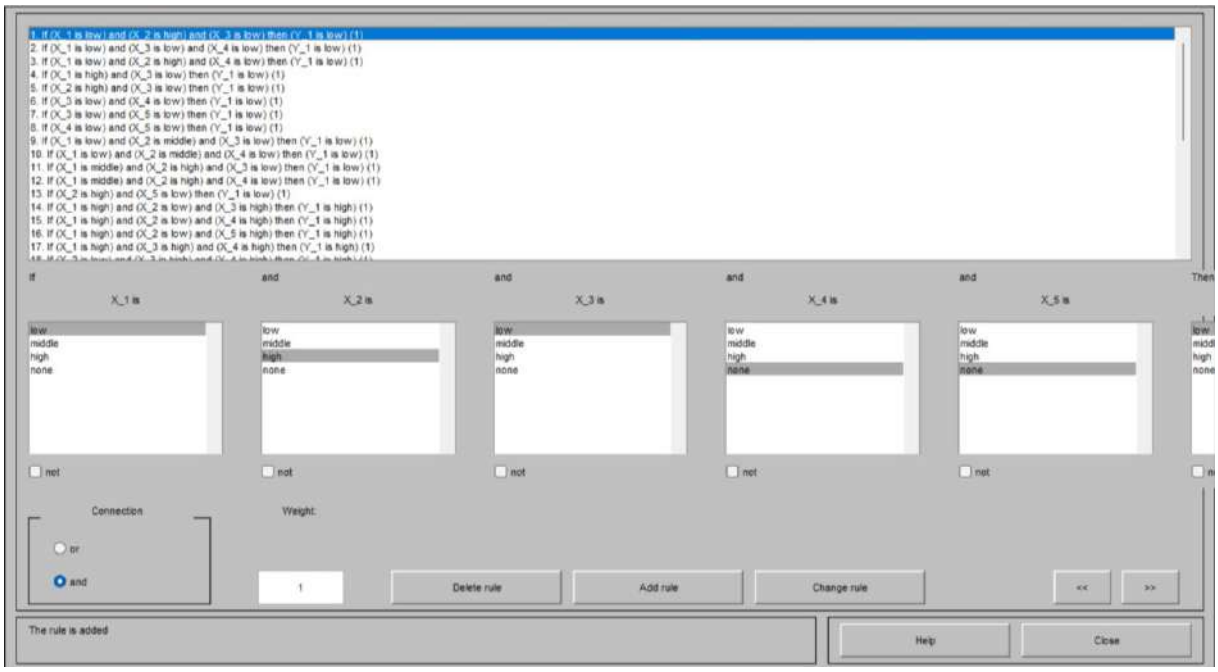


Рисунок 4.9. Приклад окремих правил з бази. Джерело: розроблено автором.

Таким чином, фінансово-економічний нечіткий блок забезпечує формалізоване узагальнення ключових фінансових характеристик

будівельного підприємства на основі мінімального набору доступних даних, що підвищує відтворюваність та практичну застосовність запропонованої ієрархічної нечітко-логічної моделі.

4.1.2. Нечітко-логічний блок оцінювання операційно-виробничої спроможності (FIS_2)

Операційно-виробничий блок ієрархічної нечітко-логічної моделі призначений для оцінювання здатності будівельного підприємства забезпечувати стабільне та економічно ефективне виконання виробничих процесів за умов ресурсних обмежень і високої мінливості зовнішнього середовища. На практиці фінансовий стан підприємства не завжди адекватно відображає його реальні операційні можливості: підприємство може демонструвати прийнятні фінансові показники у звітності, але мати системні операційні дисфункції, які проявляються у порушенні графіків робіт, зростанні непрямих витрат, збільшенні частоти переробок або недостатній адаптивності до змін технологічних та організаційних вимог.

Для будівельної галузі операційна спроможність має специфічні характеристики, що відрізняють її від виробничих підприємств із серійним випуском продукції. По-перше, будівництво характеризується проектно-орієнтованою природою процесів та залежністю від зовнішніх умов (постачання, погодні фактори, доступність робочої сили, регуляторні обмеження). По-друге, значна частина операційних параметрів має “м’яку” природу та оцінюється не лише через кількісні метрики, а й через експертні судження менеджменту. По-третє, у контексті відновлення житлового фонду особливої ваги набуває відтворюваність процесів, дисципліна виконання графіків та здатність організації працювати в режимі підвищеної інтенсивності.

Відповідно, використання детермінованих методів оцінювання операційної ефективності на основі одного або двох показників не забезпечує необхідної повноти висновків. Натомість нечітка логіка дозволяє інтегрувати

показники різної природи (кількісні, відносні, нормалізовані, експертні) та отримувати узагальнену оцінку операційно-виробничої спроможності, яка є інтерпретованою для управління і водночас стійкою до неповноти інформації.

Метою FIS_2 є формування індексу операційно-виробничої спроможності, який відображає здатність підприємства: (i) підтримувати продуктивність і керованість виробничих процесів; (ii) обмежувати непродуктивні витрати; (iii) забезпечувати дотримання строків; (iv) мінімізувати втрати від дефектів і переробок; (v) адаптуватися до організаційно-технологічних змін, зокрема переходу до більш стандартизованих рішень.

Система показників FIS_2 сформована за принципом відображення ключових "операційних механізмів" формування економічного результату будівельного підприємства. Змістовно ці показники групуються у три площини: (1) продуктивність і ресурсна ефективність; (2) витратна дисципліна; (3) стабільність і адаптивність процесів. Вибір показників здійснено таким чином, щоб кожен із них відображав окремий аспект операційної спроможності та водночас піддавався або прямому кількісному вимірюванню, або формалізованій експертній оцінці з подальшою нормалізацією.

X_6 - Продуктивність праці.

Показник відображає результативність використання трудових ресурсів і є одним із базових детермінантів собівартості робіт у будівництві. Його доцільно визначати як відносний показник, що не залежить від масштабу підприємства, наприклад, як дохід або обсяг виконаних робіт у розрахунку на працівника. Оскільки дані для розрахунку продуктивності праці не завжди доступні у відкритих даних, для практичної реалізації допускається використання нормалізованої шкали [0;1], отриманої на основі експертної оцінки.

X_7 - Частка непрямих витрат у собівартості.

Показник відображає структуру витрат підприємства та рівень організаційної ефективності. Надмірна частка непрямих витрат часто є проявом надлишкових управлінських витрат, втрат від неузгодженості процесів, низької виробничої дисципліни. Для будівельних підприємств це критично, оскільки непрямі витрати мають тенденцію зростати в умовах зривів графіків та організаційних збоїв. Якщо деталізація витрат недоступна, показник визначається експертно з подальшою нормалізацією.

X_8 - Стабільність дотримання виробничих графіків.

Показник описує здатність підприємства виконувати роботи у заплановані строки, що прямо впливає на витрати, штрафні санкції, репутацію та можливість одночасно вести кілька об’єктів.

$$X_8 = 1 - \left(\frac{T_{fact} - T_{plan}}{T_{plan}}\right), \tag{4.7}$$

де T_{plan} - планова тривалість, T_{fact} - фактична.

X_9 - Частота переробок і дефектів.

Показник відображає внутрішню якість управління процесом виконання робіт та ефективність контролю якості. Переробки генерують прямі втрати матеріалів і часу та збільшують непрямі витрати через повторне залучення ресурсів.

$$X_9 = \frac{RC}{TC} \tag{4.8}$$

де RC - витрати на переробку, TC - загальні витрати.

X_{10} - Гнучкість виробничих процесів.

Показник описує здатність підприємства оперативно змінювати організацію робіт, технологічні підходи та структуру ресурсів у відповідь на зміну умов. Для сегмента відновлення житла гнучкість є критичною, оскільки середовище характеризується високою змінністю обмежень (матеріали,

логістика, кадри, фінансування). Як правило, X_{10} задається експертно за шкалою [0;1] на основі критеріїв: швидкість переналаштування процесів; наявність альтернативних технологічних рішень; рівень стандартизації; здатність забезпечити паралельність робіт.

Показники X_6–X_{10} забезпечують збалансоване відображення операційно-виробничої спроможності, оскільки охоплюють: продуктивність (X_6), витратну дисципліну (X_7), стабільність строків (X_8), втрати від якості (X_9) та адаптивність (X_{10}). Водночас вони не дублюють один одного за економічним змістом, що дозволяє коректно формувати базу нечітких правил та уникати надмірної кореляційності вхідних змінних.

Формування числових значень операційно-виробничих показників у межах FIS_2 здійснюється з урахуванням доступності первинної інформації та специфіки обліку на будівельних підприємствах. У дослідженні передбачено два допустимі режими формування вхідних змінних: розрахунковий та експертно-нормалізований.

У разі наявності детальної операційної статистики значення показників визначаються за відповідними аналітичними залежностями. За відсутності такої інформації допускається використання експертних оцінок із подальшою нормалізацією у інтервалі [0;1]. Такий підхід не знижує коректності нечітко-логічної моделі, оскільки FL-агрегація не потребує абсолютної точності вхідних даних, а орієнтована на відображення відносних рівнів і тенденцій.

Отримані значення інтерпретуються як відносні характеристики операційно-виробничої діяльності підприємства.

Для формалізації операційно-виробничих показників у межах FIS_2 використано три лінгвістичні терми: low, middle, high. Вибір трирівневої шкали зумовлений необхідністю забезпечення балансу між інтерпретованістю результатів та складністю бази нечітких правил. Числові межі лінгвістичних термів визначені з урахуванням практичних діапазонів значень показників для будівельних підприємств та допускають перекривання функцій належності, що відповідає природі нечітких множин (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2. Межі лінгвістичних термів блоку оцінювання операційно-виробничої спроможності (FIS_2)

Змінна	Показник	Межі лінгвістичних термів		
		low	middle	high
Продуктивність праці	X_6	[0 0.125 0.25]	[0.2 0.315 0.45]	[0.4 0.5125 0.65]
Частка непрямих витрат	X_7	[0 0.15 0.3]	[0.15 0.3 0.45]	[0.4 0.5 0.6]
Стабільність дотримання графіків	X_8	[0 0.125 0.25]	[0.2 0.315 0.45]	[0.4 0.5125 0.65]
Частота переробок і дефектів	X_9	[0 0.05 0.1]	[0.1 0.15 0.2]	[0.2 0.25 0.3]
Гнучкість виробничих процесів	X_{10}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Індекс операційно-виробничої спроможності	Y_2	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]

Вихідною змінною FIS_2 є Y_2 - Індекс операційно-виробничої спроможності будівельного підприємства, що відображає узагальнену здатність підприємства забезпечувати ефективну організацію виробничих процесів, дотримання строків виконання робіт та адаптацію до змін умов діяльності.

База нечітких правил FIS_2 формується з урахуванням економічного змісту операційно-виробничих показників та їх взаємного впливу. Нижче наведено приклад окремих правил.

1. IF продуктивність праці is low AND стабільність графіків is low THEN операційно-виробнича спроможність is low

2. IF продуктивність праці is middle AND частка непрямих витрат is middle THEN операційно-виробнича спроможність is middle

3. IF продуктивність праці is high AND частота переробок is low THEN операційно-виробнича спроможність is high

4. IF стабільність графіків is high AND гнучкість процесів is high THEN операційно-виробнича спроможність is high

5. IF частка непрямих витрат is high AND частота переробок is high THEN операційно-виробнича спроможність is low

Сформована база правил дозволяє відобразити нелінійні взаємозв'язки між операційними характеристиками та уникнути спрощеного трактування впливу окремих показників. Отриманий індекс операційно-виробничої спроможності є інтерпретованим, масштабонезалежним та придатним для подальшої ієрархічної агрегації.

4.1.3. Нечітко-логічний блок оцінювання управлінської керованості будівельного підприємства (FIS_3).

Управлінська керованість є ключовою системною характеристикою будівельного підприємства, яка визначає здатність організації формувати, реалізовувати та коригувати управлінські рішення в умовах обмежених ресурсів і високої невизначеності зовнішнього середовища. На відміну від фінансово-економічних та операційно-виробничих аспектів, управлінська керованість не має прямого кількісного відображення у фінансовій звітності, проте істотно впливає на всі результати діяльності підприємства.

Для будівельних підприємств управлінська керованість набуває особливої ваги з огляду на складну організаційну структуру, багаторівневість прийняття рішень, необхідність координації між підрозділами та залученням зовнішніх контрагентів. У практиці управління саме дефіцит керованості часто стає причиною перевитрат, порушення строків, зниження якості робіт і втрати контролю над реалізацією стратегічних рішень, навіть за наявності достатніх фінансових та виробничих ресурсів.

В умовах нестабільного економічного середовища традиційні підходи до оцінювання ефективності управління, які ґрунтуються на формальних показниках або результатах минулих періодів, виявляються недостатніми. Управлінські процеси мають значну “м’яку” складову, пов’язану з якістю планування, швидкістю реагування, досвідом керівництва, рівнем формалізації процедур та використанням цифрових інструментів. Ці характеристики не піддаються однозначному кількісному вимірюванню, проте можуть бути формалізовані за допомогою експертних оцінок. З огляду на це, застосування нечіткої логіки є методологічно обґрунтованим інструментом для оцінювання управлінської керованості будівельного підприємства. Нечітко-логічний підхід дозволяє інтегрувати експертні судження різної природи в єдиний індекс, зберігаючи при цьому інтерпретованість результатів і можливість їх подальшого використання в ієрархічній моделі.

Метою FIS_3 є формування індексу управлінської керованості будівельного підприємства, який відображає ступінь структурованості, узгодженості та адаптивності управлінських процесів і створює основу для реалізації економічно обґрунтованих стратегічних рішень. Система показників FIS_3 сформована з урахуванням того, що управлінська керованість є інтегральною характеристикою, яка формується на перетині організаційних, процедурних та поведінкових аспектів управління. Вибрані показники не мають на меті оцінити “якість менеджменту” в оціночному або суб’єктивному сенсі, а спрямовані на формалізацію тих характеристик управлінської системи, які безпосередньо впливають на здатність підприємства реалізовувати прийняті рішення. Основним принципом відбору показників є їх операціоналізованість, тобто можливість формалізації через експертну шкалу з чітко визначеним змістом лінгвістичних термів. Кожен показник відображає окремий аспект керованості та не дублює інші за економічним змістом.

X_{11} - Рівень формалізації управлінських процесів.

Показник характеризує наявність і ступінь формалізації регламентів, процедур, посадових інструкцій та внутрішніх стандартів управління.

Високий рівень формалізації зменшує залежність результатів діяльності від окремих осіб та підвищує відтворюваність управлінських рішень [336; 337].

X_{12} - Якість планування та контролю.

Відображає здатність підприємства формувати реалістичні плани, здійснювати моніторинг їх виконання та своєчасно коригувати відхилення. Показник охоплює як стратегічне, так і оперативне планування.

X_{13} - Досвід управлінської команди в умовах невизначеності.

Характеризує наявність у керівництва підприємства практичного досвіду роботи в кризових або нестабільних умовах, що впливає на якість прийняття рішень за відсутності повної інформації.

X_{14} - Швидкість прийняття управлінських рішень.

Відображає оперативність реакції управлінської системи на зміни внутрішніх і зовнішніх умов, зокрема на збої у виробничих процесах, зміну ресурсних обмежень або вимог замовників.

X_{15} - Рівень цифровізації управління.

Показник характеризує ступінь використання цифрових інструментів для планування, контролю, обміну інформацією та підтримки прийняття рішень. Цифровізація розглядається не як технологічна мета, а як інструмент підвищення прозорості та керованості управлінських процесів.

Усі показники X_{11}–X_{15} формуються експертним шляхом з подальшою нормалізацією у інтервалі [0;1]. Для цього використовується узгоджена експертна шкала, де 0 відповідає повній відсутності відповідної характеристики, а 1 - її високому, системно закріпленому рівню.

Для формалізації експертних оцінок управлінської керованості у межах FIS_3 кожна вхідна змінна X_{11}–X_{15} описується за допомогою трьох лінгвістичних термів: low, middle, high. Числові межі визначені з урахуванням практичних рівнів зрілості управлінських процесів на будівельних підприємствах та допускають часткове перекривання інтервалів для відображення нечіткої природи експертних суджень (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3. Межі лінгвістичних термів блоку оцінювання управлінської керованості будівельного підприємства (FIS_3).

Змінна	Показник	Межі лінгвістичних термів		
		low	middle	high
Рівень формалізації управлінських процесів	X_{11}	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.455 0.75]	[0.7 0.85 1]
Якість планування та контролю	X_{12}	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.455 0.75]	[0.7 0.85 1]
Досвід управлінської команди в умовах невизначеності	X_{13}	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.455 0.75]	[0.7 0.85 1]
Швидкість прийняття управлінських рішень	X_{14}	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.455 0.75]	[0.7 0.85 1]
Рівень цифровізації управління	X_{15}	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.455 0.75]	[0.7 0.85 1]
Індекс управлінської керованості	Y_3	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]

Вихідною змінною FIS_3 є Y_3 - Індекс управлінської керованості будівельного підприємства, що знаходиться в діапазоні [0;1].

База нечітких правил FIS_3 формується з урахуванням економічного змісту операційно-управлінських показників та їх взаємного впливу. Нижче наведено приклад окремих правил.

1. IF формалізація процесів is low AND планування is low THEN управлінська керованість is low

2. IF досвід керівництва is high AND швидкість рішень is high THEN управлінська керованість is high

3. IF цифровізація is middle AND планування is middle THEN управлінська керованість is middle

4. IF формалізація процесів is high AND цифровізація is high THEN управлінська керованість is high

5. IF швидкість рішень is low AND планування is low THEN управлінська керованість is low

FIS_3 забезпечує формалізовану оцінку управлінської керованості будівельного підприємства шляхом агрегації експертних показників, що відображають структурованість і адаптивність управлінської системи, та створює методологічну основу для інтеграції управлінських аспектів у загальну модель оцінювання економічної спроможності.

4.1.4. Нечітко-логічний блок оцінювання кадрової спроможності будівельного підприємства (FIS_4).

Кадрова спроможність будівельного підприємства є одним із ключових обмежувальних факторів його економічної діяльності, особливо в умовах нестабільного ринку праці, міграційних процесів та зростаючої конкуренції за кваліфіковані трудові ресурси. На відміну від фінансових або матеріальних ресурсів, кадровий потенціал не може бути швидко відновлений або заміщений без суттєвих втрат для операційної ефективності підприємства.

Для будівельної галузі кадрова проблема має структурний характер і проявляється не лише в кількісному дефіциті персоналу, але й у невідповідності кваліфікацій, нерівномірності завантаження працівників, високій плинності кадрів та обмеженій здатності персоналу адаптуватися до нових організаційно-технологічних рішень. У контексті післякризового відновлення житлового фонду ці аспекти набувають особливої актуальності, оскільки потребують одночасного нарощування обсягів робіт і забезпечення стабільної якості виконання. Традиційні підходи до аналізу кадрового

потенціалу, які ґрунтуються на формальних показниках чисельності або фонду оплати праці, не дозволяють адекватно відобразити реальний рівень кадрової спроможності. Значна частина характеристик персоналу має якісну або напівкількісну природу та формується під впливом організаційної культури, управлінських практик і зовнішніх умов ринку праці.

У зв'язку з цим використання нечіткої логіки є методологічно доцільним інструментом для оцінювання кадрової спроможності будівельного підприємства. Нечітко-логічний підхід дозволяє інтегрувати кількісні та експертні показники, відобразити невизначеність у кадрових процесах і сформувати узагальнений індекс, інтерпретований з точки зору управління.

Метою FIS_4 є формування індексу кадрової спроможності будівельного підприємства, який відображає здатність підприємства залучати, утримувати та ефективно використовувати персонал для реалізації поточних і перспективних завдань. Система показників FIS_4 сформована з урахуванням того, що кадрова спроможність є багатовимірною характеристикою, яка включає не лише кількісну забезпеченість персоналом, але й якість кадрового складу, стабільність трудових відносин та здатність персоналу адаптуватися до змін. Вибрані показники відображають ключові механізми формування кадрового потенціалу та мають безпосередній вплив на операційно-виробничу ефективність підприємства.

Основним принципом відбору показників є їх практична застосовність і можливість формалізації за допомогою експертної шкали або простих розрахункових співвідношень. Кожен показник характеризує окремий аспект кадрової спроможності та не дублює інші за змістом.

X_{16} - Забезпеченість персоналом.

Показник відображає відповідність фактичної чисельності персоналу потребам підприємства з урахуванням обсягу та структури виконуваних робіт. Недостатня забезпеченість кадрами призводить до перевантаження працівників, зниження якості та зривів строків виконання робіт.

$$X_{16} = \frac{N_{fact}}{N_{required}} \quad (4.9)$$

де N_{fact} - фактичної чисельності персоналу, $N_{required}$ - необхідна чисельності персоналу.

X_{17} - Кваліфікаційна відповідність персоналу.

Характеризує ступінь відповідності наявних компетенцій персоналу вимогам виконуваних робіт та застосовуваних технологій. Особливого значення цей показник набуває в умовах впровадження нових організаційних або префабрикованих рішень.

X_{18} - Плинність кадрів.

Відображає стабільність кадрового складу та є індикатором привабливості підприємства як роботодавця. Висока плинність кадрів негативно впливає на накопичення досвіду та підвищує непрямі витрати.

$$X_{18} = 1 - (\frac{NL}{AS}) \quad (4.10)$$

де NL - кількість працівників, хто звільнився, AS - середня кількість персоналу.

X_{19} - Рівень мотивації та залученості персоналу.

Характеризує зацікавленість працівників у результатах діяльності підприємства та їх готовність дотримуватися встановлених стандартів якості й строків. Формування: експертна оцінка або результати внутрішніх опитувань із подальшою нормалізацією.

X_{20} - Адаптивність персоналу до змін.

Показник відображає здатність персоналу швидко освоювати нові технології, організаційні підходи та працювати в умовах змінного навантаження. Формування: експертна оцінка на основі попереднього досвіду впровадження змін.

Значення показників X_{16}–X_{20} формуються з використанням комбінованого підходу: за наявності кількісних даних застосовуються

розрахункові формули, в інших випадках - експертні оцінки з нормалізацією у діапазоні [0;1] (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4. Межі лінгвістичних термів блоку оцінювання кадрової спроможності будівельного підприємства (FIS_4).

Змінна	Показник	Межі лінгвістичних термів		
		low	middle	high
Забезпеченість персоналом	X_{16}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Кваліфікаційна відповідність	X_{17}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Стабільність кадрів	X_{18}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Мотивація персоналу	X_{19}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Адаптивність персоналу	X_{20}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Індекс кадрової спроможності будівельного підприємства	Y_4	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]

База нечітких правил FIS_4 формується з урахуванням економічного змісту кадрових показників та їх взаємного впливу. Нижче наведено приклад окремих правил.

1. IF забезпеченість персоналом is low AND кваліфікація is low THEN кадрова спроможність is low
2. IF стабільність кадрів is high AND мотивація is high THEN кадрова спроможність is high
3. IF кваліфікація is middle AND адаптивність is middle THEN кадрова спроможність is middle
4. IF забезпеченість персоналом is high AND адаптивність is high THEN кадрова спроможність is high

5. IF плинність кадрів is high AND мотивація is low THEN кадрова спроможність is low

FIS_4 дозволяє формалізувати кадрову складову економічної спроможності будівельного підприємства шляхом інтеграції кількісних і експертних показників, що відображають забезпеченість, стабільність та адаптивність персоналу, та забезпечує методологічну узгодженість із іншими блоками ієрархічної нечітко-логічної моделі.

4.1.5. Нечітко-логічний блок оцінювання логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень будівельного підприємства (FIS_5).

Логістично-організаційна готовність будівельного підприємства визначає його здатність забезпечувати безперебійне постачання ресурсів, узгодженість взаємодії з контрагентами та ефективну координацію матеріальних, інформаційних і часових потоків у процесі реалізації будівельних проєктів. В умовах сучасного будівництва ця складова дедалі частіше стає вирішальною, оскільки саме логістичні та організаційні збої формують значну частину непрямих витрат і операційних ризиків.

Для українських будівельних підприємств логістично-організаційна проблематика має підвищену актуальність у зв’язку з нестабільністю ланцюгів постачання, обмеженою доступністю матеріалів, залежністю від імпортних ресурсів та необхідністю одночасної реалізації кількох об’єктів у стислих часових межах. Ці фактори істотно ускладнюють застосування традиційних моделей організації будівництва та зумовлюють потребу в нових підходах до управління потоками ресурсів. Особливе значення логістично-організаційна готовність набуває у контексті впровадження префабрикованих і модульних рішень, які змінюють саму логіку будівельного процесу. На відміну від традиційного будівництва, префабрикована модель передбачає високий рівень синхронізації виробництва, транспортування та монтажу, а також жорсткіші вимоги до стандартизації, точності планування і надійності постачань. За

відсутності належної логістично-організаційної готовності потенційні переваги префабрикації можуть не лише не реалізуватися, але й призвести до додаткових ризиків. У зв'язку з цим логістично-організаційна готовність розглядається не як допоміжний, а як самостійний системний фактор економічної спроможності будівельного підприємства, що потребує окремої формалізації. Використання нечіткої логіки дозволяє врахувати складність та невизначеність логістичних процесів, інтегрувати кількісні та експертні оцінки та отримати узагальнений індекс, придатний для подальшої ієрархічної агрегації.

Метою FIS_5 є формування індексу логістично-організаційної готовності до використання префабрикованих рішень, який відображає здатність підприємства забезпечувати узгоджену роботу ланцюга "постачання – виробництво – монтаж" в умовах підвищених вимог до координації та стандартів. Система показників FIS_5 сформована з урахуванням того, що логістично-організаційна готовність є міжфункціональною характеристикою, яка формується на стику логістики, організації виробництва та взаємодії з зовнішніми учасниками будівельного процесу. Вибрані показники відображають ключові обмеження та можливості підприємства щодо впровадження більш індустріалізованих моделей будівництва. Принциповим є те, що більшість логістично-організаційних характеристик не мають прямого відображення у фінансовій звітності та не можуть бути повністю описані за допомогою класичних кількісних показників. Тому у FIS_5 домінує експертна складова з подальшою нормалізацією, що є методологічно узгодженим з попередніми блоками моделі.

X_{21} - Стабільність і надійність постачань.

Показник відображає здатність підприємства забезпечувати своєчасне та прогнозоване постачання матеріалів, конструкцій і комплектуючих. Низька стабільність постачань призводить до простоїв, порушення графіків і зростання непрямих витрат.

X_{22} - Залежність від зовнішніх та імпортних постачальників.

Характеризує ступінь залежності підприємства від обмеженого кола постачальників або від імпортних ресурсів, що підвищує логістичні ризики.

X_{23} - Узгодженість логістики з виробничими графіками.

Показник відображає рівень синхронізації між графіками постачання та виконання будівельних робіт. Низька узгодженість свідчить про слабку координацію між функціональними підрозділами.

X_{24} - Організаційна готовність до стандартизованих і модульних рішень.

Показник характеризує здатність підприємства працювати в умовах стандартизації, повторюваності процесів та використання типових конструктивних рішень, що є базовою вимогою префабрикованого будівництва.

X_{25} - Інтеграція з партнерами та підрядниками.

Відображає рівень координації та інформаційної взаємодії з проєктувальниками, виробниками префабрикованих елементів, логістичними операторами та монтажними організаціями.

Значення показників X_{21}–X_{25} формуються переважно експертним шляхом із подальшою нормалізацією у діапазоні [0;1]. За можливості можуть використовуватися допоміжні кількісні індикатори (частота зривів постачань, кількість альтернативних постачальників, частка типових рішень тощо) (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5. Межі лінгвістичних термів блоку оцінювання логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень (FIS_5).

Змінна	Показник	Межі лінгвістичних термів		
		low	middle	high
Стабільність і надійність постачань	X_{21}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Залежність від зовнішніх та	X_{22}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]

імпортних постачальників				
Узгодженість логістики з виробничими графіками	X_{23}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Організаційна готовність до стандартизованих і модульних рішень	X_{24}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Інтеграція з партнерами та підрядниками	X_{25}	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]
Індекс логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень	Y_5	[0 0.15 0.3]	[0.3 0.4 0.5]	[0.5 0.6 0.7]

База нечітких правил FIS_5 формується з урахуванням економічного змісту логістично-організаційних показників та їх взаємного впливу. Нижче наведено приклад окремих правил.

1. IF стабільність постачань is low AND узгодженість логістики is low THEN логістично-організаційна готовність is low
2. IF стабільність постачань is high AND інтеграція з партнерами is high THEN логістично-організаційна готовність is high
3. IF готовність до префаб is middle AND узгодженість логістики is middle THEN логістично-організаційна готовність is middle
4. IF залежність від імпорту is low AND стабільність постачань is high THEN логістично-організаційна готовність is high
5. IF готовність до префаб is low AND інтеграція з партнерами is low THEN логістично-організаційна готовність is low

FIS_5 забезпечує формалізовану оцінку логістично-організаційної готовності будівельного підприємства з урахуванням вимог індустріалізованих і префабрикованих моделей будівництва та завершує формування нижнього рівня ієрархічної нечітко-логічної моделі.

4.1.6. Нечітко-логічна модель верхнього рівня оцінювання інтегральної економічної спроможності будівельного підприємства (FIS_TOP).

Верхній рівень ієрархічної нечітко-логічної моделі призначений для інтеграції результатів локальних нечітких систем нижчого рівня та формування узагальненої оцінки економічної спроможності будівельного підприємства. На цьому рівні здійснюється синтез фінансово-економічних, операційно-виробничих, управлінських, кадрових та логістично-організаційних характеристик у єдиний інтегральний показник.

Принциповою особливістю верхнього рівня є те, що він не працює з первинними показниками, а оперує вже агрегованими індексами, отриманими на нижньому рівні ієрархії. Такий підхід дозволяє істотно зменшити складність нечіткої системи, уникнути надмірної кількості правил та забезпечити прозорість інтерпретації результатів. Крім того, ієрархічна структура відображає логіку реального економічного аналізу, де окремі функціональні підсистеми підприємства оцінюються самостійно, а потім узагальнюються на стратегічному рівні.

Для будівельних підприємств інтегральна економічна спроможність не зводиться до фінансової стійкості або поточної прибутковості. Вона формується як результат взаємодії кількох підсистем, кожна з яких може виступати як фактором зростання, так і обмеженням розвитку. Наприклад, фінансово стабільне підприємство з низькою кадровою або управлінською спроможністю не здатне ефективно масштабувати діяльність або реалізовувати складні проєкти.

З огляду на це застосування нечіткої логіки на верхньому рівні дозволяє відобразити нелінійний і несумарний характер впливу окремих складових на

загальну економічну спроможність підприємства. Модель не передбачає механічного усереднення показників, а враховує можливі компенсаторні та обмежувальні ефекти між ними.

Метою FIS_TOP є формування інтегрального показника економічної спроможності будівельного підприємства, який може використовуватися як в аналітичних дослідженнях, так і як інформаційна основа для подальших управлінських та економічних рішень.

Вхідними змінними FIS_TOP є індекси, отримані в результаті роботи нечітких систем нижчого рівня (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6. Вхідні змінні нечіткої системи FIS_TOP.

Показник	Назва показника
Y_1	Індекс фінансово-економічної спроможності
Y_2	Індекс операційно-виробничої спроможності
Y_3	Індекс управлінської керованості
Y_4	Індекс кадрової спроможності
Y_5	Індекс логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень

Кожен з індексів Y_1–Y_5 формується у діапазоні [0;1] та має чітку економічну інтерпретацію, що дозволяє використовувати їх як узагальнені характеристики відповідних підсистем підприємства.

Значення вхідних змінних безпосередньо передаються з виходів нечітких систем нижчого рівня без додаткової трансформації. Такий підхід забезпечує узгодженість ієрархічної структури моделі та дозволяє зберегти інтерпретованість кожного проміжного індексу (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7. Межі лінгвістичних термів верхнього рівня інтегральної економічної спроможності будівельного підприємства (FIS_TOP).

Змінна	Показник	Межі лінгвістичних термів		
		low	middle	high

Фінансово-економічна спроможність	Y_1	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]
Операційно-виробнича спроможність	Y_2	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]
Управлінська керованість	Y_3	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]
Кадрова спроможність	Y_4	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]
Логістично-організаційна готовність	Y_5	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]
Інтегральний показник економічної спроможності будівельного підприємства	ECS	[0 0.165 0.35]	[0.3 0.475 0.65]	[0.6 0.775 0.95]

Вихідною змінною верхнього рівня є показник ECS - Інтегральний показник економічної спроможності будівельного підприємства. Індекс ECS відображає загальну здатність підприємства стабільно функціонувати, адаптуватися до змін умов діяльності та реалізовувати стратегічні напрями розвитку.

База правил FIS_TOP формується з урахуванням того, що окремі складові економічної спроможності можуть виступати як критичні обмеження.

1. IF фінансова спроможність is low THEN економічна спроможність is low

2. IF фінансова спроможність is middle AND операційна спроможність is middle THEN економічна спроможність is middle

3. IF фінансова спроможність is high AND управлінська керованість is high THEN економічна спроможність is high

4. IF кадрова спроможність is low AND операційна спроможність is high THEN економічна спроможність is middle

5. IF логістична готовність is low AND готовність до префаб is low THEN економічна спроможність is low

6. IF фінансова спроможність is high AND кадрова спроможність is high AND управлінська керованість is high THEN економічна спроможність is high

Запропонована нечітко-логічна модель верхнього рівня забезпечує інтеграцію результатів локальних нечітких систем у єдиний показник економічної спроможності будівельного підприємства без втрати змістової інтерпретованості. Модель дозволяє враховувати нелінійний характер впливу окремих підсистем, ідентифікувати обмежувальні фактори та створює основу для подальшого використання інтегрального показника у багатокритеріальних і імітаційних моделях.

Практична реалізація запропонованих методичних підходів є необхідною умовою підтвердження їхньої наукової обґрунтованості та прикладної цінності. У контексті дослідження економічної спроможності будівельних підприємств особливого значення набуває перевірка можливості використання нечітко-логічних моделей не лише як теоретичного інструменту аналізу, але і як складової системи підтримки управлінських рішень у реальних умовах господарювання.

Будівельна галузь характеризується значною різнорідністю підприємств за масштабами діяльності, організаційною структурою, джерелами фінансування та характером реалізованих проєктів. За таких умов застосування універсальних оціночних моделей, що базуються виключно на жорстких кількісних залежностях, є обмеженим. Практичні управлінські рішення часто приймаються в умовах неповної інформації, коли частина

показників має якісний або експертний характер, а межі між різними рівнями економічного стану не є чітко визначеними.

Нечітко-логічне моделювання дозволяє подолати зазначені обмеження шляхом формалізації експертних уявлень та інтеграції кількісних і якісних характеристик у межах єдиного аналітичного інструментарію. Разом із тим практичне використання таких моделей потребує перевірки їхньої адекватності, інтерпретованості та здатності відображати реальні відмінності між підприємствами з різним рівнем економічної спроможності.

На попередньому етапі було сформовано методичну основу нечітко-логічної оцінки економічної спроможності будівельних підприємств, розроблено систему індикаторів та обґрунтовано структуру відповідних моделей. Однак сам факт побудови моделі не гарантує її практичної придатності. Для підтвердження коректності запропонованого підходу необхідно продемонструвати можливість його застосування на реальних даних, а також оцінити здатність моделі адекватно реагувати на зміни вхідних параметрів.

Практичне використання нечітко-логічної моделі оцінювання економічної спроможності передбачає вирішення кількох взаємопов’язаних завдань. По-перше, необхідно адаптувати модель до конкретних умов функціонування будівельних підприємств з урахуванням доступності вихідної інформації та галузевої специфіки. По-друге, важливим є аналіз стабільності результатів оцінювання та їхньої чутливості до зміни окремих показників. По-третє, результати нечітко-логічного оцінювання повинні мати зрозуміле економічне трактування та бути придатними для подальшого використання в управлінських процедурах.

Особливістю практичного застосування нечітко-логічної моделі є те, що її результати не зводяться до однозначної класифікації підприємства як «ефективного» або «неефективного». Отриманий інтегральний індекс економічної спроможності відображає ступінь наближення підприємства до певного рівня спроможності та дозволяє виявити перехідні стани, які мають

принципове значення для стратегічного аналізу. Такий підхід є більш інформативним порівняно з традиційними методами, що ґрунтуються на жорстких порогових значеннях.

Практичне використання нечітко-логічної моделі також створює можливість проведення порівняльного аналізу будівельних підприємств за рівнем їхньої економічної спроможності. Це особливо важливо в умовах формування портфелів інвестиційних проєктів, відбору підрядних організацій, оцінки потенціалу підприємств до участі в програмах відновлення житлового фонду та реалізації інфраструктурних проєктів.

Крім того, результати нечітко-логічного оцінювання можуть використовуватися як інформаційна основа для подальших етапів аналізу, зокрема для багатокритеріального ранжування стратегічних альтернатив та імітаційного моделювання. Таким чином, практична апробація нечітко-логічної моделі є важливою ланкою у загальному методологічному ланцюгу дослідження та забезпечує зв’язок між теоретичними розробками та управлінською практикою.

Важливим аспектом практичного використання моделі є її інтерпретованість з точки зору управлінського персоналу підприємства. Нечітко-логічна модель повинна не лише генерувати числові значення інтегральних індексів, але й дозволяти пояснити причини отриманих результатів, зокрема шляхом аналізу активованих правил та внеску окремих вхідних показників. Це підвищує довіру до результатів моделювання та сприяє їх використанню у процесі прийняття рішень.

Практична апробація нечітко-логічної моделі також дозволяє оцінити її гнучкість та можливість адаптації до різних сценаріїв функціонування будівельних підприємств. Зміна економічних умов, структури портфеля проєктів або джерел фінансування повинна відображатися у зміні значень інтегральних індексів, що підтверджує адекватність моделі та її здатність реагувати на реальні управлінські виклики.

Таким чином, практичне використання нечітко-логічної моделі оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств є необхідним етапом дослідження, спрямованим на підтвердження її прикладної цінності та можливості інтеграції в систему підтримки управлінських рішень. Отримані результати створюють основу для подальшого аналізу стратегічних альтернатив розвитку підприємств і формування обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення їхньої економічної спроможності в умовах невизначеності.

Для ілюстрації роботи нечітко-логічного *блоку оцінювання фінансово-економічної спроможності будівельного підприємства (FIS$_1$)* розглянуто два будівельні підприємства, для яких значення показників сформовано в нормалізованому вигляді.

На їх основі обчислюються значення змінних в моделі FIS$_1$ (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8. Значення змінних в моделі FIS$_1$.

Показник	Позначення	Підприємство 1	Підприємство 2
Фінансова автономія	X_1	0,325	0,27
Фінансовий левередж	X_2	0,325	0,08
Рентабельність активів	X_3	4,5	6
Чиста рентабельність	X_4	4,5	3
Оборотність активів	X_5	1,5	1
Індекс фінансово-економічної спроможності	Y_1	0,475	0,288

Отримані результати нечітко-логічного оцінювання фінансово-економічної спроможності свідчать про наявність істотних відмінностей між досліджуваними будівельними підприємствами, незважаючи на використання нормалізованих вхідних показників (рисунок 4.10).

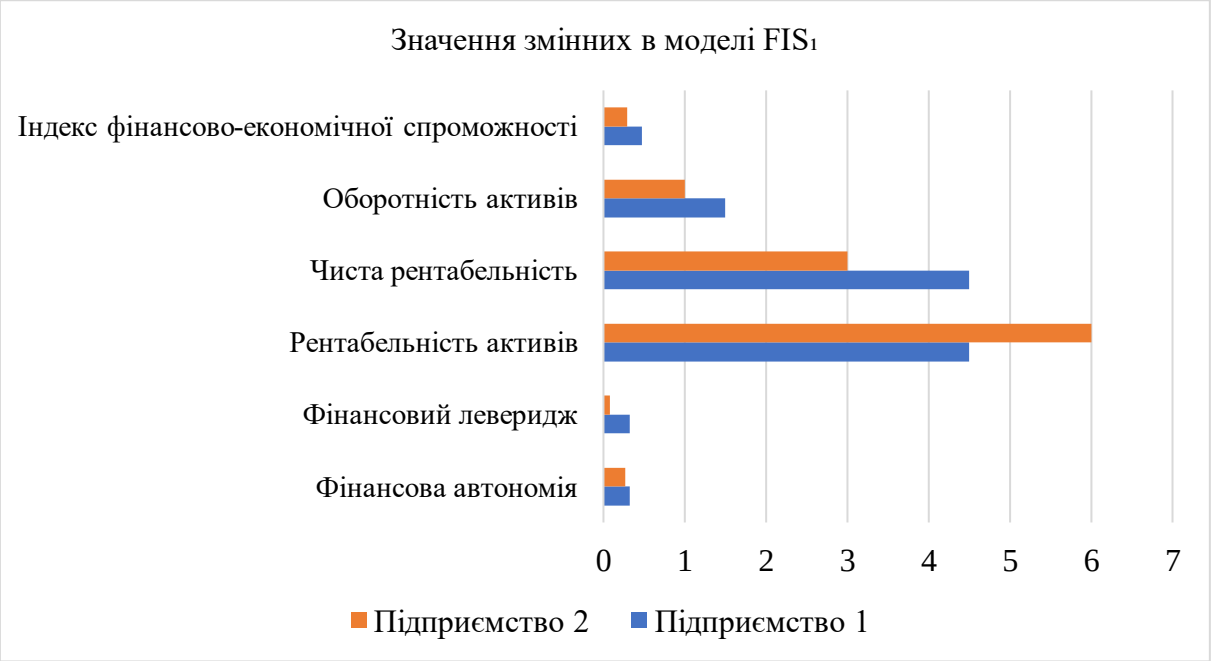


Рисунок 4.10. Структурна схема нечітко-логічного оцінювання фінансово-економічної спроможності.

Для Підприємства 1 характерним є відносно вищий рівень фінансової автономії (X_1 = 0,325) порівняно з Підприємством 2 (X_1 = 0,27), що свідчить про більшу частку власного капіталу у структурі фінансування та нижчу залежність від зовнішніх джерел. Водночас значення фінансового левериджу (X_2 = 0,325) для Підприємства 1 є істотно вищим, ніж для Підприємства 2 (X_2 = 0,08), що вказує на підвищене боргове навантаження та потенційно більші фінансові ризики.

Показники ефективності використання ресурсів демонструють змішану картину. Рентабельність активів (X_3) для Підприємства 2 становить 6, що перевищує відповідне значення для Підприємства 1 (4,5), свідчачи про вищу здатність генерувати прибуток з наявних активів. Водночас чиста рентабельність (X_4) є вищою у Підприємства 1 (4,5) порівняно з Підприємством 2 (3), що може вказувати на кращий контроль витрат або більш сприятливу структуру доходів.

Оборотність активів (X_5) для Підприємства 1 становить 1,5, тоді як для Підприємства 2 - 1, що означає ефективніше використання активів у процесі

операційної діяльності першого підприємства. У сукупності ці показники формують різні профілі фінансово-економічного стану підприємств, які не можуть бути однозначно оцінені на основі окремих коефіцієнтів.

Результати нечітко-логічного виведення відображають інтегральний ефект взаємодії всіх вхідних показників. Значення індексу фінансово-економічної спроможності Y1 для Підприємства 1 становить 0,475, що істотно перевищує відповідне значення для Підприємства 2 (0,288). Це свідчить про вищий рівень фінансово-економічної спроможності Підприємства 1 з урахуванням усієї сукупності показників та закладеної в базі правил економічної логіки.

Суттєво нижче значення інтегрального індексу Y1 для Підприємства 2 пояснюється поєднанням низького рівня фінансового левериджу з менш сприятливими значеннями оборотності активів і чистої рентабельності. Незважаючи на вищу рентабельність активів, ці переваги не компенсують вплив інших факторів у межах нечітко-логічної моделі, що відповідає закладеній логіці правил, згідно з якою критично слабкі або середні значення окремих показників обмежують загальний рівень фінансово-економічної спроможності.

Отримані результати підтверджують доцільність використання нечітко-логічного підходу для оцінювання фінансово-економічної спроможності будівельних підприємств. На відміну від традиційного аналізу окремих фінансових коефіцієнтів, інтегральний індекс Y1 дозволяє врахувати складну взаємодію між показниками та отримати узагальнену оцінку, яка є більш придатною для подальшого стратегічного аналізу та прийняття управлінських рішень.

Для ілюстрації роботи нечітко-логічного *блоку оцінювання операційно-виробничої спроможності (FIS_2)* розглянуто два будівельні підприємства, для яких значення показників сформовано в нормалізованому вигляді.

На їх основі обчислюються значення змінних в моделі FIS_2 (табл.4.9).

Таблиця 4.9. Значення змінних в моделі FIS_2.

Показник	Позначення	Підприємство 1	Підприємство 2
Продуктивність праці	X_6	0,65	0,3
Частка непрямих витрат	X_7	0,28	0,13
Стабільність графіків	X_8	0,60	0,27
Частота переробок	X_9	0,30	0,14
Гнучкість процесів	X_{10}	0,70	0,32
Індекс операційно-виробничої спроможності	Y_2	0,607	0,174

Отримані результати свідчать про суттєві відмінності в рівні операційно-виробничої спроможності досліджуваних будівельних підприємств, що зумовлено різною конфігурацією значень вхідних показників та їхньою взаємодією в межах нечітко-логічної моделі FIS_2 (рисунок 4.11).

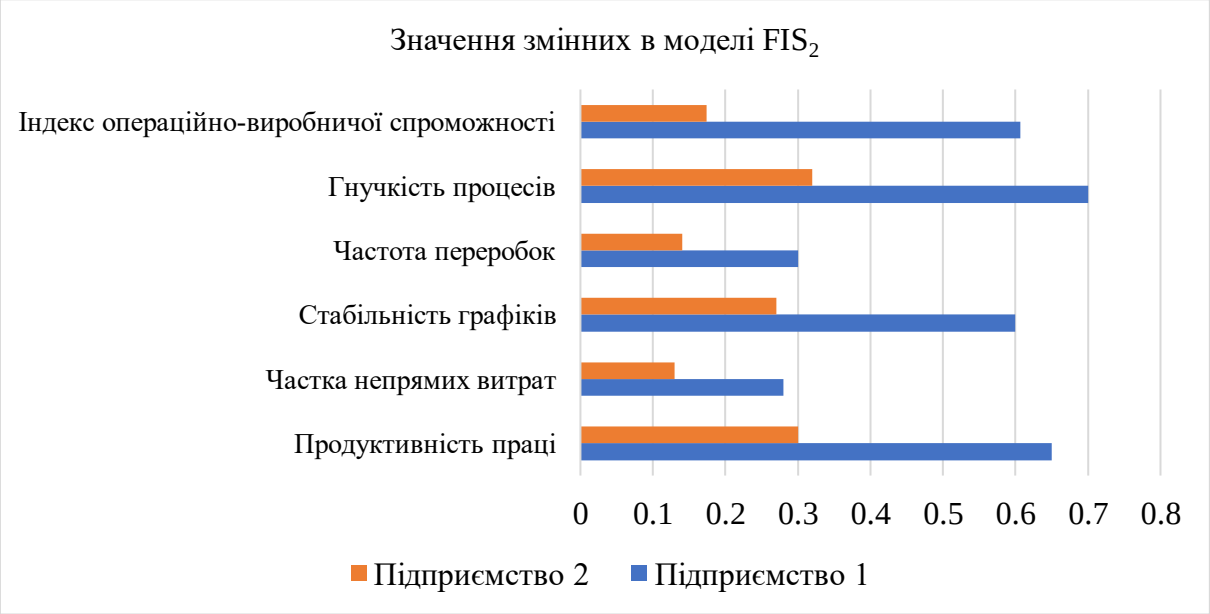


Рисунок 4.11. Структурна схема нечітко-логічного оцінювання операційно-виробничої спроможності.

Для підприємства 1 характерні відносно високі значення продуктивності праці (X6 = 0,65) та гнучкості виробничих процесів (X10 = 0,70), що свідчить про ефективне використання трудових ресурсів і здатність підприємства

адаптуватися до змін умов виконання будівельних робіт. Додатковим позитивним фактором є достатньо висока стабільність виробничих графіків (X8 = 0,60), яка зменшує ризики зривів строків і втрат, пов'язаних з неузгодженістю робіт. Водночас показники частки непрямих витрат (X7 = 0,28) та частоти переробок (X9 = 0,30) для підприємства 1 перебувають у середньому діапазоні, що вказує на наявність певних організаційних втрат, однак вони не мають критичного характеру та компенсуються високими значеннями ключових продуктивних характеристик. У сукупності така конфігурація вхідних змінних активує у моделі FIS_2 переважно правила, що відповідають середньому та високому рівню операційно-виробничої спроможності.

У результаті для підприємства 1 отримано значення інтегрального індексу операційно-виробничої спроможності Y2 = 0,607, що відповідає середньо-високому рівню та свідчить про достатню здатність підприємства ефективно організовувати та реалізовувати виробничі процеси в межах будівельних проєктів.

На відміну від цього, підприємство 2 характеризується низькими значеннями більшості вхідних показників. Продуктивність праці (X6 = 0,30) та гнучкість процесів (X10 = 0,32) перебувають у нижньому діапазоні, що свідчить про обмежену здатність підприємства оперативно реагувати на зміну умов виконання робіт та ефективно використовувати наявні ресурси. Низьке значення стабільності графіків (X8 = 0,27) вказує на проблеми з плануванням і координацією виробничих процесів.

Показники частки непрямих витрат (X7 = 0,13) та частоти переробок (X9 = 0,14) для підприємства 2 мають формально нижчі значення порівняно з підприємством 1, однак у даному випадку вони не компенсують загального низького рівня ключових виробничих характеристик. У межах нечітко-логічної моделі це призводить до домінування правил, що відповідають низькому рівню операційно-виробничої спроможності.

У результаті значення інтегрального індексу Y2 для підприємства 2 становить 0,174, що відповідає низькому рівню операційно-виробничої спроможності. Отримане значення свідчить про наявність системних обмежень у виробничій діяльності підприємства, які можуть суттєво впливати на його здатність виконувати будівельні проєкти в задані строки та з необхідним рівнем ефективності.

Порівняльний аналіз результатів для двох підприємств демонструє здатність нечітко-логічної моделі FIS_2 адекватно відображати вплив різних комбінацій вхідних показників на інтегральну оцінку операційно-виробничої спроможності. Важливою перевагою моделі є те, що вона не зводить оцінювання до простого середнього значення показників, а враховує їхню взаємодію та нелінійний характер впливу окремих факторів.

Отримані результати підтверджують доцільність використання нечітко-логічного підходу для оцінки операційно-виробничої спроможності будівельних підприємств та створюють основу для подальшого використання інтегрального індексу Y2 у процедурах багатокритеріального аналізу та імітаційного моделювання.

Для ілюстрації роботи нечітко-логічного *блоку оцінювання управлінської керованості будівельного підприємства (FIS₃)* розглянуто два будівельні підприємства, для яких значення показників сформовано в нормалізованому вигляді.

На їх основі обчислюються значення змінних в моделі FIS_3 (табл.4.10).

Таблиця 4.10. Значення змінних в моделі FIS_3.

Показник	Позначення	Підприємство 1	Підприємство 2
Формалізація процесів	X_{11}	0,55	0,37
Планування і контроль	X_{12}	0,60	0,4
Досвід керівництва	X_{13}	0,70	0,47
Швидкість рішень	X_{14}	0,50	0,33
Цифровізація управління	X_{15}	0,45	0,3

Індекс управлінської керованості	Y_3	0,5	0,33

Аналіз значень показників свідчить про відносно збалансований рівень управлінської керованості (рисунок 4.12).

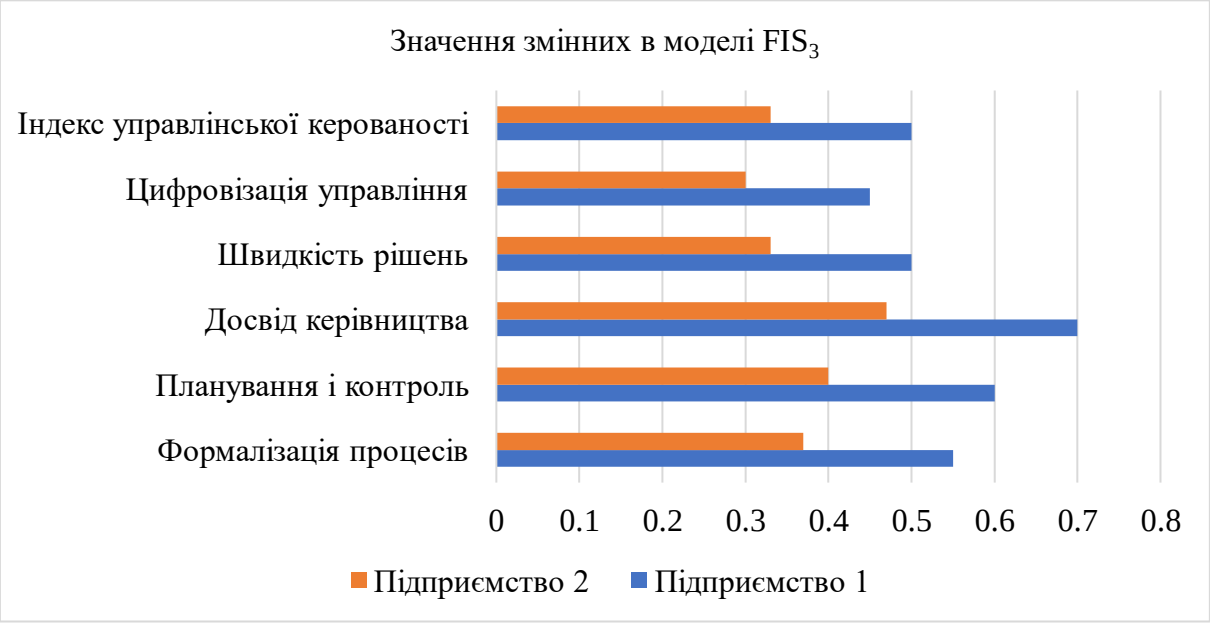


Рисунок 4.12. Структурна схема нечітко-логічного оцінювання управлінської керованості.

Для Підприємства 1 значення показника формалізації управлінських процесів (X11 = 0,55) вказує на наявність частково формалізованих процедур управління, які не є повністю стандартизованими, проте забезпечують базову керованість діяльності. Подібну тенденцію демонструє показник планування і контролю (X12 = 0,60), що свідчить про достатній рівень застосування інструментів оперативного та тактичного управління.

Високе значення показника досвіду керівництва (X13 = 0,70) є одним із визначальних чинників, що позитивно впливають на інтегральну оцінку управлінської керованості підприємства. Це свідчить про наявність управлінської команди, здатної приймати обґрунтовані рішення навіть за умов

неповної формалізації процесів. Показник швидкості прийняття рішень (X14 = 0,50) відповідає середньому рівню та вказує на відсутність критичних затримок в управлінських реакціях, водночас залишаючи потенціал для підвищення оперативності.

Найнижче серед значень для Підприємства 1 зафіксовано показник цифровізації управління (X15 = 0,45), що свідчить про часткове використання цифрових інструментів управління без їх повної інтеграції у систему прийняття рішень. Сукупний вплив зазначених факторів зумовив формування інтегрального індексу управлінської керованості на рівні Y3 = 0,50, що відповідає середньому рівню керованості та відображає достатню, але не оптимальну якість управлінських процесів.

Для Підприємства 2 характерні значно нижчі значення всіх вхідних показників моделі FIS_3. Формалізація процесів управління (X11 = 0,37) та рівень планування і контролю (X12 = 0,40) перебувають у зоні низьких–середніх значень, що свідчить про фрагментарний характер управлінських процедур і обмежене використання систематизованих інструментів управління.

Показник досвіду керівництва (X13 = 0,47) хоча й перевищує деякі інші складові, однак не досягає рівня, достатнього для компенсації низького рівня формалізації та планування. Особливо критичними є значення швидкості прийняття управлінських рішень (X14 = 0,33) та цифровізації управління (X15 = 0,30), що свідчить про повільні управлінські реакції та низький рівень використання цифрових інструментів у процесі управління.

У результаті сукупного впливу зазначених факторів інтегральний індекс управлінської керованості для Підприємства 2 становить Y3 = 0,33, що відповідає низькому рівню управлінської керованості. Такий результат вказує на наявність системних обмежень у сфері управління, які можуть негативно впливати на здатність підприємства ефективно реалізовувати проєкти та адаптуватися до змін зовнішнього середовища.

Порівняльний аналіз отриманих результатів демонструє, що нечітко-логічна модель FIS_3 адекватно відображає відмінності в управлінській керованості підприємств, навіть за відносно близьких значень окремих показників. Модель дозволяє врахувати нелінійний характер впливу управлінських чинників та уникнути жорсткої класифікації підприємств за формальними пороговими значеннями.

Отримані результати підтверджують придатність нечітко-логічного блоку FIS_3 для практичного оцінювання управлінської керованості будівельних підприємств і створюють основу для подальшого використання інтегрального індексу Y3 у процедурах багатокритеріального аналізу та стратегічного вибору альтернатив розвитку.

Для ілюстрації роботи нечітко-логічного *блоку оцінювання кадрової спроможності будівельного підприємства (FIS₄)* розглянуто два будівельні підприємства, для яких значення показників сформовано в нормалізованому вигляді.

На їх основі обчислюються значення змінних в моделі FIS_4 (табл.4.11).

Таблиця 4.11. Значення змінних в моделі FIS_4.

Показник	Позначення	Підприємство 1	Підприємство 2
Забезпеченість персоналом	X_{16}	0,60	0,35
Кваліфікаційна відповідність	X_{17}	0,55	0,3
Стабільність кадрів	X_{18}	0,65	0,35
Мотивація персоналу	X_{19}	0,50	0,25
Адаптивність персоналу	X_{20}	0,70	0,4
Індекс кадрової спроможності будівельного підприємства	Y_4	0,775	0,45

Отримані результати нечітко-логічного оцінювання кадрової спроможності будівельних підприємств свідчать про суттєві відмінності між

досліджуваними об’єктами за сукупністю кадрових характеристик, що відображено у значеннях інтегрального індексу кадрової спроможності Y4 (рисунок 4.13).

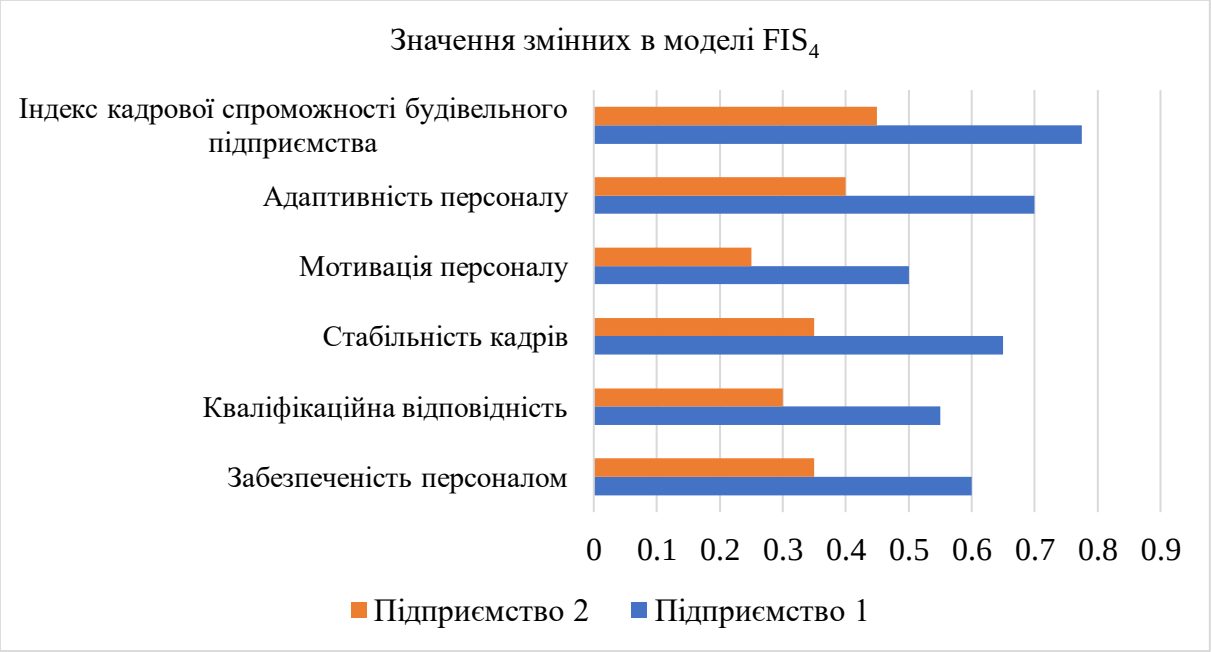


Рисунок 4.13. Структурна схема нечітко-логічного оцінювання кадрової спроможності.

Для підприємства 1 значення інтегрального індексу кадрової спроможності становить Y4 = 0,775, що відповідає високому рівню кадрової спроможності. Такий результат зумовлений відносно збалансованими та переважно середніми і високими значеннями всіх вхідних показників. Зокрема, забезпеченість персоналом (X16 = 0,60) та кваліфікаційна відповідність кадрів (X17 = 0,55) свідчать про наявність достатнього людського ресурсу, здатного виконувати виробничі завдання з необхідним рівнем професійної підготовки. Підвищені значення показників стабільності кадрів (X18 = 0,65) та адаптивності персоналу (X20 = 0,70) вказують на низький рівень плинності та здатність персоналу ефективно реагувати на зміни умов функціонування підприємства.

Водночас показник мотивації персоналу для підприємства 1 має значення X19 = 0,50, що відповідає середньому рівню. Це свідчить про наявність потенціалу для подальшого підвищення кадрової спроможності за рахунок удосконалення мотиваційних механізмів. Однак навіть за таких умов поєднання інших кадрових характеристик забезпечує високий рівень інтегральної оцінки, що підтверджує здатність підприємства ефективно реалізовувати будівельні проєкти з точки зору кадрового забезпечення.

Для підприємства 2 значення інтегрального індексу кадрової спроможності становить Y4 = 0.45, що відповідає низькому або нижче середнього рівню кадрової спроможності. У цьому випадку всі вхідні показники мають значення, що знаходяться у зоні низьких або близьких до низьких рівнів. Забезпеченість персоналом (X16 = 0,35) та кваліфікаційна відповідність (X17 = 0,30) свідчать про дефіцит кадрів і недостатню відповідність їхнього професійного рівня вимогам виробничої діяльності. Низькі значення показників стабільності кадрів (X18 = 0,35) та мотивації персоналу (X19 = 0,25) вказують на наявність проблем, пов’язаних із плинністю персоналу та слабкою зацікавленістю працівників у довгостроковій співпраці з підприємством. Хоча показник адаптивності персоналу (X20 = 0,40) має дещо вище значення порівняно з іншими змінними, його рівень є недостатнім для компенсації загального низького кадрового потенціалу.

Порівняльний аналіз результатів для двох підприємств демонструє адекватну реакцію нечітко-логічної моделі на зміну вхідних параметрів. Для підприємства 1 сукупність середніх і високих значень кадрових показників призводить до високої інтегральної оцінки, тоді як для підприємства 2 накопичення низьких значень за всіма змінними формує низький рівень кадрової спроможності. Це підтверджує коректність побудованої бази правил та доцільність використання логічного оператора AND, який не допускає компенсації критично слабких кадрових характеристик окремими відносно кращими показниками.

Отримані результати також підтверджують інтерпретованість нечітко-логічної моделі з точки зору управлінської практики. Значення інтегрального індексу кадрової спроможності дозволяє не лише класифікувати підприємства за рівнем кадрового потенціалу, але й ідентифікувати ключові напрями його підвищення. Зокрема, для підприємства 2 першочерговими завданнями є підвищення мотивації персоналу та стабілізація кадрового складу, що може мати найбільший вплив на зростання інтегральної оцінки.

Таким чином, результати апробації нечітко-логічного блоку FIS4 свідчать про його здатність адекватно відображати реальний стан кадрової спроможності будівельних підприємств і підтверджують доцільність використання отриманого індексу як складової подальшого багатокритеріального аналізу та стратегічного управління.

Для ілюстрації роботи нечітко-логічного *блоку оцінювання логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень будівельного підприємства (FIS₅)* розглянуто два будівельні підприємства, для яких значення показників сформовано в нормалізованому вигляді.

На їх основі обчислюються значення змінних в моделі FIS_5 (табл.4.12).

Таблиця 4.12. Значення змінних в моделі FIS_5.

Показник	Позначення	Підприємство 1	Підприємство 2
Стабільність постачань	X_{21}	0,55	0,3
Низька залежність від імпорту	X_{22}	0,45	0,25
Узгодженість логістики	X_{23}	0,60	0,32
Готовність до модульних рішень	X_{24}	0,50	0,25
Інтеграція з партнерами	X_{25}	0,65	0,35
Індекс логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень	Y_5	0,475	0,32

Отримані результати нечітко-логічного оцінювання логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень будівельних підприємств свідчать про наявність суттєвих відмінностей між досліджуваними об’єктами за рівнем сформованості логістичних процесів, організаційної взаємодії та здатності до впровадження індустріальних технологій будівництва. Це відображено у значеннях інтегрального індексу Y5 (рисунок 4.14).

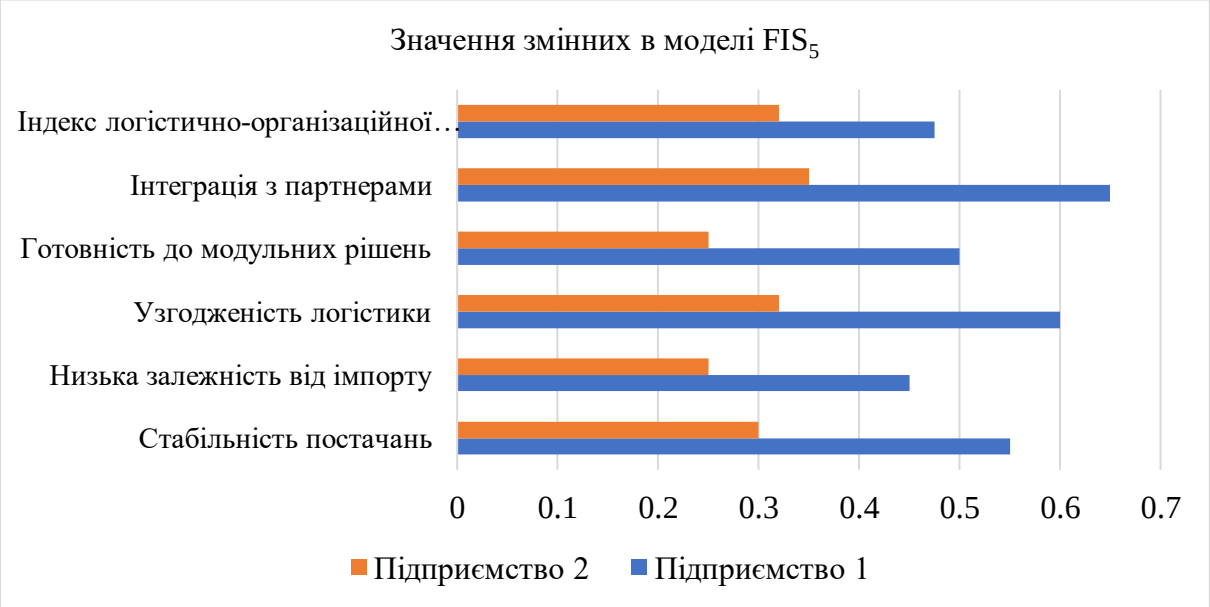


Рисунок 4.14. Структурна схема нечітко-логічного оцінювання логістично-організаційної готовності.

Для підприємства 1 значення інтегрального індексу логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень становить Y5 = 0,475, що відповідає середньому рівню готовності. Такий результат зумовлений відносно збалансованими значеннями більшості вхідних показників, без наявності критично слабких компонентів. Зокрема, стабільність постачань (X21 = 0,55) та узгодженість логістики (X23 = 0,60) свідчать про сформовану систему матеріально-технічного забезпечення та координацію логістичних процесів у межах підприємства.

Показник інтеграції з партнерами (X25 = 0,65) має підвищене значення, що вказує на наявність стійких коопераційних зв’язків із постачальниками та підрядними організаціями. Це є важливою передумовою для впровадження префабрикованих і модульних рішень, які потребують тісної взаємодії між учасниками будівельного процесу. Водночас показники низької залежності від імпорту (X22 = 0,45) та готовності до модульних рішень (X24 = 0,50) знаходяться на середньому рівні, що свідчить про наявність потенціалу для подальшого розвитку у напрямку індустріалізації будівництва.

Для підприємства 2 значення інтегрального індексу Y5 становить 0,32, що відповідає низькому рівню логістично-організаційної готовності та готовності до префабрикованих рішень. У цьому випадку всі вхідні показники мають значення, що знаходяться у зоні низьких рівнів. Стабільність постачань (X21 = 0,30) та узгодженість логістики (X23 = 0,32) свідчать про фрагментарність логістичних процесів та підвищені ризики збоїв у матеріально-технічному забезпеченні.

Низьке значення показника низької залежності від імпорту (X22 = 0,25) вказує на значну залежність підприємства від зовнішніх постачань, що істотно обмежує його стійкість у нестабільних економічних умовах. Показники готовності до модульних рішень (X24 = 0,25) та інтеграції з партнерами (X25 = 0,35) свідчать про відсутність належної організаційної та технологічної бази для впровадження префабрикованих технологій будівництва.

Порівняльний аналіз результатів для двох підприємств демонструє адекватну реакцію нечітко-логічної моделі на зміну вхідних параметрів. Для підприємства 1 поєднання середніх і підвищених значень логістично-організаційних показників формує середній рівень інтегральної готовності, тоді як для підприємства 2 накопичення низьких значень за всіма змінними призводить до низької інтегральної оцінки. Це підтверджує коректність сформованої бази правил та доцільність використання логічного оператора AND, який унеможливлює компенсацію слабких логістичних характеристик окремими відносно сильнішими елементами.

Отримані результати мають важливе управлінське значення. Для підприємства 1 вони вказують на доцільність подальшого розвитку у напрямку зниження імпортної залежності та нарощування готовності до використання модульних і префабрикованих рішень. Для підприємства 2 результати свідчать про необхідність комплексної перебудови логістично-організаційної системи як передумови підвищення загальної економічної спроможності та можливості участі у проєктах індустріального будівництва.

Таким чином, результати апробації нечітко-логічного блоку FIS5 підтверджують його здатність адекватно відображати рівень логістично-організаційної готовності та готовності будівельних підприємств до впровадження префабрикованих рішень і обґрунтовують доцільність використання отриманого індексу як складової подальшого інтегрального оцінювання економічної спроможності.

Для ілюстрації роботи *верхнього рівня оцінювання інтегральної економічної спроможності будівельного підприємства (FIS_TOP)* розглянемо підприємства з такими значеннями інтегральних індексів (табл.4.13).

Таблиця 4.13. Значення змінних в моделі FIS_TOP.

Показник	Позначення	Підприємство 1	Підприємство 2
Фінансово-економічна спроможність	Y_1	0,475	0,288
Операційно-виробнича спроможність	Y_2	0,607	0,174
Управлінська керованість	Y_3	0,5	0,33
Кадрова спроможність	Y_4	0,775	0,45
Логістично-організаційна готовність	Y_5	0,475	0,32
Інтегральний показник економічної спроможності будівельного підприємства	ECS	0,566	0,312

Отримані результати інтегрального оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств свідчать про істотні відмінності між досліджуваними об’єктами за сукупним рівнем сформованості ключових складових діяльності. Це відображено у значеннях інтегрального показника ECS (рисунок 4.15).

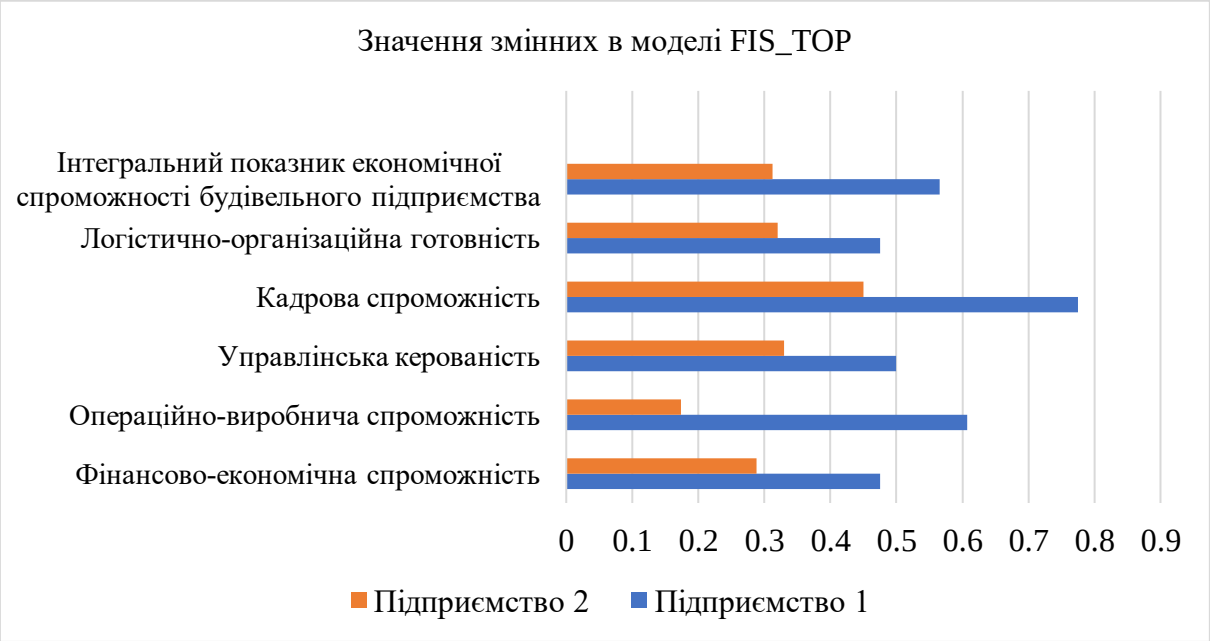


Рисунок 4.15. Структурна схема нечітко-логічного оцінювання інтегрального показника економічної спроможності.

Для підприємства 1 значення інтегрального показника економічної спроможності становить ECS = 0,566, що відповідає середньому рівню економічної спроможності з тенденцією до підвищеного. Такий результат зумовлений відносно збалансованими значеннями інтегральних індексів, серед яких домінує висока кадрова спроможність (Y4 = 0,775) та достатній рівень операційно-виробничої спроможності (Y2 = 0,607). Фінансово-економічна спроможність (Y1 = 0,475) і логістично-організаційна готовність (Y5 = 0,475) знаходяться на середньому рівні, що не створює критичних обмежень для загальної оцінки. Управлінська керованість підприємства 1 (Y3 = 0,500) також відповідає середньому рівню, що свідчить про наявність

функціонуючих управлінських механізмів, достатніх для підтримки стабільної діяльності. Сукупність зазначених характеристик формує інтегральну оцінку, яка відображає здатність підприємства реалізовувати проєкти та розвиватися за умови усунення окремих структурних обмежень.

Для підприємства 2 значення інтегрального показника економічної спроможності становить ECS = 0,312, що відповідає низькому рівню економічної спроможності. У цьому випадку всі інтегральні індекси Y1–Y5 мають значення, що знаходяться у зоні низьких або нижче середніх рівнів. Особливо критичним є низький рівень операційно-виробничої спроможності (Y2 = 0,174), що істотно обмежує здатність підприємства ефективно реалізовувати будівельні проєкти. Фінансово-економічна спроможність підприємства 2 (Y1 = 0,288) та логістично-організаційна готовність (Y5 = 0,320) також не досягають рівня, достатнього для забезпечення стабільної діяльності в умовах невизначеності. Хоча кадрова спроможність (Y4 = 0,450) та управлінська керованість (Y3 = 0,330) мають дещо вищі значення порівняно з іншими складовими, вони не здатні компенсувати загальний низький рівень економічної спроможності.

Порівняльний аналіз результатів для двох підприємств підтверджує адекватність роботи верхнього рівня нечітко-логічної моделі. Для підприємства 1 відсутність критично низьких значень за окремими складовими забезпечує середній інтегральний рівень економічної спроможності, тоді як для підприємства 2 накопичення низьких значень за всіма індексами призводить до формування низької інтегральної оцінки. Це підтверджує доцільність використання логічного оператора AND на верхньому рівні агрегування, який не допускає компенсації структурних проблем окремими відносно сильнішими компонентами.

Таким чином, інтегральний показник ECS адекватно відображає сукупний рівень економічної спроможності будівельних підприємств і може використовуватися як узагальнений індикатор для подальшого

багатокритеріального аналізу, імітаційного моделювання та прийняття стратегічних управлінських рішень.

Проведена практична апробація нечітко-логічної моделі оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств підтвердила її наукову обґрунтованість, інтерпретованість та придатність для використання в задачах підтримки управлінських рішень. Отримані результати свідчать, що запропонований підхід дозволяє адекватно відобразити багатовимірний характер економічної спроможності підприємства та врахувати взаємодію фінансових, виробничих, управлінських, кадрових і логістично-організаційних чинників.

Результати роботи нечітко-логічних блоків нижчого рівня (FIS_1–FIS_5) показали, що кожен із сформованих інтегральних індексів чутливо реагує на зміну відповідних груп показників та відображає реальні відмінності між підприємствами з різним рівнем розвитку окремих складових діяльності. При цьому модель не зводить оцінювання до жорсткої класифікації, а дозволяє фіксувати перехідні стани, що є особливо важливим для стратегічного аналізу в умовах невизначеності.

Аналіз фінансово-економічної, операційно-виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної складових показав, що відсутність критично слабких компонентів є визначальною умовою формування прийнятного рівня загальної економічної спроможності. Це підтверджує доцільність використання логічного оператора AND у базі правил нечітких моделей, оскільки він унеможливлює компенсацію структурних проблем окремими відносно сильнішими показниками.

Інтеграція результатів нижчого рівня у верхньому нечітко-логічному блоці (FIS_TOP) дозволила сформувати узагальнений показник економічної спроможності ECS, який адекватно відображає сукупний потенціал підприємства до стабільного функціонування та розвитку. Отримані значення ECS для досліджуваних підприємств продемонстрували чітку диференціацію

між об’єктами з середнім та низьким рівнем економічної спроможності, що підтверджує коректність побудованої ієрархічної структури моделі.

Практичні результати свідчать, що підприємство з відносно збалансованими значеннями інтегральних індексів за всіма складовими формує середній рівень економічної спроможності, навіть за наявності окремих обмежень. Натомість накопичення низьких значень за більшістю складових призводить до формування низької інтегральної оцінки, що відображає обмежені можливості підприємства щодо реалізації стратегічних ініціатив та участі у складних інвестиційних або індустріальних проєктах.

Отримані результати підтверджують, що запропонована нечітко-логічна модель є ефективним інструментом комплексного оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств у ситуаціях, коли вихідна інформація є неповною, нечіткою або має якісний характер. Модель забезпечує не лише числову оцінку, але й аналітичну основу для ідентифікації проблемних зон та визначення пріоритетних напрямів підвищення спроможності.

Таким чином, практичне застосування розробленої моделі підтверджує її придатність для використання в системах підтримки управлінських рішень, зокрема при стратегічному плануванні, оцінюванні готовності підприємств до участі у програмах відновлення, впровадженні префабрикованих та індустріальних технологій будівництва, а також у процедурах подальшого багатокритеріального аналізу та імітаційного моделювання. Отримані результати створюють надійну основу для формування обґрунтованих управлінських рекомендацій і підтверджують практичну цінність запропонованого методичного підходу.

4.2. Застосування методу аналізу ієрархій (AHP) для визначення ваг інтегральних індексів спроможності будівельного підприємства.

Було розглянуто чотири різні сценарії, які різняться між собою важливістю критеріїв.

Сценарій 1. Кадрово-виробничий пріоритет (базовий сценарій)

Формування матриці попарних порівнянь у цьому варіанті ґрунтується на припущенні, що ключовими обмежувальними факторами діяльності будівельних підприємств є наявність кваліфікованого персоналу та операційно-виробничий потенціал. Такий підхід відповідає реальним умовам функціонування галузі, де виконання будівельних робіт безпосередньо залежить від наявності робочої сили, технічних ресурсів та організації виробничих процесів.

Кадрова спроможність (Y4) розглядається як найбільш вагомий критерій, оскільки саме персонал визначає можливість виконання робіт у задані терміни, дотримання технологічних вимог і адаптацію до нових будівельних технологій. В умовах дефіциту кваліфікованих кадрів навіть фінансово забезпечене підприємство може втрачати конкурентоспроможність.

Операційно-виробнича спроможність (Y2) посідає друге місце за значущістю, оскільки характеризує реальну здатність підприємства виконувати будівельні роботи, використовувати техніку, організовувати виробничі процеси та підтримувати необхідний рівень продуктивності.

Фінансово-економічна спроможність (Y1) визнається важливою, але розглядається як підтримуючий фактор. Наявність фінансових ресурсів створює передумови для функціонування, однак не гарантує результативності без кадрового та виробничого потенціалу.

Логістично-організаційна готовність (Y5) оцінюється як середній за важливістю критерій. Вона впливає на стабільність постачань і координацію діяльності, але в умовах традиційного будівництва її значущість зазвичай поступається кадровим і виробничим чинникам.

Управлінська керованість (Y3) у цьому сценарії має відносно меншу вагу, оскільки за наявності стабільного кадрового складу та налагодженого виробництва навіть середній рівень управління дозволяє підтримувати функціонування підприємства.

Таким чином, у базовому сценарії пріоритет надається ресурсним факторам, що безпосередньо визначають можливість виконання будівельних робіт.

Математична постановка задачі. Нехай задано множину критеріїв Y = {Y1, Y2, Y3, Y4, Y5}, де Y1–Y5 - інтегральні індекси спроможності будівельного підприємства, отримані в результаті нечітко-логічного моделювання.

Задача полягає у визначенні вектора ваг:

W = [w1, w2, w3, w4, w5], таких, що $w_i \geq 0$, $\Sigma w_i = 1$.

Відповідно до шкали Сааті формується матриця A = [a_{ij}] (табл. 4.14):

Таблиця 4.14. Матриця парних порівнянь A.

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	1	0,5	3	0,3333	2
Y2	2	1	3	0,5	2
Y3	0,3333	0,3333	1	0,3333	0,5
Y4	3	2	3	1	3
Y5	0,5	0,5	2	0,3333	1

Обчислення ваг: геометричні середні (GM_i) та нормовані ваги (w_i) (табл.4.15).

Таблиця 4.15. Значення геометричних середніх та нормованих ваг.

GM1	1	w1	0,172
GM2	1,431	w2	0,247
GM3	0,45	w3	0,078
GM4	2,221	w4	0,383
GM5	0,699	w5	0,12

Σ GM = 5,801

Отже: W = [0,172;0,247;0,078;0,383;0,12]

Метод AHP вимагає перевірити, що судження не суперечать одне одному. Обчислюється допоміжний вектор Aw, що є результатом множення матриці попарних порівнянь на вектор ваг критеріїв. Для кожного критерію визначається часткова оцінка максимального власного значення r_i, що обчислюється як відношення $(Aw)_i$ до w_i (табл. 4.16).

Таблиця 4.16. Значення допоміжного вектора та максимального власного значення.

Aw1	0,897	r1	5,215
Aw2	1,257	r2	5,089
Aw3	0,405	r3	5,192
Aw4	1,987	r4	5,188
Aw5	0,613	r5	5,108

Отже підсумковий вектор Aw = [0,897;1,257;0,405;1,987;0,613].

Оцінка найбільшого власного числа: λ_max = 5,158
Індекс узгодженості: CI = 0,0395
Відношення узгодженості: CR = 0,0353 < 0,10
Оскільки, критерієм прийнятності є співвідношення CR < 0,10 матриця парних порівнянь є узгодженою.

Отримані результати свідчать про сформовану систему пріоритетів критеріїв оцінювання економічної спроможності будівельного підприємства та підтверджують достатній рівень узгодженості експертних суджень.

Таким чином, у результаті застосування методу аналізу ієрархій з використанням геометричного середнього було отримано вектор ваг критеріїв:

W = [0,172; 0,247; 0,078; 0,383; 0,120]. Ці значення відображають відносну важливість кожного з інтегральних індексів у формуванні загальної оцінки економічної спроможності підприємства.

Найбільшу вагу отримав критерій кадрової спроможності (0,383). Це означає, що саме наявність кваліфікованого персоналу, його стабільність, адаптивність та професійна відповідність мають визначальний вплив на здатність підприємства реалізовувати будівельні проєкти, особливо в умовах зростання обсягів відновлювальних робіт та впровадження індустріалізованих технологій. Такий результат є логічним, оскільки навіть за наявності фінансових ресурсів і матеріально-технічної бази відсутність людського потенціалу стає ключовим обмежувальним фактором розвитку.

Другу позицію за значущістю посідає операційно-виробнича спроможність (0,247). Це свідчить про те, що реальна здатність підприємства організовувати та виконувати будівельні процеси, використовувати технічні ресурси і підтримувати необхідний рівень продуктивності має істотний вплив на його економічний стан. Високе значення цього показника підкреслює роль виробничої бази як основи стабільної діяльності.

Фінансово-економічна спроможність отримала вагу 0,172, що вказує на її важливу, але не домінуючу роль у загальній структурі оцінювання. Це означає, що фінансові показники створюють необхідні передумови функціонування, однак самі по собі не гарантують високої результативності без належного кадрового та виробничого забезпечення.

Логістично-організаційна готовність має вагу 0,120, що характеризує її як допоміжний, але суттєвий фактор. Вона впливає на стабільність постачань, узгодженість процесів та здатність підприємства взаємодіяти з партнерами, особливо в умовах переходу до більш індустріалізованих форм будівництва.

Найменшу вагу отримав показник управлінської керованості (0,078). Це не означає, що управління є неважливим, однак у межах обраного сценарію воно розглядається як фактор, що опосередковує використання інших

ресурсів, а не як самостійний визначальний елемент економічної спроможності.

Важливою характеристикою отриманих результатів є рівень узгодженості експертних оцінок. Значення відношення узгодженості становить CR = 0,0353. Оскільки це значення є суттєво меншим за гранично допустимий рівень 0,10, матриця попарних порівнянь вважається узгодженою. Це означає, що сформовані пріоритети критеріїв не містять значних логічних суперечностей і можуть бути використані для подальших розрахунків у межах моделі.

Низьке значення CR також свідчить про внутрішню логічну стабільність системи оцінювання: експертні судження є послідовними, а отримані ваги - надійними. Це дозволяє використовувати їх як базові параметри для подальшого багатокритеріального аналізу альтернатив і формування інтегральної оцінки економічної спроможності будівельних підприємств.

Таким чином, сформований вектор ваг відображає домінування ресурсних факторів (кадрового та виробничого), помірну роль фінансових характеристик і допоміжне значення управлінських та логістичних аспектів у межах розглянутого сценарію розвитку підприємства.

Сценарій 2. Логістично-індустріальний сценарій (орієнтація на префабрикацію та відновлення).

Цей варіант відображає умови, за яких підприємства переходять до індустріалізованих технологій будівництва та реалізації масштабних програм відновлення. У такому середовищі особливого значення набуває узгодженість постачань, взаємодія з партнерами та здатність інтегруватися у складні логістичні ланцюги.

Логістично-організаційна готовність (Y5) у цьому сценарії суттєво підвищує свою вагу, оскільки префабриковане будівництво значною мірою залежить від синхронізації виробництва, транспортування та монтажу

конструктивних елементів. Затримки або порушення в логістичних процесах можуть повністю зупинити реалізацію проєктів.

Кадрова спроможність (Y4) зберігає високу значущість, оскільки впровадження індустріальних технологій потребує спеціалізованих знань, адаптивності персоналу та здатності працювати з новими технологічними рішеннями.

Операційно-виробнича спроможність (Y2) також залишається одним із ключових чинників, але її роль частково трансформується: зростає значення організації процесів і координації з зовнішніми виробниками елементів.

Фінансово-економічна спроможність (Y1) у цьому варіанті розглядається як необхідна, але не домінуюча умова. Навіть за наявності фінансування без розвиненої логістики та кооперації впровадження префабрикованих рішень є ускладненим.

Управлінська керованість (Y3) зберігає середню значущість і виступає як фактор, що забезпечує координацію складних процесів, однак її вплив проявляється опосередковано через інші критерії.

Такий сценарій найбільш адекватно відображає умови швидкого відновлення житлового фонду та масштабних інфраструктурних програм.

Математична постановка задачі. Нехай задано множину критеріїв Y = {Y1, Y2, Y3, Y4, Y5}, де Y1–Y5 - інтегральні індекси спроможності будівельного підприємства, отримані в результаті нечітко-логічного моделювання. Задача полягає у визначенні вектора ваг:

W = [w1, w2, w3, w4, w5], таких, що $w_i \geq 0$, $\Sigma w_i = 1$.

Відповідно до шкали Сааті формується матриця A = [a_{ij}] (табл. 4.17):

Таблиця 4.17. Матриця парних порівнянь A

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	1	0,5	2	0,333	0,5
Y2	2	1	2	0,5	1

Y3	0,5	0,5	1	0,333	0,5
Y4	3	2	3	1	1
Y5	2	1	2	1	1

Обчислення ваг: геометричні середні (GM_i) та нормовані ваги (w_i) (табл.4.18).

Таблиця 4.18. Значення геометричних середніх та нормованих ваг.

GM1	0,699	w1	0,128
GM2	1,149	w2	0,21
GM3	0,53	w3	0,097
GM4	1,783	w4	0,325
GM5	1,32	w5	0,241

Σ GM = 5,481

Отже: W = [0,128;0,21;0,097;0,325;0,241]

Метод AHP вимагає перевірити, що судження не суперечать одне одному. Обчислюється допоміжний вектор Aw, що є результатом множення матриці попарних порівнянь на вектор ваг критеріїв. Для кожного критерію визначається часткова оцінка максимального власного значення r_i, що обчислюється як відношення $(Aw)_i$ до w_i (табл. 4.19).

Таблиця 4.19. Значення допоміжного вектора та максимального власного значення.

Aw1	0,656	r1	5,125
Aw2	1,064	r2	5,067
Aw3	0,495	r3	5,103
Aw4	1,661	r4	5,111
Aw5	1,226	r5	5,087

Отже підсумковий вектор Aw=[0,656;1,064;0,495;1,661;1,226].

Оцінка найбільшого власного числа: λ_max = 5,099

Індекс узгодженості: CI = 0,0248

Відношення узгодженості CR = 0,0221 < 0,10, отже, матриця парних порівнянь є узгодженою.

Отримані результати свідчать про сформовану структуру відносної важливості критеріїв та високу узгодженість експертних оцінок. У результаті застосування методу аналізу ієрархій на основі геометричного середнього було визначено ваговий вектор критеріїв: W = [0,128; 0,210; 0,097; 0,325; 0,241]. Ці значення відображають внесок кожної складової у формування інтегральної оцінки економічної спроможності будівельного підприємства.

Найбільшу вагу отримав критерій Y4 (кадрова спроможність) - 0,325. Це означає, що саме забезпеченість персоналом, його кваліфікаційний рівень, стабільність та здатність до адаптації мають визначальний вплив на загальну економічну спроможність підприємства. Такий результат є логічним для будівельної галузі, де реалізація проєктів безпосередньо залежить від наявності трудових ресурсів і професійних компетенцій.

Другу за значущістю позицію займає критерій Y5 (логістично-організаційна готовність) з вагою 0,241. Це свідчить про суттєву роль узгодженості постачань, взаємодії з партнерами, організації логістичних процесів та готовності до впровадження індустріальних, зокрема префабрикованих, рішень. У сучасних умовах будівництва, особливо при масштабних відновлювальних програмах, стабільність логістичних ланцюгів стає одним із ключових чинників результативності.

Операційно-виробнича спроможність (Y2) отримала вагу 0,210, що підтверджує її значну, але дещо нижчу порівняно з кадровими та логістичними факторами роль. Це означає, що наявність технічних ресурсів, виробничих потужностей та здатність організовувати виконання робіт є важливою умовою

функціонування підприємства, однак ефективність їх використання значною мірою залежить від кадрового забезпечення та організаційної координації.

Фінансово-економічна спроможність (Y1) має вагу 0,128, що характеризує її як необхідну, але не домінуючу складову. Отримане значення свідчить про те, що фінансові ресурси виступають базою для діяльності підприємства, проте самі по собі не визначають рівень його функціональної здатності без належної організації виробництва, кадрового потенціалу та логістичної підтримки.

Найменшу вагу отримав критерій Y3 (управлінська керованість) - 0,097. Це не означає його незначущості, а лише вказує на відносно менший прямий вплив у порівнянні з ресурсними та операційними факторами. Управлінська складова в даному випадку розглядається як інтегруючий елемент, що опосередковано впливає на ефективність використання інших ресурсів.

Перевірка узгодженості експертних оцінок показала значення CR = 0,0221. Оскільки отримане значення істотно менше за гранично допустимий рівень 0,10, це свідчить про високий рівень логічної узгодженості матриці попарних порівнянь. Таким чином, експертні судження є внутрішньо несуперечливими, а визначені вагові коефіцієнти можуть вважатися надійними для подальшого використання у багатокритеріальному оцінюванні альтернатив.

Отриманий розподіл ваг демонструє, що структура економічної спроможності будівельного підприємства формується насамперед під впливом кадрових та логістично-організаційних факторів, тоді як фінансові та управлінські характеристики відіграють підтримуючу роль. Це узгоджується з сучасними умовами функціонування галузі, де вирішальним стає не лише наявність ресурсів, а й здатність підприємства оперативно організовувати виробничі процеси та взаємодію із зовнішнім середовищем.

Сценарій 3. Фінансово-обмежений сценарій.

У цьому варіанті вихідним припущенням є домінування фінансових обмежень як головного фактора, що визначає діяльність підприємства. Така ситуація характерна для періодів економічної нестабільності, обмеженого доступу до кредитних ресурсів або значних затримок фінансування проєктів.

Фінансово-економічна спроможність (Y1) у цьому випадку стає основним критерієм, оскільки саме вона визначає можливість підприємства підтримувати операційну діяльність, закуповувати матеріали, утримувати персонал і реалізовувати інвестиційні проєкти.

Інші критерії - операційно-виробничий, кадровий та логістичний - розглядаються як похідні від фінансових можливостей. Без стабільного фінансового забезпечення навіть високий рівень організації або наявність кваліфікованого персоналу не може бути повною мірою реалізований.

Управлінська керованість (Y3) у цьому сценарії відіграє допоміжну роль і проявляється через здатність ефективно розподіляти обмежені ресурси, але не є визначальним фактором у порівнянні з фінансами.

Цей варіант відображає ситуацію, коли підприємство працює в умовах жорстких ресурсних обмежень і змушене орієнтуватися насамперед на фінансову стабільність.

Математична постановка задачі. Нехай задано множину критеріїв Y = {Y1, Y2, Y3, Y4, Y5}, де Y1–Y5 - інтегральні індекси спроможності будівельного підприємства, отримані в результаті нечітко-логічного моделювання. Задача полягає у визначенні вектора ваг:

W = [w1, w2, w3, w4, w5], таких, що $w_i \geq 0$, $\Sigma w_i = 1$.

Відповідно до шкали Сааті формується матриця A = [a_{ij}] (табл. 4.20):

Таблиця 4.20. Матриця парних порівнянь A

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	1	2	3	2	2
Y2	0,5	1	2	1	1

Y3	0,333	0,5	1	0,5	0,5
Y4	0,5	1	2	1	1
Y5	0,5	1	2	1	1

Обчислення ваг: геометричні середні (GM_i) та нормовані ваги (w_i) (табл.4.21).

Таблиця 4.21. Значення геометричних середніх та нормованих ваг.

GM1	1,888	w1	0,348
GM2	1	w2	0,185
GM3	0,53	w3	0,098
GM4	1	w4	0,185
GM5	1	w5	0,185

Σ GM = 5,418

Отже: W = [0,348;0,185;0,098;0,185;0,185]

Метод AHP вимагає перевірити, що судження не суперечать одне одному. Обчислюється допоміжний вектор Aw, що є результатом множення матриці попарних порівнянь на вектор ваг критеріїв. Для кожного критерію визначається часткова оцінка максимального власного значення r_i, що обчислюється як відношення $(Aw)_i$ до w_i (табл.4.22).

Таблиця 4.22. Значення допоміжного вектора та максимального власного значення.

Aw1	1,752	r1	5,034
Aw2	0,925	r2	5
Aw3	0,491	r3	5,01
Aw4	0,925	r4	5
Aw5	0,925	r5	5

Отже підсумковий вектор Aw=[0,656;1,064;0,495;1,661;1,226].

Оцінка найбільшого власного числа: λ_max = 5,009.
Індекс узгодженості: CI = 0,0023.
Відношення узгодженості: CR = 0,0021 < 0,10, отже, матриця парних порівнянь є узгодженою.

Отримані результати свідчать про сформовану структуру відносної важливості критеріїв та високу узгодженість експертних оцінок.

У результаті застосування методу аналізу ієрархій на основі геометричного середнього було визначено ваговий вектор критеріїв: W = [0,128; 0,210; 0,097; 0,325; 0,241]. Ці значення відображають внесок кожної складової у формування інтегральної оцінки економічної спроможності будівельного підприємства.

Найбільшу вагу отримав критерій Y4 (кадрова спроможність) - 0,325. Це означає, що саме забезпеченість персоналом, його кваліфікаційний рівень, стабільність та здатність до адаптації мають визначальний вплив на загальну економічну спроможність підприємства. Такий результат є логічним для будівельної галузі, де реалізація проєктів безпосередньо залежить від наявності трудових ресурсів і професійних компетенцій.

Другу за значущістю позицію займає критерій Y5 (логістично-організаційна готовність) з вагою 0,241. Це свідчить про суттєву роль узгодженості постачань, взаємодії з партнерами, організації логістичних процесів та готовності до впровадження індустріальних, зокрема префабрикованих, рішень. У сучасних умовах будівництва, особливо при масштабних відновлювальних програмах, стабільність логістичних ланцюгів стає одним із ключових чинників результативності.

Операційно-виробнича спроможність (Y2) отримала вагу 0,210, що підтверджує її значну, але дещо нижчу порівняно з кадровими та логістичними факторами роль. Це означає, що наявність технічних ресурсів, виробничих потужностей та здатність організовувати виконання робіт є важливою умовою

функціонування підприємства, однак ефективність їх використання значною мірою залежить від кадрового забезпечення та організаційної координації.

Фінансово-економічна спроможність (Y1) має вагу 0,128, що характеризує її як необхідну, але не домінуючу складову. Отримане значення свідчить про те, що фінансові ресурси виступають базою для діяльності підприємства, проте самі по собі не визначають рівень його функціональної здатності без належної організації виробництва, кадрового потенціалу та логістичної підтримки.

Найменшу вагу отримав критерій Y3 (управлінська керованість) - 0,097. Це не означає його незначущості, а лише вказує на відносно менший прямий вплив у порівнянні з ресурсними та операційними факторами. Управлінська складова в даному випадку розглядається як інтегруючий елемент, що опосередковано впливає на ефективність використання інших ресурсів.

Перевірка узгодженості експертних оцінок показала значення CR = 0,0221. Оскільки отримане значення істотно менше за гранично допустимий рівень 0,10, це свідчить про високий рівень логічної узгодженості матриці попарних порівнянь. Таким чином, експертні судження є внутрішньо несуперечливими, а визначені вагові коефіцієнти можуть вважатися надійними для подальшого використання у багатокритеріальному оцінюванні альтернатив.

Отриманий розподіл ваг демонструє, що структура економічної спроможності будівельного підприємства формується насамперед під впливом кадрових та логістично-організаційних факторів, тоді як фінансові та управлінські характеристики відіграють підтримуючу роль. Це узгоджується з сучасними умовами функціонування галузі, де вирішальним стає не лише наявність ресурсів, а й здатність підприємства оперативно організовувати виробничі процеси та взаємодію із зовнішнім середовищем.

Сценарій 4. Управлінсько-організаційний сценарій.

У цьому підході ключовим припущенням є те, що ефективність діяльності підприємства визначається насамперед якістю управління. Така логіка характерна для підприємств, що перебувають у стадії масштабування або реалізують складні портфелі проєктів.

Управлінська керованість (Y3) у цьому варіанті отримує найвищий пріоритет, оскільки саме вона забезпечує координацію діяльності підрозділів, оптимальний розподіл ресурсів, контроль за виконанням проєктів і зниження ризиків. Фінансові, кадрові, виробничі та логістичні ресурси вважаються важливими, але їх ефективне використання значною мірою залежить від рівня організаційної зрілості та якості управлінських рішень.

У цьому сценарії решта критеріїв мають близькі значення важливості між собою, оскільки розглядаються як ресурси, якими потрібно грамотно управляти. Основним чинником, що забезпечує їх синергію, виступає саме управлінська складова.

Такий підхід доцільний для аналізу підприємств, що працюють у складних організаційних структурах або реалізують багато паралельних проєктів.

Математична постановка задачі. Нехай задано множину критеріїв Y = {Y1, Y2, Y3, Y4, Y5}, де Y1–Y5 - інтегральні індекси спроможності будівельного підприємства, отримані в результаті нечітко-логічного моделювання.

Задача полягає у визначенні вектора ваг: W = [w1, w2, w3, w4, w5], таких, що $w_i \geq 0$, $\Sigma w_i = 1$. Відповідно до шкали Сааті формується матриця A = [a_{ij}] (табл. 4.):

Таблиця 4.23.2 Матриця парних порівнянь A

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	1	1	0,5	1	1
Y2	1	1	0,5	1	1

Y3	2	2	1	2	2
Y4	1	1	0,5	1	1
Y5	1	1	0,5	1	1

Обчислення ваг: геометричні середні (GM_i) та нормовані ваги (w_i) (табл.4.24).

Таблиця 4.24. Значення геометричних середніх та нормованих ваг.

GM1	0,871	w1	0,167
GM2	0,871	w2	0,167
GM3	1,741	w3	0,333
GM4	0,871	w4	0,167
GM5	0,871	w5	0,167

Σ GM = 5,225

Отже: W = [0,167;0,167;0,333;0,167;0,167].

Метод AHP вимагає перевірити, що судження не суперечать одне одному. Обчислюється допоміжний вектор Aw, що є результатом множення матриці попарних порівнянь на вектор ваг критеріїв. Для кожного критерію визначається часткова оцінка максимального власного значення r_i, що обчислюється як відношення $(Aw)_i$ до w_i (табл.4.25).

Таблиця 4.25. Значення допоміжного вектора та максимального власного значення.

Aw1	0,835	r1	5
Aw2	0,835	r2	5
Aw3	1,669	r3	5,012
Aw4	0,835	r4	5
Aw5	0,835	r5	5

Отже підсумковий вектор Aw=[0,835;0,835;1,669;0,835;0,835].

Оцінка найбільшого власного числа: λ_max = 5,002.
Індекс узгодженості: CI = 0,0005.
Відношення узгодженості: CR = 0,0004 < 0,10, отже матриця парних порівнянь є узгодженою.

Отримані результати свідчать про сформовану структуру пріоритетів критеріїв та високу узгодженість експертних оцінок. Вектор ваг має вигляд: W = [0,167; 0,167; 0,333; 0,167; 0,167]. Це означає, що вплив критеріїв на інтегральну оцінку розподіляється майже рівномірно, за винятком одного домінуючого фактора.

Найбільшу вагу отримав критерій Y3, значення якого становить 0,333. Це вказує на його визначальну роль у формуванні загальної оцінки. Його внесок у підсумковий результат фактично вдвічі перевищує вплив кожного з інших критеріїв. Такий розподіл означає, що саме цей чинник розглядається як системоутворюючий і найбільш чутливий до змін у діяльності підприємства. Інші критерії (Y1, Y2, Y4, Y5) мають однакові вагові коефіцієнти на рівні 0,167. Це свідчить про те, що вони сприймаються як рівнозначні за впливом на економічну спроможність підприємства та виконують взаємодоповнювальну функцію. Їхня роль полягає у підтримці загальної стабільності функціонування, тоді як ключовий критерій формує основний напрям розвитку.

Такий розподіл ваг є логічним у випадку, коли один із факторів виступає головним інтегратором системи, а решта - створюють необхідне ресурсне та організаційне підґрунтя для його реалізації. Окремої уваги заслуговує показник узгодженості CR = 0,0004. Отримане значення є надзвичайно малим і значно нижчим за гранично допустимий рівень 0,10. Це свідчить про практично повну внутрішню узгодженість матриці попарних порівнянь. Іншими словами, експертні оцінки не містять логічних суперечностей, а сформована система пріоритетів є стабільною та математично коректною.

Фактично таке значення CR означає, що судження експертів є послідовними; співвідношення між критеріями не конфліктують між собою; отримані ваги можуть вважатися надійною основою для подальших розрахунків. Надзвичайно низьке значення CR також свідчить про структурованість підходу до оцінювання, коли один критерій чітко виділяється як більш значущий, а решта мають збалансований, симетричний вплив.

У контексті подальшого моделювання це означає, що:

– вагові коефіцієнти можуть бути безпосередньо використані на наступних етапах багатокритеріального аналізу;

– результати ранжування альтернатив будуть стабільними;

– зміна одного з другорядних критеріїв не призведе до різкої перебудови загальної оцінки, тоді як зміна домінуючого критерію може істотно вплинути на підсумковий результат.

Таким чином, сформований вектор ваг відображає чітку ієрархію пріоритетів з одним ключовим фактором і групою підтримуючих факторів, а надзвичайно низьке значення CR підтверджує високу якість та надійність експертних оцінок, використаних при побудові матриці попарних порівнянь.

4.3. Моделі багатокритеріального обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств.

Застосування методу аналізу ієрархій на попередньому етапі дозволило формалізувати відносну важливість інтегральних індексів спроможності будівельного підприємства, отриманих у результаті нечітко-логічного моделювання. Вектор ваг критеріїв, визначений за допомогою AHP, відображає пріоритетність окремих функціональних підсистем підприємства з урахуванням поточного економічного контексту та експертних уявлень про їхній вплив на можливість реалізації стратегічних рішень [324; 331].

Разом із тим результати AHP самі по собі не дають відповіді на питання щодо доцільності вибору тієї чи іншої стратегії розвитку. Метод AHP дозволяє

оцінити важливість критеріїв, але не здійснює безпосереднього порівняння альтернатив за сукупністю цих критеріїв. Отже, для переходу від оцінки стану підприємства та визначення пріоритетів до практичного вибору управлінських рішень необхідно застосувати додатковий інструмент багатокритеріального аналізу.

З цією метою у дослідженні на наступному етапі використовується метод TOPSIS, який дозволяє виконати ранжування стратегічних альтернатив розвитку будівельного підприємства з урахуванням усіх інтегральних індексів спроможності та їхніх ваг. Вибір саме цього методу обумовлений його здатністю працювати з нормалізованими показниками, чіткою інтерпретацією результатів і можливістю врахування компромісів між критеріями.

У межах запропонованого методологічного ланцюга AHP і TOPSIS виконують взаємодоповнюючі функції. Метод AHP забезпечує формування вектору ваг критеріїв, що відображає відносну значущість фінансово-економічної, операційно-виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної складових економічної спроможності підприємства. Метод TOPSIS, у свою чергу, використовує ці ваги для оцінювання стратегічних альтернатив за принципом їхньої близькості до ідеального та віддаленості від найгіршого можливого рішення.

Таким чином, поєднання AHP і TOPSIS у межах даного дослідження забезпечує послідовний перехід від експертно обґрунтованого визначення пріоритетів до формалізованого вибору стратегій розвитку будівельного підприємства. Така комбінація методів дозволяє зберегти інтерпретованість результатів на кожному етапі аналізу та створює методологічно узгоджену основу для подальшого використання отриманих рішень у сценарному та імітаційному моделюванні.

В подальшому в роботі розглянуто ті самі чотири сценарії розвитку будівельних підприємств.

Сценарій 1. Кадрово-виробничий пріоритет (базовий сценарій).

Крок 1. Формування матриці рішень.

На першому етапі було сформовано матрицю рішень $X=[x_{ij}]$, у якій рядки відповідали альтернативним сценаріям розвитку будівельного підприємства, а стовпці − інтегральним критеріям оцінювання (табл. 4.26).

Таблиця 4.26. Матриця рішень X.

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
S1	0,55	0,75	0,55	0,8	0,55
S2	0,5	0,7	0,55	0,65	0,85
S3	0,8	0,45	0,45	0,45	0,4
S4	0,55	0,6	0,85	0,6	0,55

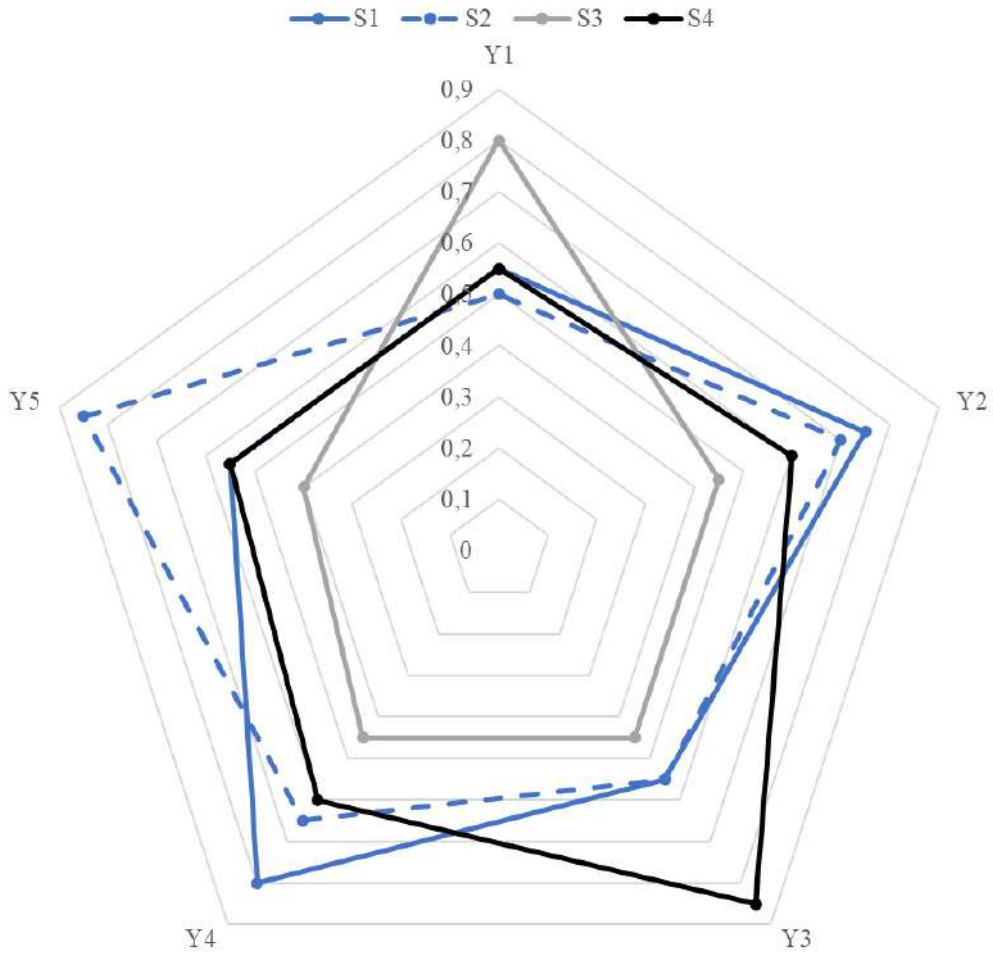


Рис 4.16. Профілі інтегральних індексів Y1–Y5 для чотирьох сценаріїв розвитку будівельного підприємства.

На рисунку 4.16. представлено порівняльну радарну (пелюсткову) діаграму, що відображає профілі інтегральних індексів Y1–Y5 для чотирьох сценаріїв розвитку будівельного підприємства. Кожен із променів діаграми відповідає окремій складовій економічної спроможності: фінансово-економічній (Y1), операційно-виробничій (Y2), управлінській (Y3), кадровій (Y4) та логістично-організаційній готовності (Y5). Контури різного типу відображають відповідні сценарії, що дозволяє наочно порівняти їх структурні відмінності.

Аналіз конфігурації полігонів свідчить про суттєву диференціацію сценаріїв за пріоритетними напрямами розвитку. Сценарій S1 характеризується відносно збалансованим профілем із підвищеними значеннями операційно-виробничої (Y2) та кадрової (Y4) складових. Це свідчить про орієнтацію даного сценарію на нарощування виробничого потенціалу та ефективне використання людських ресурсів, що є характерним для базового кадрово-виробничого вектора розвитку.

Сценарій S2 демонструє зміщення акцентів у бік логістично-організаційної складової (Y5), де спостерігається максимальне значення серед усіх розглянутих варіантів. Така конфігурація профілю відображає орієнтацію на індустріалізацію будівництва, посилення взаємодії з постачальницькими мережами та розвиток префабрикованих технологічних рішень. Водночас інші компоненти залишаються на середньому рівні, що формує відносно рівномірний, але логістично зміщений профіль.

Сценарій S3 має найбільш виражену асиметрію структури. Він характеризується високим рівнем фінансово-економічної складової (Y1) при одночасно знижених значеннях операційно-виробничої, управлінської, кадрової та логістичної компонент. Це свідчить про фінансово-обмежений тип розвитку, у якому домінує концентрація ресурсів у фінансовій сфері за рахунок стриманого інвестування в інші напрями. Така конфігурація вказує на

потенційні структурні дисбаланси та обмежену здатність до масштабування діяльності.

Сценарій S4 вирізняється високим значенням управлінської складової (Y3), що формує чітко виражений управлінсько-організаційний профіль. Інші компоненти знаходяться на середньому рівні, що свідчить про орієнтацію на вдосконалення системи прийняття рішень, координації процесів та інституційного розвитку підприємства. Такий сценарій може розглядатися як підґрунтя для підвищення загальної ефективності за рахунок управлінських інновацій.

Порівняльний аналіз форм і площ відповідних полігонів дозволяє зробити висновок, що жоден із сценаріїв не є універсально домінуючим за всіма складовими одночасно. Кожен із них формує специфічну структуру економічної спроможності, орієнтовану на окремі стратегічні пріоритети. Візуальне зіставлення профілів на радарній діаграмі наочно демонструє відмінності у функціональних акцентах розвитку, що є важливим підґрунтям для подальшого багатокритеріального оцінювання альтернатив за допомогою методів TOPSIS та PROMETHEE. Побудована діаграма не лише відображає кількісні значення інтегральних індексів, а й дозволяє інтерпретувати структурну логіку кожного сценарію, виявити сильні та слабкі сторони стратегічних варіантів розвитку та сформувати узагальнене уявлення про напрямки трансформації економічної спроможності будівельного підприємства.

Таким чином, матриця рішень відображала рівень прояву фінансово-економічної, операційно-виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної складових у межах кожної альтернативи та стала вихідною базою для подальших обчислень.

Крок 2. Нормалізація матриці рішень.

Оскільки значення критеріїв могли відрізнятися за масштабом та діапазоном варіювання, на наступному етапі було виконано нормалізацію матриці рішень із використанням векторного методу. Для кожного елемента матриці

обчислено нормалізовані значення r_{ij}, що дозволило привести всі критерії до єдиної безрозмірної шкали (табл.4.27).

Таблиця 4.27. Нормалізована матриця R.

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
S1	0,4498	0,5902	0,4446	0,6276	0,451
S2	0,4089	0,5508	0,4446	0,5099	0,6969
S3	0,6543	0,3541	0,3638	0,353	0,328
S4	0,4498	0,4721	0,6872	0,4707	0,451

У результаті сформовано нормалізовану матрицю $R=[r_{ij}]$, яка забезпечила коректність подальшого порівняння альтернатив за всіма критеріями одночасно.

Крок 3. Формування зваженої нормалізованої матриці.

На третьому етапі до нормалізованих значень було застосовано вагові коефіцієнти критеріїв, отримані методом аналізу ієрархій (AHP). Кожен елемент нормалізованої матриці було помножено на відповідну вагу w_j, що відображає значущість j-го критерію у загальній системі оцінювання.

W = [0,172;0,247;0,078;0,383;0,12]

Таблиця 4.28. Зважена нормалізована матриця V.

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
S1	0,0774	0,1458	0,0347	0,2404	0,0541
S2	0,0703	0,136	0,0347	0,1953	0,0836
S3	0,1125	0,0875	0,0284	0,1352	0,0394
S4	0,0774	0,1166	0,0536	0,1803	0,0541

У результаті сформовано зважену нормалізовану матрицю $V=[v_{ij}]$, яка інтегрує інформацію про рівень розвитку показників та їх відносну

важливість. Саме ця матриця стала основою для визначення ідеального та антиідеального рішень.

Крок 4. Визначення ідеального та антиідеального рішень.

На основі зваженої нормалізованої матриці було визначено умовні еталонні стани:

- ідеальне рішення A+, сформоване як набір максимальних значень за кожним критерієм

A+ = [0,1125;0,1458;0,0536;0,2404;0,0836]

- антиідеальне рішення A−, сформоване як набір мінімальних значень.

A– = [0,0703;0,0875;0,0284;0,1352;0,0394]

Оскільки всі використані критерії належать до типу стимуляторів (чим більше значення, тим вищий рівень спроможності), ідеальне рішення відображає гіпотетичний стан підприємства з найкращими можливими характеристиками, тоді як антиідеальне − найменш сприятливий варіант розвитку.

Крок 5. Обчислення відстаней до еталонних станів.

Для кожного сценарію розвитку було обчислено евклідові відстані (табл.4.29 – 4.31).

Таблиця 4.29. Евклідова відстань до ідеального рішення D_i +

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	D+
S1	0,001232	0,000000	0,000357	0,000000	0,000870	0,04959
S2	0,001781	0,000096	0,000357	0,002034	0,000000	0,06533
S3	0,000000	0,003399	0,000635	0,011067	0,001954	0,13059
S4	0,001232	0,000853	0,000000	0,003612	0,000870	0,08104

Таблиця 4.30. Евклідова відстань до антиідеального рішення D_i –

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	D-

S1	0,00005	0,003399	0,00004	0,011067	0,000216	0,12154
S2	0	0,002352	0,00004	0,003612	0,001954	0,08921
S3	0,001781	0	0	0	0	0,0422
S4	0,00005	0,000847	0,000635	0,002034	0,000216	0,0615

Отримані значення дозволили кількісно оцінити, наскільки кожна альтернатива наближена до оптимального профілю та наскільки вона віддалена від найгіршого можливого стану. Чим меншим є значення Di+ та більшим є Di−, тим більш сприятливою вважається альтернатива.

Крок 6. Розрахунок коефіцієнта близькості.

На наступному етапі для кожного сценарію було визначено коефіцієнт близькості до ідеального рішення Ci, який розраховується на основі співвідношення відстаней до ідеального та антиідеального станів. Отримані значення Ci характеризують інтегральний рівень відповідності кожної альтернативи оптимальній структурі показників.

Таблиця 4.31. Коефіцієнт близькості до ідеального рішення Ci.

Сценарій	D+	D-	Ci	Рейтинг
S1	0,0496	0,1215	0,7101	1
S2	0,0653	0,0892	0,5773	2
S3	0,1306	0,0422	0,2442	4
S4	0,081	0,0615	0,4316	3

Коефіцієнт близькості набуває значень у межах від 0 до 1, де більші значення відповідають більш високій ефективності альтернативи та її більшій наближеності до ідеального стану.

Крок 7. Ранжування альтернатив.

На завершальному етапі виконано ранжування сценаріїв розвитку підприємства за спаданням значень коефіцієнта Ci. Отриманий рейтинг відображає пріоритетність альтернатив з позиції їх інтегральної ефективності

та збалансованості за всіма критеріями. Альтернатива з найбільшим значенням Ci інтерпретується як найбільш доцільний напрям розвитку, оскільки вона одночасно демонструє мінімальну відстань до ідеального рішення та максимальну віддаленість від антиідеального стану.

Аналіз отриманих значень показує чітку диференціацію сценаріїв за рівнем їх наближеності до ідеального варіанта розвитку.

Найбільш ефективним виявився сценарій S1 (кадрово-виробничий пріоритет), для якого отримано найбільше значення коефіцієнта близькості $C_1 = 0{,}7101$. Це означає, що саме цей варіант розвитку є найбільш збалансованим та найближчим до умовно оптимального поєднання значень за всіма критеріями. Водночас він має найменшу відстань до ідеального рішення та найбільшу відстань до антиідеального, що свідчить про його стійке положення серед альтернатив. Отже, орієнтація на посилення кадрового потенціалу та виробничої спроможності може розглядатися як найбільш обґрунтована стратегія розвитку підприємства в досліджуваних умовах.

Друге місце посів сценарій S2 (логістично-індустріальний), для якого $C_2 = 0{,}5773$. Його значення коефіцієнта близькості є дещо нижчим, проте також свідчить про достатньо високий рівень узгодженості з ідеальним профілем розвитку. Це вказує на перспективність напряму, пов’язаного з удосконаленням логістичних процесів, інтеграцією у виробничі ланцюги та розвитком індустріалізованих технологій будівництва, зокрема префабрикації.

Третє місце зайняв сценарій S4 (управлінсько-організаційний) із коефіцієнтом $C_4 = 0{,}4316$. Отриманий результат свідчить про середній рівень відповідності ідеальному рішенню. Незважаючи на позитивний вплив управлінських і організаційних факторів, їх розвиток без достатньої підтримки з боку кадрових і виробничих ресурсів не забезпечує максимального інтегрального ефекту.

Найнижчі позиції отримав сценарій S3 (фінансово-обмежений), для якого $C_3 = 0{,}2442$. Значна відстань до ідеального рішення ($D^+ = 0{,}1306$) та одночасно невелика відстань до антиідеального ($D^- = 0{,}0422$) свідчать про

його найменшу привабливість серед розглянутих альтернатив. Це підтверджує, що розвиток підприємства в умовах обмежених фінансових можливостей без комплексного зміцнення інших складових діяльності суттєво знижує загальний рівень економічної спроможності.

Узагальнюючи результати, можна сформулювати такі висновки:

1. Найбільш ефективною стратегією розвитку за сукупністю критеріїв є кадрово-виробничий сценарій, який забезпечує максимальну інтегральну близькість до ідеального стану підприємства.

2. Логістично-індустріальний сценарій демонструє високий потенціал і може розглядатися як альтернативний напрям модернізації, особливо в контексті впровадження індустріальних технологій будівництва.

3. Управлінсько-організаційний сценарій має помірний рівень ефективності та потребує поєднання з розвитком ресурсної бази підприємства.

4. Фінансово-обмежений сценарій характеризується найнижчим рівнем інтегральної оцінки, що свідчить про його найменшу стратегічну доцільність у довгостроковій перспективі.

Отримані результати підтверджують, що метод TOPSIS є ефективним інструментом формалізованого вибору стратегічних альтернатив розвитку будівельного підприємства, оскільки дозволяє врахувати одночасний вплив багатьох взаємопов’язаних критеріїв та визначити найбільш збалансований напрям трансформації.

Сценарій 2. Логістично-індустріальний сценарій (орієнтація на префабрикацію та відновлення).

Крок 1 і крок 2 обчислень залишаються незмінними у всіх сценаріях, що аналізуються.

Крок 3. Формування зваженої нормалізованої матриці.

На третьому етапі до нормалізованих значень було застосовано вагові коефіцієнти критеріїв, отримані методом аналізу ієрархій (AHP). Кожен

елемент нормалізованої матриці було помножено на відповідну вагу w_j, що відображає значущість j-го критерію у загальній системі оцінювання.

W = [0,128;0,21;0,097;0,325;0,241]

Таблиця 4.32. Зважена нормалізована матриця V.

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
S1	0,0576	0,1239	0,0431	0,204	0,1087
S2	0,0523	0,1157	0,0431	0,1657	0,168
S3	0,0838	0,0744	0,0353	0,1147	0,079
S4	0,0576	0,0991	0,0667	0,153	0,1087

У результаті сформовано зважену нормалізовану матрицю $V=[v_{ij}]$, яка інтегрує інформацію про рівень розвитку показників та їх відносну важливість. Саме ця матриця стала основою для визначення ідеального та антиідеального рішень.

Крок 4. Визначення ідеального та антиідеального рішень.

На основі зваженої нормалізованої матриці було визначено умовні еталонні стани:

- ідеальне рішення A+, сформоване як набір максимальних значень за кожним критерієм

A+ = [0,0838;0,1239;0,0667;0,204;0,168]

- антиідеальне рішення A−, сформоване як набір мінімальних значень.

A- = [0,0523;0,0744;0,0353;0,1147;0,079].

Оскільки всі використані критерії належать до типу стимуляторів (чим більше значення, тим вищий рівень спроможності), ідеальне рішення відображає гіпотетичний стан підприємства з найкращими можливими характеристиками, тоді як антиідеальне − найменш сприятливий варіант розвитку.

Крок 5. Обчислення відстаней до еталонних станів.

Для кожного сценарію розвитку було обчислено евклідові відстані (табл.4.33 – 4.35).

Таблиця 4.33. Евклідова відстань до ідеального рішення D_i +

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	D+
S1	0,000686	0,000000	0,000557	0,000000	0,003516	0,068991956
S2	0,000992	0,000067	0,000557	0,001467	0,000000	0,055527831
S3	0,000000	0,002450	0,000986	0,007974	0,007921	0,139038484
S4	0,000686	0,000615	0,000000	0,002601	0,003516	0,086133443

Таблиця 4.34. Евклідова відстань до антиідеального рішення D_i –

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	D-
S1	0,000028	0,00245	0,000061	0,007974	0,000882	0,106747365
S2	0	0,001706	0,000061	0,002601	0,007921	0,110855762
S3	0,000992	0	0	0	0	0,031496031
S4	0,000028	0,00061	0,000986	0,001467	0,000882	0,063031738

Отримані значення дозволили кількісно оцінити, наскільки кожна альтернатива наближена до оптимального профілю та наскільки вона віддалена від найгіршого можливого стану. Чим меншим є значення Di+ та більшим є Di−, тим більш сприятливою вважається альтернатива.

Крок 6. Розрахунок коефіцієнта близькості.

На наступному етапі для кожного сценарію було визначено коефіцієнт близькості до ідеального рішення Ci, який розраховується на основі співвідношення відстаней до ідеального та антиідеального станів. Отримані значення Ci характеризують інтегральний рівень відповідності кожної альтернативи оптимальній структурі показників.

Таблиця 4.35. Коефіцієнт близькості до ідеального рішення Ci

Сценарій	D+	D-	Ci	Рейтинг
S1	0,069	0,1067	0,6073	2
S2	0,0555	0,1109	0,6665	1
S3	0,139	0,0315	0,1848	4
S4	0,0861	0,063	0,4225	3

Коефіцієнт близькості набуває значень у межах від 0 до 1, де більші значення відповідають більш високій ефективності альтернативи та її більшій наближеності до ідеального стану.

Крок 7. Ранжування альтернатив.

Аналіз отриманих значень свідчить про наявність чітко вираженого лідера серед розглянутих альтернатив. Найвищу позицію посів сценарій S2 (логістично-індустріальний), для якого отримано максимальне значення коефіцієнта близькості $C_2 = 0{,}6665$. Це означає, що саме цей варіант розвитку є найбільш наближеним до ідеального поєднання значень за всіма критеріями та водночас достатньо віддаленим від найгіршого варіанта. Порівняно невелика відстань до ідеального рішення та найбільша серед альтернатив відстань до антиідеального свідчать про його найбільш збалансований характер. Отже, орієнтація на розвиток логістичних процесів, індустріалізацію будівництва та впровадження префабрикованих технологій може розглядатися як пріоритетний стратегічний напрям модернізації підприємства.

Друге місце зайняв сценарій S1 (кадрово-виробничий пріоритет) із коефіцієнтом близькості $C_1 = 0{,}6073$. Його показник є лише незначно нижчим за значення сценарію-лідера, що свідчить про високий рівень відповідності оптимальному профілю розвитку. Такий результат вказує на важливість зміцнення кадрового потенціалу та виробничих можливостей підприємства як одного з ключових факторів підвищення його економічної спроможності. Водночас дещо більша відстань до ідеального рішення порівняно зі сценарієм S2 пояснює його друге місце у загальному ранжуванні.

Третю позицію посів управлінсько-організаційний сценарій S4 ($C_4 = 0{,}4225$). Отриманий результат характеризує середній рівень близькості до ідеального стану. Це свідчить про те, що вдосконалення управлінських процесів та організаційної структури, хоча й має позитивний вплив на розвиток підприємства, саме по собі не забезпечує максимального інтегрального ефекту без одночасного посилення виробничих, кадрових та логістичних компонентів.

Найнижче значення коефіцієнта близькості отримав фінансово-обмежений сценарій S3 ($C_3 = 0{,}1848$). Значна відстань до ідеального рішення ($D^+ = 0{,}1390$) і водночас найменша відстань до антиідеального ($D^- = 0{,}0315$) свідчать про найменшу стратегічну привабливість цього варіанта серед розглянутих. Це підтверджує, що розвиток підприємства в умовах обмежених ресурсів та без комплексного підсилення ключових функціональних складових суттєво знижує його загальну економічну ефективність.

Узагальнюючи результати проведеного аналізу, можна сформулювати такі основні висновки:

1. Найбільш перспективним напрямом розвитку є логістично-індустріальний сценарій, що забезпечує максимальну інтегральну близькість до оптимального стану підприємства.
2. Кадрово-виробничий сценарій також демонструє високий потенціал і може розглядатися як стратегічно значущий альтернативний варіант розвитку.
3. Управлінсько-організаційний сценарій має помірний рівень ефективності та потребує поєднання з іншими напрямами трансформації для досягнення максимального результату.
4. Фінансово-обмежений сценарій є найменш ефективним з точки зору комплексного розвитку підприємства та може розглядатися лише як вимушена модель функціонування в умовах ресурсних обмежень.

Отримані результати підтверджують практичну цінність використання методу TOPSIS для обґрунтування стратегічного вибору напрямів розвитку

будівельних підприємств, оскільки він дозволяє враховувати одночасний вплив множини взаємопов'язаних критеріїв та визначати найбільш збалансовану альтернативу на основі формалізованого багатокритеріального підходу.

Сценарій 3. Фінансово-обмежений сценарій.

Крок 3. Формування зваженої нормалізованої матриці.

На третьому етапі до нормалізованих значень було застосовано вагові коефіцієнти критеріїв, отримані методом аналізу ієрархій (AHP). Кожен елемент нормалізованої матриці було помножено на відповідну вагу w_j, що відображає значущість j-го критерію у загальній системі оцінювання.

W = [0,348;0,185;0,098;0,185;0,185]

Таблиця 4.36. Зважена нормалізована матриця V.

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
S1	0,1565	0,1092	0,0436	0,1161	0,0834
S2	0,1423	0,1019	0,0436	0,0943	0,1289
S3	0,2277	0,0655	0,0357	0,0653	0,0607
S4	0,1565	0,0873	0,0673	0,0871	0,0834

У результаті сформовано зважену нормалізовану матрицю $V=[v_{ij}]$, яка інтегрує інформацію про рівень розвитку показників та їх відносну важливість. Саме ця матриця стала основою для визначення ідеального та антиідеального рішень.

Крок 4. Визначення ідеального та антиідеального рішень.

На основі зваженої нормалізованої матриці було визначено умовні еталонні стани:

- ідеальне рішення A+, сформоване як набір максимальних значень за кожним критерієм

A+ = [0,2277;0,1092;0,0673;0,1161;0,1289]

- антиідеальне рішення A−, сформоване як набір мінімальних значень.

A- = [0,1423;0,0655;0,0357;0,0653;0,0607].

Оскільки всі використані критерії належать до типу стимуляторів (чим більше значення, тим вищий рівень спроможності), ідеальне рішення відображає гіпотетичний стан підприємства з найкращими можливими характеристиками, тоді як антиідеальне − найменш сприятливий варіант розвитку.

Крок 5. Обчислення відстаней до еталонних станів.

Для кожного сценарію розвитку було обчислено евклідові відстані табл.4.37 – 4.39).

Таблиця 4.37. Евклідова відстань до ідеального рішення D_i +

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	D+
S1	0,005069	0,000000	0,000562	0,000000	0,002070	0,087757507
S2	0,007293	0,000053	0,000562	0,000475	0,000000	0,091560799
S3	0,000000	0,001910	0,000999	0,002581	0,004651	0,100698212
S4	0,005069	0,000480	0,000000	0,000841	0,002070	0,091979889

Таблиця 4.38. Евклідова відстань до антиідеального рішення D_i –

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	D-
S1	0,000202	0,00191	0,000062	0,002581	0,000515	0,072594766
S2	0	0,001325	0,000062	0,000841	0,004651	0,082939737
S3	0,007293	0	0	0	0	0,085399063
S4	0,000202	0,000475	0,000999	0,000475	0,000515	0,051633323

Отримані значення дозволили кількісно оцінити, наскільки кожна альтернатива наближена до оптимального профілю та наскільки вона віддалена від найгіршого можливого стану. Чим меншим є значення Di+ та більшим є Di−, тим більш сприятливою вважається альтернатива.

Крок 6. Розрахунок коефіцієнта близькості.

На наступному етапі для кожного сценарію було визначено коефіцієнт близькості до ідеального рішення Ci, який розраховується на основі співвідношення відстаней до ідеального та антиідеального станів. Отримані значення Ci характеризують інтегральний рівень відповідності кожної альтернативи оптимальній структурі показників.

Таблиця 4.39. Коефіцієнт близькості до ідеального рішення Ci

Сценарій	D+	D-	Ci	Рейтинг
S1	0,0878	0,0726	0,4526	3
S2	0,0916	0,0829	0,4751	1
S3	0,1007	0,0854	0,4589	2
S4	0,092	0,0516	0,3593	4

Коефіцієнт близькості набуває значень у межах від 0 до 1, де більші значення відповідають більш високій ефективності альтернативи та її більшій наближеності до ідеального стану.

Крок 7. Ранжування альтернатив.

Порівняльний аналіз показує, що різниця між першими трьома сценаріями є відносно невеликою, що свідчить про їх близький рівень відповідності оптимальному профілю розвитку. Водночас відрив четвертого сценарію є більш відчутним.

Найвищу позицію посів сценарій S2 (логістично-індустріальний), для якого отримано найбільше значення коефіцієнта близькості $C_2 = 0{,}4751$. Незважаючи на те, що його відстань до ідеального рішення не є найменшою серед альтернатив, достатньо велика відстань до антиідеального рішення забезпечила найкраще співвідношення між цими двома параметрами. Це свідчить про відносно збалансований розвиток за всіма групами критеріїв і підтверджує доцільність орієнтації на індустріалізацію будівництва, розвиток

логістичних систем і впровадження префабрикованих рішень як одного з перспективних напрямів трансформації підприємства.

Друге місце зайняв сценарій S3 (фінансово-обмежений), для якого $C_3 = 0{,}4589$. Отриманий результат свідчить про те, що навіть за умов ресурсних обмежень підприємство може зберігати відносно прийнятний рівень інтегральної ефективності, якщо ключові показники залишаються достатньо стабільними. Водночас дещо більша відстань до ідеального рішення обмежує його конкурентоспроможність у порівнянні зі сценарієм-лідером.

Третє місце посів кадрово-виробничий сценарій S1 із коефіцієнтом $C_1 = 0{,}4526$. Його значення є дуже близьким до показника другого сценарію, що вказує на практично однаковий рівень загальної інтегральної оцінки. Це означає, що орієнтація на розвиток виробничих потужностей та кадрового потенціалу залишається важливим і ефективним напрямом, проте у представленому варіанті вона дещо поступається альтернативам за рівнем збалансованості.

Найнижчу позицію зайняв управлінсько-організаційний сценарій S4, для якого отримано $C_4 = 0{,}3593$. Основною причиною цього є найменша відстань до антиідеального рішення ($D^- = 0{,}0516$), що свідчить про відносно більшу близькість цього варіанта до найгіршого можливого стану порівняно з іншими альтернативами. Це означає, що посилення виключно управлінських та організаційних компонентів без паралельного розвитку виробничих, кадрових і логістичних складових не забезпечує достатнього інтегрального ефекту.

Узагальнюючи результати проведених розрахунків, можна сформулювати такі основні висновки:

1. Найбільш ефективним за сукупністю критеріїв є логістично-індустріальний сценарій розвитку, який демонструє найбільш збалансовану структуру показників і максимальну інтегральну близькість до ідеального стану підприємства.

2. Фінансово-обмежений і кадрово-виробничий сценарії мають близькі значення інтегральної оцінки та можуть розглядатися як альтернативні напрями розвитку зі схожим рівнем ефективності.
3. Управлінсько-організаційний сценарій у запропонованому вигляді виявився найменш результативним, що підкреслює необхідність комплексного поєднання управлінських змін із розвитком ресурсної бази підприємства.
4. Невеликий розрив між значеннями коефіцієнтів близькості для перших трьох альтернатив свідчить про відносну чутливість результатів до зміни вихідних параметрів і підтверджує важливість комплексного врахування всіх груп критеріїв при виборі стратегічного напряму розвитку.

Отримані результати підтверджують, що метод TOPSIS дозволяє виявити найбільш збалансовану альтернативу розвитку будівельного підприємства в умовах багатокритеріального вибору та може ефективно використовуватися як інструмент підтримки управлінських рішень у процесі стратегічного планування.

Сценарій 4. Управлінсько-організаційний сценарій.

Крок 3. Формування зваженої нормалізованої матриці.

На третьому етапі до нормалізованих значень було застосовано вагові коефіцієнти критеріїв, отримані методом аналізу ієрархій (AHP). Кожен елемент нормалізованої матриці було помножено на відповідну вагу w_j, що відображає значущість j-го критерію у загальній системі оцінювання.

W = [0,167;0,167;0,333;0,167;0,167]

Таблиця 4.40. Зважена нормалізована матриця V.

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
S1	0,0751	0,0986	0,1481	0,1048	0,0753

S2	0,0683	0,092	0,1481	0,0852	0,1164
S3	0,1093	0,0591	0,1211	0,059	0,0548
S4	0,0751	0,0788	0,2288	0,0786	0,0753

У результаті сформовано зважену нормалізовану матрицю $V=[v_{ij}]$, яка інтегрує інформацію про рівень розвитку показників та їх відносну важливість. Саме ця матриця стала основою для визначення ідеального та антиідеального рішень.

Крок 4. Визначення ідеального та антиідеального рішень.

На основі зваженої нормалізованої матриці було визначено умовні еталонні стани:

- ідеальне рішення A+, сформоване як набір максимальних значень за кожним критерієм

A+ = [0,1093;0,0986;0,2288;0,1048;0,1164]

- антиідеальне рішення A−, сформоване як набір мінімальних значень.

A- = [0,0683;0,0591;0,1211;0,059;0,0548].

Оскільки всі використані критерії належать до типу стимуляторів (чим більше значення, тим вищий рівень спроможності), ідеальне рішення відображає гіпотетичний стан підприємства з найкращими можливими характеристиками, тоді як антиідеальне − найменш сприятливий варіант розвитку.

Крок 5. Обчислення відстаней до еталонних станів.

Для кожного сценарію розвитку було обчислено евклідові відстані (табл.4.41 – 4.43).

Таблиця 4.41. Евклідова відстань до ідеального рішення D_i +

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	D+
S1	0,001170	0,000000	0,006512	0,000000	0,001689	0,09681

S2	0,001681	0,000044	0,006512	0,000384	0,000000	0,09285
S3	0,000000	0,001560	0,011599	0,002098	0,003795	0,13803
S4	0,001170	0,000392	0,000000	0,000686	0,001689	0,06275

Таблиця 4.42. Евклідова відстань до антиідеального рішення D_i –

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	D-
S1	0,000046	0,00156	0,000729	0,002098	0,00042	0,06966
S2	0	0,001082	0,000729	0,000686	0,003795	0,07932
S3	0,001681	0	0	0	0	0,041
S4	0,000046	0,000388	0,011599	0,000384	0,00042	0,1133

Отримані значення дозволили кількісно оцінити, наскільки кожна альтернатива наближена до оптимального профілю та наскільки вона віддалена від найгіршого можливого стану. Чим меншим є значення Di+ та більшим є Di−, тим більш сприятливою вважається альтернатива.

Крок 6. Розрахунок коефіцієнта близькості.

На наступному етапі для кожного сценарію було визначено коефіцієнт близькості до ідеального рішення Ci, який розраховується на основі співвідношення відстаней до ідеального та антиідеального станів. Отримані значення Ci характеризують інтегральний рівень відповідності кожної альтернативи оптимальній структурі показників.

Таблиця 4.43. Коефіцієнт близькості до ідеального рішення Ci

Сценарій	D+	D-	Ci	Рейтинг
S1	0,0968	0,0697	0,4186	3
S2	0,0929	0,0793	0,4605	2
S3	0,138	0,041	0,2291	4
S4	0,0627	0,1133	0,6438	1

Коефіцієнт близькості набуває значень у межах від 0 до 1, де більші значення відповідають більш високій ефективності альтернативи та її більшій наближеності до ідеального стану.

Крок 7. Ранжування альтернатив.

Найвище значення коефіцієнта близькості $C_4 = 0{,}6438$ отримав управлінсько-організаційний сценарій. Це свідчить про те, що саме цей варіант розвитку є найбільш збалансованим з точки зору одночасного наближення до ідеальної комбінації значень за всіма критеріями та віддалення від найгіршого можливого стану. Висока позиція цього сценарію зумовлена передусім значним внеском показника управлінської керованості Y_3, який має найбільшу вагу у структурі критеріїв. Таким чином, результати моделювання підтверджують, що ефективність управління та організаційна зрілість є визначальними факторами загальної економічної спроможності будівельного підприємства.

Друге місце посів логістично-індустріальний сценарій ($C_2 = 0{,}4605$), орієнтований на впровадження префабрикованого будівництва, посилення логістичної взаємодії та інтеграцію в індустріальні ланцюги відновлення. Його високі позиції пояснюються суттєвими значеннями показника логістично-організаційної готовності Y_5та достатньо високим рівнем операційно-виробничої спроможності Y_2. Це свідчить про стратегічну доцільність розвитку індустріалізованих підходів до будівництва в умовах масштабного відновлення житлового фонду та інфраструктури.

Кадрово-виробничий сценарій ($C_1 = 0{,}4186$) зайняв третє місце. Незважаючи на сильні позиції за критеріями виробничої та кадрової спроможності (Y_2 і Y_4), його інтегральна оцінка виявилася нижчою, ніж у двох попередніх альтернатив. Це пояснюється тим, що зазначені критерії мають меншу вагу порівняно з управлінським компонентом, а отже, навіть високі значення цих показників не забезпечують максимального наближення до ідеального профілю розвитку підприємства.

Найнижче значення коефіцієнта близькості було зафіксовано для фінансово-обмеженого сценарію ($C_3 = 0{,}2291$). Хоча він характеризується відносно високими фінансовими показниками Y_1, загальний рівень його інтегральної оцінки є найменшим через недостатній розвиток інших ключових складових − виробничої, кадрової, управлінської та логістичної. Це підтверджує, що одностороння орієнтація на фінансову стабільність без паралельного розвитку організаційних і виробничих можливостей не забезпечує високої економічної спроможності підприємства в довгостроковій перспективі.

Отримані результати дозволяють зробити кілька узагальнюючих висновків.

По-перше, метод TOPSIS продемонстрував високу чутливість до структурної збалансованості показників. Найкращі позиції займають ті сценарії, які забезпечують гармонійний розвиток за більшістю критеріїв, а не максимізацію лише одного з них.

По-друге, інтеграція вагових коефіцієнтів, отриманих методом AHP, суттєво вплинула на фінальний розподіл місць. Найбільшу роль у формуванні підсумкового рейтингу відіграв критерій управлінської керованості, що підкреслює стратегічну важливість якісних управлінських рішень у процесах трансформації будівельних підприємств.

По-третє, логістично-індустріальна модель розвитку, орієнтована на префабрикацію та участь у програмах відновлення, продемонструвала високий потенціал і може розглядатися як один із ключових напрямів модернізації галузі в сучасних умовах.

По-четверте, застосування TOPSIS дозволило перейти від якісних експертних оцінок до формалізованого кількісного ранжування стратегічних альтернатив. Це створює основу для обґрунтованого вибору напряму розвитку підприємства з урахуванням множини взаємопов’язаних факторів.

Таким чином, проведені розрахунки підтверджують доцільність використання методу TOPSIS як ефективного інструменту підтримки

управлінських рішень у системі стратегічного планування розвитку будівельних підприємств, особливо в умовах багатокритеріального середовища та невизначеності.

Результати ранжування стратегічних альтернатив розвитку будівельного підприємства, отримані методом TOPSIS, дозволяють визначити найбільш збалансовану стратегію з урахуванням інтегральних індексів спроможності та їхніх ваг. Разом із тим особливістю стратегічних управлінських рішень у будівельній галузі є наявність конфліктних критеріїв**,** вплив яких не завжди може бути адекватно відображений виключно через відстань до ідеального рішення.

Метод TOPSIS ґрунтується на концепції близькості до позитивного та негативного ідеалів, що передбачає певну компенсаційність між критеріями. Це означає, що низьке значення за одним критерієм може бути частково компенсоване високими значеннями за іншими. У реальних умовах функціонування будівельних підприємств така компенсація не завжди є прийнятною. Наприклад, висока фінансово-економічна спроможність не здатна повністю нівелювати критичні обмеження кадрового або логістично-організаційного характеру, особливо у випадку реалізації складних або інноваційних стратегій.

У зв’язку з цим доцільним є застосування додаткового методу багатокритеріального аналізу, який дозволяє врахувати переваги та домінування альтернатив без повної компенсації між критеріями**.** Таким методом у даному дослідженні обрано PROMETHEE, який належить до класу методів outranking і орієнтований на попарне порівняння альтернатив за кожним критерієм.

Принциповою відмінністю методу PROMETHEE від TOPSIS є те, що він дозволяє аналізувати ступінь переваги однієї альтернативи над іншою за окремими критеріями з урахуванням заданих функцій переваги. Такий підхід є особливо корисним у випадках, коли різниця між значеннями критеріїв має різну управлінську значущість, а також коли необхідно ідентифікувати

альтернативи, які домінують над іншими за більшістю критеріїв, навіть якщо вони не є максимально близькими до ідеального рішення.

У межах даного дослідження метод PROMETHEE використовується не як заміна TOPSIS, а як доповнюючий інструмент перевірки стійкості отриманих результатів**.** Порівняння результатів ранжування, отриманих за допомогою двох різних методів багатокритеріального аналізу, дозволяє підвищити надійність висновків та зменшити вплив методичних припущень, притаманних кожному з методів окремо.

Таким чином, послідовне застосування методів TOPSIS та PROMETHEE в межах одного дослідження забезпечує більш глибокий та всебічний аналіз стратегічних альтернатив розвитку будівельного підприємства. TOPSIS дозволяє оцінити загальну збалансованість альтернатив, тоді як PROMETHEE фокусується на аналізі домінування та конфліктів між ними. Це створює методологічно обґрунтовану основу для подальшої перевірки обраної стратегії в умовах невизначеності за допомогою імітаційного моделювання.

У процесі стратегічного управління будівельним підприємством прийняття рішень майже завжди відбувається в умовах багатокритеріальності, неповноти інформації та конфліктності цілей**.** Навіть після формалізації стану підприємства за допомогою нечітко-логічного моделювання та ранжування стратегічних альтернатив методом TOPSIS залишається низка методологічних питань, пов’язаних із компенсаційною природою інтегральних оцінок.

Сценарій 1. Кадрово-виробничий пріоритет (базовий сценарій).

На першому етапі було використано матрицю інтегральних показників Y1–Y5, що характеризують ключові функціональні складові діяльності будівельного підприємства для кожного сценарію розвитку. Показники мали нормалізований вигляд і були співставними між собою.

Таблиця 4.44. Матрицю інтегральних показників.

Сценарій	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
S1	0,55	0,75	0,55	0,8	0,55
S2	0,5	0,7	0,55	0,65	0,85
S3	0,8	0,45	0,45	0,45	0,4
S4	0,55	0,6	0,85	0,6	0,55

На другому етапі було виконано попарне порівняння сценаріїв за кожним критерієм. Для кожної пари альтернатив визначалося, який сценарій має більший рівень показника. Це дозволило встановити структуру локальних переваг (табл.4.45).

Таблиця 4.45. Узагальнююча матриця попарних перемог.

Пара	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Кількість виграних критеріїв (із 5)
S1-S2	1	1	0	1	0	3
S2-S1	0	0	0	0	1	1
S1-S3	0	1	1	1	1	4
S3-S1	1	0	0	0	0	1
S1-S4	0	1	0	1	0	2
S4-S1	0	0	1	0	0	1
S2-S3	0	1	1	1	1	4
S3-S2	1	0	0	0	0	1
S2-S4	0	1	0	1	1	3
S4-S2	1	0	1	0	0	2
S3-S4	1	0	0	0	0	1
S4-S3	0	1	1	1	1	4

Отримані результати показали такі характерні закономірності:

- сценарій S1 переважає S2 за трьома ключовими критеріями (Y1,Y2,Y4), причому найбільший внесок формує критерій Y4;

- сценарій S1 суттєво домінує над S3, оскільки перевищує його за більшістю показників, включаючи найбільш вагомі;
- сценарій S2 впевнено переважає S3 за більшістю критеріїв;
- сценарій S4 демонструє сильну позицію відносно S3, перевершуючи його майже за всіма показниками, окрім фінансового;
- сценарій S3 має перевагу над іншими альтернативами переважно лише за показником Y1, що обмежує його конкурентні позиції.

Таким чином, на рівні часткових порівнянь уже спостерігається тенденція до домінування сценаріїв S1 та S2.

Для зважування був використаний вектор ваг W = [0,172;0,247;0,078;0,383;0,12]. Після зважування часткових переваг відповідно до ваг критеріїв було сформовано матрицю інтегральних попарних переваг π(i,k) (табл. 4.46). Ці значення показують силу домінування одного сценарію над іншим.

Таблиця 4.46. Матриця інтегральних попарних переваг π(i,k).

Сценарій	S1	S2	S3	S4
S1	0	0,802	0,828	0,63
S2	0,12	0	0,828	0,75
S3	0,172	0,172	0	0,172
S4	0,078	0,25	0,828	0

Аналіз матриці показав:

- максимальні значення переваги (понад 0,8) спостерігаються у випадках, коли сценарій перевершує альтернативу одразу за кількома критеріями з високими вагами;
- сценарій S1 демонструє високий рівень домінування над S2, S3 та S4, що свідчить про його збалансовану структуру показників;
- сценарій S2 також має високі значення переваги над S3 і S4;

- сценарій S3 характеризується найменшими значеннями інтегральної переваги, оскільки його конкурентні переваги обмежені одним критерієм;
- сценарій S4 має середній рівень домінування, що обумовлено високим значенням лише одного показника при відносно помірних значеннях інших.

Таким чином, на цьому етапі чітко формується ієрархія альтернатив за ступенем їх взаємного домінування.

Таблиця 4.47. Результати позитивних та негативних потоків переваг.

Сценарій	ϕ+	ϕ−	ϕ = ϕ+ − ϕ−	Рейтинг
S1	0,7533	0,1233	0,63	1
S2	0,566	0,408	0,158	2
S3	0,172	0,828	-0,656	4
S4	0,3853	0,5173	-0,132	3

Позитивний потік ϕ+(i) характеризує, наскільки активно кожен сценарій переважає інші альтернативи в середньому.

Отримані значення показали:

- найвищий позитивний потік має сценарій S1, що означає його стабільне домінування над іншими альтернативами;
- сценарій S2 займає другу позицію за інтенсивністю переваг;
- сценарій S4 має помірний рівень позитивного потоку;
- найменший показник характерний для сценарію S3, який рідко перевершує інші альтернативи.

Це свідчить про те, що S1 і S2 є найбільш “активними” сценаріями з точки зору конкурентної переваги.

Негативний потік ϕ−(i) відображає ступінь домінування інших альтернатив над відповідним сценарієм.

Аналіз показав:

- сценарій S1 має найменший негативний потік, тобто він рідко поступається іншим;
- сценарій S2 має помірний рівень домінування з боку альтернатив;
- сценарій S4 частіше програє сильнішим сценаріям;
- сценарій S3 має найбільший негативний потік, що свідчить про його найслабші позиції в системі попарних порівнянь.

Таким чином, структура негативних потоків підтверджує слабку конкурентоспроможність сценарію S3.

Фінальним результатом застосування методу PROMETHEE стало визначення чистих потоків. Позитивне значення чистого потоку для сценаріїв S1 і S2 свідчить про їх загальне домінування в системі альтернатив. Водночас від'ємні значення для S3 і S4 означають, що ці сценарії частіше поступаються іншим у попарних порівняннях.

Комплексний аналіз показує, що:

- сценарій S1 є найбільш збалансованим, оскільки має високі значення за критеріями з найбільшою ваговою значущістю;
- сценарій S2 також демонструє сильні позиції, однак дещо поступається через слабші показники у кадровій та виробничій складових;
- сценарій S4 характеризується локальною перевагою за управлінським критерієм, але цього недостатньо для загального домінування;
- сценарій S3 має вузьку спеціалізацію (високий фінансовий показник), але програє за більшістю інших параметрів.

Отриманий рейтинг підтверджує, що ключову роль у формуванні інтегральної переваги відіграють критерії з найбільшими вагами, передусім кадрова та операційно-виробнича складові.

Сценарій 2. Логістично-індустріальний сценарій (орієнтація на префабрикацію та відновлення).

Для аналізу і оцінки всі чотирьох сценаріїв була використана таж сама матриця інтегральних показників та узагальнююча матриця попарних перемог.

На наступному етапі часткові переваги були зважені відповідно до ваг критеріїв, у результаті чого сформовано матрицю інтегральних попарних переваг π(i,k) (табл. 4.48). Для зважування був використаний вектор ваг W = [0,128;0,21;0,097;0,325;0,241].

Таблиця 4.48. Матриця інтегральних попарних переваг π(i,k).

Сценарій	S1	S2	S3	S4
S1	0	0,663	0,873	0,535
S2	0,241	0	0,873	0,776
S3	0,128	0,128	0	0,128
S4	0,097	0,225	0,873	0

Сценарій S1 має високі значення переваги над усіма альтернативами: над S2 − 0,663; над S3 − 0,873; над S4 − 0,535. Це свідчить про системне домінування S1 у більшості попарних порівнянь. Сценарій S2 демонструє значну перевагу над S3 (0,873) та S4 (0,776); водночас суттєво поступається S1 (0,241 проти 0,663 у зворотному порівнянні). Отже, S2 має сильні, але не максимальні позиції. Сценарій S3 характеризується найменшими значеннями інтегральної переваги (0,128 у більшості порівнянь). Це означає, що він рідко домінує над іншими альтернативами. Сценарій S4 має дуже сильну перевагу над S3 (0,873), однак програє S1 та S2. Таким чином, структура матриці чітко показує домінування S1, другу позицію S2, середню позицію S4 та слабку позицію S3.

Таблиця 4.49. Результати позитивних та негативних потоків переваг.

Сценарій	ϕ+	ϕ−	ϕ = ϕ+ − ϕ−	Рейтинг
S1	0,6903	0,1553	0,535	1
S2	0,63	0,3387	0,2913	2
S3	0,128	0,873	-0,745	4
S4	0,3983	0,4797	-0,0814	3

Позитивний потік ϕ+ відображає, наскільки активно кожен сценарій переважає інші альтернативи в середньому:

- S1 найчастіше і найсильніше домінує над іншими альтернативами.
- S2 також демонструє високий рівень переваги.
- S4 має помірну силу домінування.
- S3 практично не переважає інших.

Негативний потік ϕ− показує, наскільки часто та сильно інші сценарії переважають відповідну альтернативу:

- S1 має найменший негативний потік, тобто рідко програє іншим.
- S2 іноді поступається, насамперед сценарію S1.
- S4 часто програє сильнішим альтернативам.
- S3 має найгіршу позицію − його переважають майже всі.

Фінальний показник методу PROMETHEE ϕ свідчить про чітку ієрархію альтернатив. Сценарій S1 має найвищий позитивний потік; найменший негативний потік; найбільше значення чистого потоку. Це означає, що він системно домінує над іншими сценаріями. Сценарій S2 демонструє високий рівень домінування, однак помітно поступається S1. Сценарій S4 характеризується середнім рівнем переваг і значним рівнем програшів у порівнянні з лідерами. Сценарій S3 має найменший позитивний потік; найбільший негативний потік; найгірший інтегральний результат.

Комплексний аналіз показує, що:

– сценарій S1 є найбільш збалансованим і стабільно домінує в системі попарних порівнянь;

– сценарій S2 демонструє високий потенціал, але поступається за ключовими параметрами;

– сценарій S4 має локальні сильні сторони, однак не забезпечує системної переваги;

– сценарій S3 характеризується найнижчим рівнем інтегральної спроможності.

Отриманий рейтинг узгоджується зі структурою часткових і агрегованих переваг та підтверджує, що вирішальний вплив на підсумковий результат мають критерії з найбільшою ваговою значущістю.

Результати застосування методу PROMETHEE продемонстрували чітку диференціацію сценаріїв за рівнем їх взаємного домінування. Найбільш ефективним виявився сценарій S1, який системно переважає інші альтернативи за сукупністю ключових критеріїв. Отримані результати логічно узгоджуються з попередніми етапами багатокритеріального аналізу та підтверджують надійність побудованої моделі оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств.

Сценарій 3. Фінансово-обмежений сценарій.

Після зважування часткових переваг відповідно до ваг критеріїв було сформовано матрицю інтегральних попарних переваг π(i,k) (табл.4.50). Для зважування був використаний вектор ваг W = [0,348;0,185;0,098;0,185;0,185].

Таблиця 4.50. Матриця інтегральних попарних переваг π(i,k).

Сценарій	S1	S2	S3	S4
S1	0	0,718	0,653	0,37
S2	0,185	0	0,653	0,555
S3	0,348	0,348	0	0,348

S4	0,098	0,446	0,653	0

Сценарій S1 - π(S1,S2) = 0,718; π(S1,S3) = 0,653; π(S1,S4) = 0,37

S1 стабільно переважає всі інші альтернативи. Особливо помітна його перевага над S2 та S3.

Сценарій S2 - π(S2,S1) = 0,185; π(S2,S3) = 0,653; π(S2,S4) = 0,555.

S2 має сильну позицію відносно S3 і S4, але суттєво поступається S1.

Сценарій S3 - π(S3,S1) = 0,348; π(S3,S2) = 0,348; π(S3,S4) = 0,348.

Усі значення мають однаковий середній рівень. Це означає, що S3 інколи має локальні переваги, але вони не є системними.

Сценарій S4 - π(S4,S1) = 0,098; π(S4,S2) = 0,446; π(S4,S3) = 0,653.

S4 впевнено домінує над S3 та частково над S2, але значно поступається S1.

У цілому матриця показує, що сценарій S1 має найстабільнішу систему переваг, тоді як позиції інших альтернатив є більш неоднорідними.

Таблиця 4.51. Результати позитивних та негативних потоків переваг.

Сценарій	ϕ+	ϕ−	ϕ = ϕ+ − ϕ−	Рейтинг
S1	0,5803	0,2103	0,37	1
S2	0,4643	0,504	-0,0397	3
S3	0,348	0,653	-0,305	4
S4	0,399	0,4243	-0,0253	2

Позитивний потік характеризує, наскільки активно сценарій переважає інші альтернативи.

Отримані значення:

– S1: $\phi^+ = 0,5803$ - має найбільший рівень домінування над іншими сценаріями.

– S2: $\phi^+ = 0{,}4643$ - також часто переважає альтернативи, але слабше за S1.

– S4: $\phi^+ = 0{,}3990$ - демонструє середній рівень переваг.

– S3: $\phi^+ = 0{,}3480$ - має найменшу інтенсивність домінування.

Негативний потік показує, наскільки сильно інші альтернативи переважають відповідний сценарій.

Отримані значення:

– S1: $\phi^- = 0{,}2103$ - S1 має найменший негативний потік, тобто рідко програє іншим.

– S2: $\phi^- = 0{,}5040$ - S4 поступається іншим альтернативам помірно.

– S4: $\phi^- = 0{,}4243$ - має відносно високий рівень програшів, особливо відносно S1.

– S3: $\phi^- = 0{,}6530$ - має найбільший негативний потік і найчастіше програє.

Фінальний показник методу PROMETHEE ϕ свідчить про зміну структури домінування порівняно з попереднім варіантом розрахунків. Сценарій S1 має найбільший позитивний потік, має найменший негативний потік і зберігає стійке лідерство. Це підтверджує його системну перевагу за сукупністю критеріїв. Сценарій S4 піднявся на другу позицію; демонструє відносно стабільний баланс між домінуванням і програшами; має сильну позицію відносно S3 та помірну − відносно S2. Сценарій S2 має досить високий позитивний потік; однак значний негативний потік знижує його підсумкову позицію; у попарних порівняннях часто поступається S1. Сценарій S3 має найменший позитивний потік; має найбільший негативний потік; демонструє найслабшу конкурентну позицію.

Комплексний аналіз показує, що:

– сценарій S1 стабільно залишається лідером і демонструє найбільш збалансовану структуру показників;

– сценарій S4 у даному варіанті розрахунків посилює свої позиції та виходить на друге місце;

– сценарій S2, незважаючи на високий рівень локальних переваг, частіше програє сильнішим альтернативам;

– сценарій S3 має найменшу інтегральну спроможність і поступається більшості конкурентів.

Результати застосування методу PROMETHEE продемонстрували чітку диференціацію сценаріїв за рівнем їх взаємного домінування. Найбільш ефективним знову виявився сценарій S1, що підтверджує його стійку перевагу незалежно від варіацій у структурі ваг і значень критеріїв. Водночас зміна позицій S2 та S4 свідчить про чутливість методу до перерозподілу часткових переваг і підкреслює важливість комплексного врахування всіх складових економічної спроможності підприємства.

Сценарій 4. Управлінсько-організаційний сценарій.

Після зважування часткових переваг відповідно до ваг критеріїв було сформовано матрицю інтегральних попарних переваг π(i,k) (табл. 4.52). Для зважування був використаний вектор ваг W = [0,167;0,167;0,333;0,167;0,167].

Таблиця 4.52. Матриця інтегральних попарних переваг π(i,k).

Сценарій	S1	S2	S3	S4
S1	0	0,501	0,834	0,334
S2	0,167	0	0,834	0,501
S3	0,167	0,167	0	0,167
S4	0,333	0,5	0,834	0

Сценарій S1 - π(S1,S2) = 0,501; π(S1,S3) = 0,834; π(S1,S4) = 0,334. S1 стабільно переважає всі альтернативи, особливо S3. Сценарій S2 - π(S2,S1) = 0,167; π(S2,S3) = 0,834; π(S2,S4) = 0,501. S2 демонструє сильну перевагу над S3 та помірну над S4, але значно поступається S1. Сценарій S3 - π(S3,S1) = 0,167;

π(S3,S2) = 0,167; π(S3,S4) = 0,167. Усі значення однакові та низькі, що підтверджує слабку конкурентну позицію сценарію. Сценарій S4 - π(S4,S1) = 0,333; π(S4,S2) = 0,500; π(S4,S3) = 0,834. S4 впевнено домінує над S3 та має помітну перевагу над S2, але поступається S1. У цілому матриця показує досить чітку ієрархію домінування: S1 → S4 → S2 → S3.

Таблиця 4.53. Результати позитивних та негативних потоків переваг.

Сценарій	ϕ+	ϕ−	ϕ = ϕ+ − ϕ−	Рейтинг
S1	0,5563	0,2223	0,334	1
S2	0,5007	0,3893	0,1114	3
S3	0,167	0,834	-0,667	4
S4	0,5557	0,334	0,2217	2

Позитивний потік відображає середній рівень домінування сценарію над іншими альтернативами.

– S1 і S4 мають майже однаковий, найвищий рівень домінування.
– S2 також активно переважає інші сценарії, але трохи слабше.
– S3 майже не домінує над іншими.

Це свідчить про дуже близькі позиції S1 і S4 за силою впливу на систему альтернатив.

Негативний потік показує, наскільки часто інші сценарії переважають відповідну альтернативу.

– S1 має найменший негативний потік і рідко програє іншим.
– S4 програє помірно.
– S2 частіше поступається іншим, ніж S4.
– S3 має найгіршу позицію − його домінують майже всі.

Фінальний показник ϕ демонструє достатньо стабільну ієрархію альтернатив. Сценарій S1 має високий позитивний потік; має найменший

негативний потік; зберігає першу позицію. Це підтверджує його найбільш збалансовану структуру показників. Сценарій S4 має майже такий самий рівень домінування, як S1 (0,5557 проти 0,5563), але частіше програє іншим сценаріям, що знижує його підсумкову позицію. Сценарій S2 демонструє середній рівень домінування; але має вищий негативний потік, ніж S4; тому опускається на третю позицію. Сценарій S3 має найменший позитивний потік; має найбільший негативний потік; стабільно займає останню позицію.

Комплексний аналіз показує:

– сценарій S1 стабільно зберігає лідерство незалежно від варіацій у параметрах моделі;

– сценарій S4 демонструє суттєве посилення позицій і наближається до лідера;

– сценарій S2 має середній рівень ефективності;

– сценарій S3 залишається найменш конкурентоспроможним.

Результати останнього варіанта розрахунків методом PROMETHEE підтверджують загальну стійкість структури ранжування альтернатив. Сценарій S1 знову посідає перше місце, що свідчить про його системну перевагу та збалансованість за ключовими критеріями. Водночас сценарій S4 демонструє істотне зростання інтегральної ефективності та займає другу позицію, що вказує на посилення його конкурентних характеристик у даній конфігурації параметрів.

Проведені розрахунки за методом PROMETHEE для чотирьох варіантів вихідних даних дозволили виконати порівняльний аналіз альтернативних сценаріїв розвитку будівельного підприємства та оцінити стабільність отриманих результатів у різних умовах моделювання. Такий підхід дає змогу не лише визначити найкращу альтернативу, але й перевірити чутливість ранжування до зміни структури показників і вагових співвідношень.

Комплексний аналіз усіх чотирьох наборів даних показав наявність чітких і стійких закономірностей у структурі домінування сценаріїв.

1. Стабільність лідерства сценарію S1

У всіх розглянутих варіантах розрахунків сценарій S1 стабільно посідає першу позицію за значенням чистого потоку ϕ. Це означає, що:

- він системно переважає інші альтернативи у більшості попарних порівнянь;
- має високі значення позитивного потоку;
- характеризується відносно низьким негативним потоком.

Така стійкість результату свідчить про збалансовану структуру інтегральних показників, що формують сценарій S1. Його перевага не є випадковою і зберігається навіть при зміні числових параметрів, що підтверджує надійність цієї альтернативи як стратегічного напряму розвитку.

2. Конкурентна група середнього рівня (S2 та S4)

Другу і третю позиції у різних наборах даних займають сценарії S2 та S4, причому їх взаємне розташування змінюється залежно від структури часткових переваг.

Спостерігаються такі тенденції:

- у частині варіантів S2 займає друге місце, демонструючи сильні позиції за окремими критеріями;
- в інших випадках S4 піднімається на другу позицію, що свідчить про високу чутливість його оцінки до зміни вагових співвідношень;
- обидва сценарії мають помірні значення позитивних потоків і водночас відчутні негативні потоки.

Це означає, що S2 і S4 формують групу альтернатив із середнім рівнем інтегральної ефективності, які мають локальні переваги, але не демонструють системного домінування.

3. Стабільно слабка позиція сценарію S3.

У всіх чотирьох наборах даних сценарій S3 посідає останнє місце. Це підтверджується такими характеристиками:

- найменші значення позитивного потоку;
- найбільші значення негативного потоку;

– від’ємні значення чистого потоку у всіх варіантах розрахунків.

Це свідчить про те, що S3 програє більшості альтернатив у попарних порівняннях та не має системної переваги за ключовими критеріями. Його конкурентні позиції є локальними та недостатніми для формування інтегрального домінування.

4. Чутливість методу до структури критеріїв.

Порівняння чотирьох варіантів розрахунків показало, що:

– лідер (S1) залишається незмінним у всіх випадках;

– позиції середньої групи (S2, S4) можуть змінюватися;

– найслабший сценарій (S3) також залишається стабільно останнім.

Це свідчить про те, що метод PROMETHEE добре реагує на зміну структури часткових переваг, але водночас дозволяє виявити сценарії з найбільш стійкими характеристиками.

5. Інтерпретація з точки зору економічної спроможності.

Отримані результати мають чітке економічне трактування.

Сценарій S1 характеризується:

– найбільш збалансованим поєднанням фінансових, виробничих, управлінських, кадрових та логістичних показників;

– системною перевагою за критеріями з найбільшою ваговою значущістю;

– найменшою вразливістю до змін у структурі оцінювання.

Сценарії S2 та S4:

– демонструють сильні позиції за окремими напрямами;

– мають потенціал розвитку, але не забезпечують комплексного домінування;

– їх інтегральна оцінка значною мірою залежить від вагових коефіцієнтів критеріїв.

Сценарій S3:

– має обмежену конкурентоспроможність;

– характеризується фрагментарними перевагами;

- не формує достатнього інтегрального ефекту.

Аналіз чотирьох наборів даних підтвердив високу стійкість результатів ранжування альтернатив за методом PROMETHEE. Незважаючи на зміну часткових параметрів, структура підсумкового розподілу залишається логічно узгодженою:

- перше місце стабільно займає S1;
- середню групу формують S2 та S4;
- останню позицію стабільно займає S3.

Це свідчить про те, що отримані результати не є випадковими та мають системний характер.

Застосування методу PROMETHEE у кількох варіантах розрахунків дозволило:

1. перевірити стабільність ранжування альтернатив;
2. оцінити чутливість моделі до зміни структури критеріїв;
3. підтвердити надійність отриманих висновків;
4. виявити сценарії з найбільш стійкими характеристиками.

Отримані результати узгоджуються з попередніми етапами багатокритеріального аналізу (AHP та TOPSIS), що підсилює достовірність комплексної моделі оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств.

Комплексне застосування методу PROMETHEE до чотирьох наборів даних показало, що сценарій S1 є найбільш ефективним та стійким варіантом розвитку будівельного підприємства, оскільки він системно переважає інші альтернативи незалежно від змін у структурі оцінювання. Це дозволяє розглядати його як базовий орієнтир при формуванні стратегічних управлінських рішень у сфері розвитку підприємства.

Висновки до розділу 4.

1. Розроблено інтегровану модель оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств, що поєднує нечітко-логічне моделювання,

метод аналізу ієрархій (AHP) та багатокритеріальні методи прийняття рішень, формуючи завершений аналітичний ланцюг “індекси – ваги – стратегічний вибір”. Запропонована модель забезпечує системну інтеграцію п’яти функціональних блоків (Y1–Y5) у єдиному кількісному вимірі.

2. Сформовано нечітко-логічну модель (FIS) оцінювання економічної спроможності, яка дозволила агрегувати 25 первинних показників у п’ять інтегральних індексів Y1–Y5 з використанням лінгвістичних термів (low–medium–high). Це забезпечило формалізацію експертних оцінок і мінімізувало втрати інформації при агрегуванні різнорідних параметрів.
3. Отримано кількісні значення інтегральних індексів для досліджуваних підприємств. Це дозволило встановити суттєву диференціацію економічної спроможності між підприємствами, з найбільшим розривом у виробничому та кадровому блоках.
4. Розраховано інтегральний показник економічної спроможності (ECS) як узагальнюючу характеристику, що дозволило кількісно зіставити рівень системної готовності підприємств до стратегічного розвитку. Отримані значення підтвердили домінування Підприємства 1 за більшістю складових.
5. Застосовано метод аналізу ієрархій (AHP) для визначення ваг інтегральних індексів, що забезпечило структуровану експертну оцінку їх відносної важливості. Отримано ваговий вектор w = [0,172; 0,247; 0,078; 0,383; 0,120], що свідчить про домінування кадрової складової (38,3%) та виробничої (24,7%) у формуванні економічної спроможності.
6. Підтверджено високу узгодженість матриці попарних порівнянь, оскільки коефіцієнт узгодженості CR = 0,0004, що є значно меншим за граничне значення 0,1. Це засвідчує логічну послідовність експертних оцінок та методичну надійність визначених ваг.

7. Реалізовано багатокритеріальне ранжування стратегічних сценаріїв за методом TOPSIS, що дозволило визначити коефіцієнти відносної близькості до ідеального рішення (Ci). Для базового сценарію отримано Ci = 0,7101 (1 місце), що підтверджує його стратегічну доцільність у порівнянні з альтернативами.
8. Застосовано метод PROMETHEE для аналізу потоків переваг, що дозволило визначити чисті потоки (ϕ). Отримані результати підтвердили стійке домінування першого сценарію та слабку позицію третього, що свідчить про його низьку стратегічну перспективність.
9. Підтверджено узгодженість результатів різних багатокритеріальних методів, оскільки сценарій S1 посів перше місце як за TOPSIS, так і за PROMETHEE, що підвищує достовірність стратегічного висновку та зменшує ризик методичної упередженості.
10. Встановлено, що варіювання вагових коефіцієнтів не призводить до критичної зміни лідируючого сценарію, що свідчить про структурну стабільність багатокритеріальної моделі.
11. Доведено, що використання інтегрованої моделі дозволяє кількісно обґрунтувати стратегічний вибір, мінімізуючи суб’єктивність рішень і переводячи їх у площину формалізованого аналізу.
12. Сформовано завершену інструментальну модель стратегічного управління, у якій нечітко-логічна оцінка забезпечує формування інтегральних показників, AHP – структурну вагомість, а MCDM – ранжування альтернатив, що створює основу для подальшого сценарного моделювання.
13. Підтверджено практичну значущість розробленої системи, оскільки вона може бути використана для оцінювання готовності будівельних підприємств до участі у програмах відновлення житлового фонду та переходу до префабрикованих технологій.

РОЗДІЛ 5. СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ ТА РИЗИКІВ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ.

5.1. Імітаційне моделювання інтегральних показників нечітко-логічної оцінки економічної спроможності будівельних підприємств.

На попередніх етапах дослідження було сформовано систему нечітко-логічних моделей, спрямованих на інтегральне оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств. Результатом роботи цих моделей є п’ять узагальнених показників Y1–Y5, які відображають ключові функціональні складові діяльності підприємства та використовуються як основа для подальшого стратегічного аналізу. Зокрема, вони характеризують фінансово-економічний стан, операційно-виробничі можливості, рівень управлінської керованості, кадрову спроможність, а також логістично-організаційну готовність до реалізації сучасних форм будівництва, зокрема префабрикованих рішень.

У межах розробленої методології ці показники були отримані як результат детермінованого обчислення на основі нечітких систем типу FIS, де значення інтегральних індексів формуються на підставі набору первинних факторів і відповідних баз правил. Проте реальні умови функціонування будівельних підприємств характеризуються значною мінливістю зовнішнього середовища, що зумовлює необхідність переходу від статичного підходу до ймовірнісного аналізу отриманих оцінок.

У зв’язку з цим наступним логічним етапом дослідження є застосування імітаційного моделювання методом Монте Карло для аналізу варіативності та надійності інтегральних показників Y1–Y5. Метою цього етапу є не повторне визначення значень індексів, а дослідження їх поведінки в умовах невизначеності, що природно виникає в економічній діяльності підприємств будівельної галузі. Будівельні підприємства функціонують у середовищі, яке характеризується нестабільністю фінансових потоків, змінами вартості

матеріалів, коливаннями попиту, кадровими ризиками, перебоями в постачанні та логістичних процесах. У таких умовах будь-які економічні показники не можуть вважатися абсолютно фіксованими. Вони змінюються під впливом як внутрішніх управлінських рішень, так і зовнішніх факторів, що не піддаються прямому контролю. Це означає, що значення первинних змінних, які використовуються у нечітко-логічних моделях, а відповідно і результуючі інтегральні індекси, мають певну зону коливань.

У межах детермінованої моделі кожен індекс Yk має конкретне числове значення, що відповідає певному стану підприємства. Однак це значення відображає лише одну реалізацію можливої ситуації і не враховує потенційні відхилення, які можуть виникати в реальності. Саме тому постає необхідність перейти до розгляду цих показників як змінних, що можуть змінюватися в межах певних інтервалів. Застосування методу Монте Карло дозволяє перейти від одиничної оцінки до статистичного опису можливих станів підприємства. У цьому підході інтегральні індекси Y1–Y5 розглядаються не як фіксовані величини, а як випадкові змінні, значення яких можуть змінюватися під впливом коливань вихідних факторів. Кожен прогін імітаційної моделі відповідає певному умовному сценарію розвитку ситуації, який відрізняється від базового набором значень параметрів.

Об’єктом імітації на даному етапі виступають саме інтегральні показники нечітко-логічного оцінювання:

- Y1 – індекс фінансово-економічної спроможності;
- Y2 – індекс операційно-виробничої спроможності;
- Y3 – індекс управлінської керованості;
- Y4 – індекс кадрової спроможності;
- Y5 – індекс логістично-організаційної готовності та готовності до впровадження префабрикованих технологій.

Кожен із цих індексів є результатом агрегування групи первинних показників через відповідні нечітко-логічні правила. Це означає, що навіть незначні зміни у вихідних параметрах можуть призводити до зміни значень

інтегральних оцінок. Таким чином, фактично кожен індекс відображає не одну точну величину, а певну область можливих значень, яка характеризує діапазон станів підприємства.

Основною метою імітаційного моделювання є дослідження таких аспектів:

- визначення можливих меж зміни інтегральних індексів при варіації умов діяльності;
- оцінювання ступеня чутливості кожного показника до змін зовнішніх і внутрішніх факторів;
- аналіз стабільності співвідношення між окремими складовими економічної спроможності;
- формування статистичного уявлення про можливі стани підприємства.

Зміст імітаційного експерименту полягає у багаторазовому відтворенні можливих значень індексів Y1–Y5 шляхом варіювання їх у межах допустимих відхилень від базових значень. Кожна ітерація моделювання відповідає певній умовній економічній ситуації, яка може відображати зміну ринкових умов, рівня завантаження підприємства, кадрової ситуації або логістичних обмежень.

У результаті формується множина реалізацій значень кожного індексу, що дозволяє перейти від одиничної оцінки до статистичного опису. Такий опис дає змогу визначити середні значення, діапазони коливань, а також оцінити ймовірність суттєвих відхилень від базового рівня. Це, у свою чергу, дозволяє зробити висновки щодо надійності інтегральних оцінок, отриманих за допомогою нечітко-логічної моделі. Важливо підкреслити, що на даному етапі імітаційне моделювання не замінює нечітко-логічні системи, а доповнює їх. FIS залишається основним інструментом інтеграції первинних показників у єдині індекси. Метод Монте Карло використовується для аналізу того, як ці індекси можуть змінюватися при варіації умов, що характеризують реальне економічне середовище.

Особливе значення цей етап має в контексті подальшого багатокритеріального аналізу стратегій розвитку підприємства. Інтегральні

показники Y1–Y5 виступають вхідними даними для моделей AHP, TOPSIS та PROMETHEE, які використовуються для обґрунтування вибору управлінських рішень. Якщо значення цих індексів є нестабільними або чутливими до змін параметрів, це може впливати на результати стратегічного ранжування альтернатив.

Отже, імітаційний аналіз на рівні нечітко-логічних індексів виконує роль проміжного етапу між детермінованою оцінкою економічної спроможності та багатокритеріальним вибором стратегій. Він дозволяє перейти від статичного опису до ймовірнісного представлення стану підприємства та сформувати більш глибоке розуміння можливих варіантів розвитку ситуації.

Таким чином, постановка задачі імітаційного моделювання полягає у створенні системи багаторазового відтворення можливих значень інтегральних індексів Y1–Y5 з метою дослідження їх варіативності, чутливості та взаємного співвідношення. Отримані результати будуть використані на наступних етапах для оцінювання надійності результатів багатокритеріального аналізу та перевірки стійкості підсумкових управлінських висновків до змін вихідних умов функціонування будівельного підприємства.

Наступний етап дослідження передбачає проведення симуляції з використанням методики Монте Карло, що була представлена в розділі 3. На основі результатів нечітко-логічного моделювання було отримано базові значення інтегральних індексів економічної спроможності підприємства Y1–Y5, а також сформовано інтервали їх можливих варіацій у межах ±10% від центрального значення (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1. Базові значення інтегральних індексів економічної спроможності та інтервали їх варіації в умовах параметричної невизначеності (±10%).

	Значення	Min (-10%)	Max (+10%)

Y1	0,4750	0,4275	0,5225
Y2	0,6070	0,5463	0,6677
Y3	0,5000	0,4500	0,5500
Y4	0,7750	0,6975	0,8525
Y5	0,4750	0,4275	0,5225

Такий підхід дозволяє перейти від детермінованої оцінки до параметричного опису можливих змін стану підприємства. Аналіз отриманих результатів свідчить про наявність суттєвої нерівномірності у структурі складових економічної спроможності підприємства.

Найвищого рівня досягає показник кадрової спроможності $Y4 = 0,775$. Його інтервал варіації становить: $0,6975 \leq Y4 \leq 0,8525$. Це означає, що навіть за несприятливих умов значення цього індексу залишається відносно високим. Такий результат свідчить про стабільний кадровий потенціал підприємства та його важливу роль у забезпеченні загальної економічної спроможності.

Другу позицію за рівнем розвитку займає операційно-виробнича складова $Y2 = 0,607$. Інтервал можливих значень $0,5463 \leq Y2 \leq 0,6677$. Це вказує на достатньо високий рівень виробничих можливостей підприємства, хоча й із помітною залежністю від умов функціонування. Управлінська складова характеризується середнім рівнем $Y3 = 0,500$. Межі варіації - $0,4500 \leq Y3 \leq 0,5500$. Це свідчить про відносну збалансованість управлінської системи без різко виражених сильних або слабких сторін. Фінансово-економічна складова та логістично-організаційна готовність мають однакові значення $Y1$ і $Y5 = 0,475$. Інтервали - $0,4275 \leq Y1 \leq 0,5225$. Це означає, що саме ці дві складові є відносно слабшими елементами загальної системи економічної спроможності.

Вибір інтервалу ±10% дозволяє оцінити чутливість інтегральних індексів до змін зовнішніх і внутрішніх умов. У відносному вимірі всі показники мають однакову амплітуду коливань, проте в абсолютному вираженні найбільші відхилення характерні для кадрової складової $Y4$ та

виробничої складової $Y2$. Це пояснюється тим, що при вищому базовому рівні навіть однаковий відсоток зміни дає більший абсолютний діапазон.

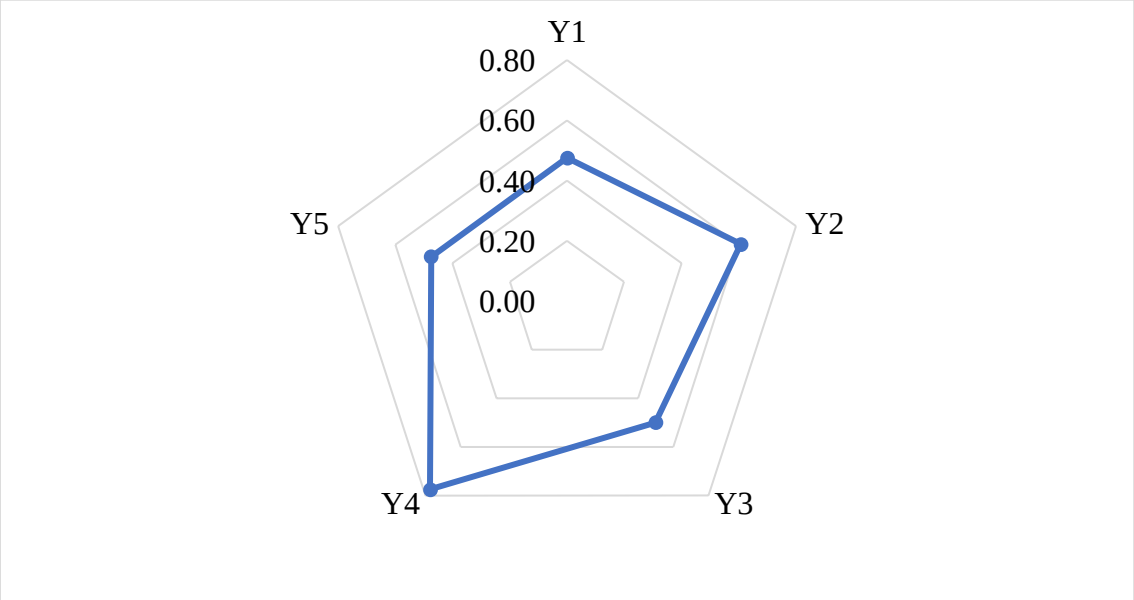


Рисунок 5.1. Радар-діаграма структури інтегральних складових економічної спроможності підприємства.

На рисунку 5.1 представлено радар-діаграму, яка наочно відображає структуру інтегральних показників економічної спроможності підприємства. Форма полігону має виражену асиметрію, що свідчить про нерівномірний розвиток окремих функціональних складових. Найбільш виступаючою вершиною є показник $Y4$, що підтверджує домінуючу роль кадрового потенціалу. Найменші значення спостерігаються для показників $Y1$ та $Y5$, що вказує на необхідність посилення фінансової стабільності та логістичної організації. Загалом форма полігону дозволяє зробити такі висновки:

– структура економічної спроможності є незбалансованою;
– підприємство має сильну кадрову базу;
– фінансова та логістична складові є зонами потенційного розвитку.

Отримані інтервали значень виконують роль базових параметрів для подальшого застосування методу Монте Карло. Саме в межах цих інтервалів надалі моделюватимуться випадкові варіації інтегральних індексів.

Такий підхід дозволяє:

- сформувати область можливих станів підприємства;
- оцінити стабільність структури економічної спроможності;
- підготувати дані для наступного етапу – стохастичного аналізу стратегічних рішень.

Таблиця 5.2 представляє результати випадкової генерації 100 значень $Y1$ - $Y5$.

Таблиця 5.2. Результати випадкової генерації методом Монте Карло (100 ітерацій).

Н п/п	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	0,470	0,640	0,540	0,780	0,490
2	0,480	0,550	0,510	0,720	0,500
3	0,480	0,610	0,500	0,830	0,430
4	0,430	0,570	0,460	0,820	0,490
5	0,440	0,640	0,540	0,760	0,450
6	0,510	0,550	0,500	0,740	0,490
7	0,470	0,660	0,470	0,720	0,480
8	0,510	0,620	0,450	0,810	0,460
9	0,430	0,580	0,530	0,800	0,500
10	0,510	0,550	0,510	0,840	0,440
11	0,520	0,570	0,490	0,760	0,460
12	0,520	0,580	0,500	0,710	0,510
13	0,510	0,560	0,520	0,700	0,480
14	0,480	0,590	0,540	0,700	0,430
15	0,490	0,560	0,540	0,850	0,470
16	0,510	0,630	0,450	0,710	0,490
17	0,430	0,590	0,540	0,740	0,430
18	0,470	0,580	0,470	0,750	0,490
19	0,520	0,560	0,500	0,770	0,510
20	0,490	0,600	0,540	0,720	0,450
21	0,520	0,590	0,520	0,780	0,510
22	0,440	0,610	0,540	0,750	0,500
23	0,490	0,600	0,520	0,820	0,490
24	0,460	0,590	0,520	0,740	0,430

25	0,490	0,630	0,450	0,800	0,500
26	0,480	0,580	0,520	0,810	0,450
27	0,440	0,660	0,510	0,730	0,500
28	0,510	0,610	0,480	0,740	0,510
29	0,430	0,650	0,490	0,830	0,510
30	0,450	0,630	0,520	0,820	0,490
31	0,510	0,610	0,450	0,740	0,470
32	0,440	0,590	0,550	0,790	0,510
33	0,520	0,660	0,550	0,790	0,500
34	0,450	0,620	0,510	0,750	0,480
35	0,510	0,630	0,540	0,820	0,430
36	0,440	0,640	0,540	0,840	0,500
37	0,520	0,570	0,510	0,700	0,490
38	0,470	0,650	0,500	0,730	0,520
39	0,490	0,650	0,540	0,810	0,470
40	0,480	0,630	0,480	0,700	0,450
41	0,490	0,590	0,520	0,790	0,430
42	0,500	0,600	0,470	0,750	0,450
43	0,480	0,570	0,520	0,730	0,430
44	0,500	0,620	0,470	0,730	0,480
45	0,450	0,570	0,480	0,740	0,440
46	0,450	0,600	0,480	0,740	0,500
47	0,500	0,610	0,450	0,730	0,480
48	0,460	0,610	0,450	0,800	0,430
49	0,460	0,600	0,500	0,830	0,440
50	0,430	0,590	0,530	0,790	0,520
51	0,450	0,620	0,470	0,810	0,500
52	0,450	0,630	0,480	0,700	0,450
53	0,430	0,560	0,470	0,790	0,440
54	0,510	0,600	0,520	0,770	0,520
55	0,520	0,550	0,450	0,820	0,460
56	0,450	0,560	0,540	0,840	0,470
57	0,460	0,600	0,520	0,750	0,470
58	0,520	0,630	0,520	0,700	0,510
59	0,510	0,650	0,530	0,850	0,490
60	0,500	0,620	0,480	0,780	0,440
61	0,520	0,560	0,530	0,730	0,440
62	0,510	0,600	0,470	0,850	0,460
63	0,430	0,650	0,470	0,720	0,480
64	0,510	0,660	0,480	0,830	0,460

65	0,480	0,650	0,540	0,740	0,520
66	0,500	0,630	0,480	0,770	0,430
67	0,490	0,610	0,480	0,710	0,470
68	0,440	0,650	0,500	0,760	0,490
69	0,430	0,550	0,540	0,800	0,520
70	0,490	0,610	0,490	0,780	0,510
71	0,460	0,550	0,540	0,720	0,470
72	0,450	0,610	0,490	0,850	0,460
73	0,490	0,630	0,500	0,740	0,440
74	0,510	0,660	0,450	0,820	0,460
75	0,500	0,650	0,470	0,790	0,470
76	0,480	0,650	0,460	0,810	0,480
77	0,460	0,550	0,510	0,840	0,490
78	0,470	0,590	0,450	0,760	0,520
79	0,460	0,570	0,460	0,820	0,480
80	0,500	0,570	0,530	0,850	0,520
81	0,440	0,620	0,510	0,840	0,480
82	0,480	0,630	0,450	0,740	0,510
83	0,470	0,550	0,540	0,700	0,440
84	0,450	0,570	0,470	0,700	0,490
85	0,510	0,640	0,450	0,830	0,430
86	0,430	0,600	0,530	0,720	0,440
87	0,470	0,610	0,550	0,720	0,520
88	0,500	0,570	0,500	0,770	0,460
89	0,520	0,560	0,480	0,850	0,470
90	0,480	0,640	0,490	0,830	0,520
91	0,460	0,560	0,540	0,790	0,510
92	0,470	0,650	0,450	0,760	0,520
93	0,430	0,600	0,450	0,760	0,460
94	0,440	0,640	0,530	0,710	0,490
95	0,500	0,590	0,490	0,750	0,430
96	0,490	0,560	0,500	0,830	0,490
97	0,480	0,560	0,450	0,820	0,520
98	0,470	0,610	0,480	0,810	0,510
99	0,480	0,630	0,510	0,800	0,470
100	0,5200	0,6300	0,5100	0,7500	0,4400

На рисунку 5.2 представлено гістограми розподілу значень інтегральних індексів $Y1$ – $Y5$, отриманих у результаті багаторазового імітаційного моделювання.

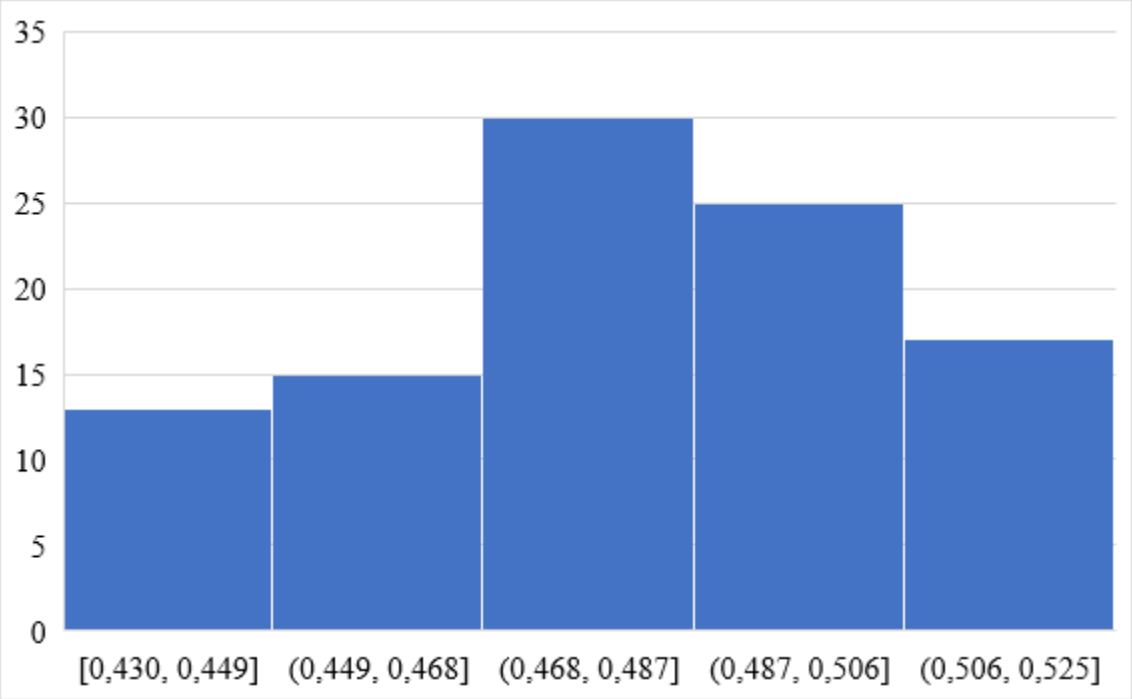


Рисунок 5.2. Гістограма розподілу інтегральних індексів економічної спроможності $Y1$- $Y5$.

Кожна гістограма відображає частотний розподіл значень відповідного показника в межах інтервалу варіації ±10% від базового рівня, що дозволяє оцінити характер можливих змін економічного стану підприємства за умов невизначеності. Усі інтегральні показники змінюються в нормалізованому діапазоні від 0 до 1, однак у межах проведеного експерименту їх варіації обмежені інтервалами, сформованими навколо базових значень. Це забезпечує реалістичність моделювання та відображає допустимі економічні коливання. Аналіз гістограм показує, що для всіх п’яти індексів найбільша концентрація значень припадає на центральні інтервали, близькі до базових значень. Це свідчить про те, що за умов випадкових варіацій параметрів система зберігає відносну стабільність, а значення показників не мають тенденції до різких зміщень у крайні області.

Для індексу фінансово-економічної спроможності $Y1$ розподіл значень має найбільшу щільність у середній частині діапазону. Це означає, що навіть при зміні вхідних умов більшість реалізацій зосереджена поблизу базового рівня, що свідчить про помірну стабільність фінансової складової. Індекс операційно-виробничої спроможності $Y2$ характеризується ширшим діапазоном можливих значень порівняно з $Y1$, що пов'язано з більшою чутливістю виробничих процесів до зовнішніх факторів. При цьому основна маса значень також зосереджена у центральній зоні, що вказує на відсутність критичних коливань. Для управлінської складової $Y3$ розподіл є відносно рівномірним, без різко виражених піків. Це свідчить про збалансованість управлінських процесів та їх відносну стійкість до змін параметрів моделі. Найбільш зміщеною у бік більших значень є гістограма для показника кадрової спроможності $Y4$. Це пояснюється тим, що базове значення цього індексу є найвищим серед усіх показників, а отже навіть за варіації параметрів він зберігає домінуючу позицію у структурі економічної спроможності підприємства. Індекс логістично-організаційної готовності $Y5$ має розподіл, подібний до $Y1$, що підтверджує близькість їх базових значень і схожий рівень чутливості до змін умов функціонування.

Загалом форма гістограм для всіх показників є близькою до симетричної, що свідчить про відсутність суттєвого зміщення розподілів у бік більших або менших значень. Це означає, що ймовірність покращення та погіршення відповідних складових економічної спроможності є приблизно однаковою. Концентрація значень у центральних інтервалах підтверджує, що система нечітко-логічного оцінювання демонструє стійкість до помірних змін параметрів. Водночас наявність значень у крайніх інтервалах показує, що за певних умов можливі помітні відхилення від базового стану, що відображає реальну економічну невизначеність. Отримані гістограми дозволяють перейти від одиничної детермінованої оцінки до ймовірнісного опису поведінки інтегральних індексів. Це є важливим етапом підготовки до подальшого

аналізу, оскільки результати моделювання формують статистичну основу для оцінювання стійкості управлінських рішень та стратегічних альтернатив.

Таким чином, розподіли значень $Y1$ – $Y5$ демонструють, що структура економічної спроможності підприємства зберігається навіть за умов варіативності параметрів, а основні відмінності між складовими носять стабільний характер і не зникають при імітаційному моделюванні.

У таблиці 5.3 наведено основні узагальнені статистичні характеристики інтегральних індексів $Y1$ – $Y5$, отримані за результатами багаторазового імітаційного моделювання.

Таблиця 5.3. Базові статистичні показники виконаної генерації.

Показник	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Середнє значення	0,4780	0,6039	0,4991	0,7733	0,4768
Медіана	0,4800	0,6050	0,5000	0,7700	0,4800
Стандартне відхилення	0,0291	0,0335	0,0314	0,0466	0,0292

До аналізу включено середнє значення, медіану та стандартне відхилення, що дозволяє оцінити типовий рівень показників, їх центральну тенденцію та ступінь варіативності.

Порівняння середніх значень із базовими показниками свідчить про їх практично повну відповідність, що підтверджує коректність моделі імітаційного моделювання. Це означає, що випадкові варіації параметрів не спричиняють системного зміщення результатів у бік завищення або заниження оцінок. Найвищим залишається показник кадрової спроможності $Y4$, що підтверджує домінуючу роль кадрового потенціалу у структурі економічної спроможності підприємства. Другу позицію займає операційно-виробничий показник $Y2$, який характеризує достатньо високий рівень виробничих можливостей. Фінансова складова $Y1$, управлінська складова $Y3$ та логістична

готовність $Y5$ формують середній рівень розвитку, що вказує на відносну збалансованість системи.

Близькість медіани до середнього значення для всіх показників свідчить про симетричність розподілів. Це означає, що результати моделювання не мають суттєвих перекосів у бік більших або менших значень. Така структура розподілу є характерною для стабільних систем і підтверджує, що: значення показників рівномірно розподілені навколо центральної області; відсутні різко виражені екстремальні значення; модель не створює штучних зміщень. Особливо важливо, що для показника $Y3$ медіана дорівнює 0,5000, що підтверджує його збалансований характер та відсутність системного домінування у будь-якому напрямку.

Найбільшу варіативність має кадрова складова $Y4$. Це пояснюється тим, що вона має найвище базове значення; кадрові процеси є чутливими до змін умов діяльності; людський фактор має природну нестабільність. Виробнича складова $Y2$ також демонструє відносно підвищену варіативність, що відображає залежність виробничих процесів від завантаження підприємства; наявності замовлень; ресурсних обмежень. Найменші значення стандартного відхилення характерні для показників $Y1$ та $Y5$. Це означає, що фінансова та логістична складові змінюються менш різко в межах заданого інтервалу варіації.

Отримані значення стандартного відхилення є відносно невеликими для всіх індексів. Це свідчить про:

- помірну чутливість моделі до змін параметрів;
- відсутність різких коливань результатів;
- загальну стабільність інтегральних оцінок.

Таким чином, навіть при зміні вхідних умов у межах ±10% структура економічної спроможності підприємства зберігається.

Проведений аналіз дозволяє зробити такі узагальнення. Середні значення інтегральних індексів практично збігаються з базовими оцінками, що підтверджує коректність імітаційної процедури. Близькість медіани до

середнього значення свідчить про симетричність розподілів і відсутність суттєвих перекосів. Стандартні відхилення мають помірні значення, що характеризує відносну стабільність системи. Найбільш варіативною складовою є кадровий потенціал $Y4$, тоді як фінансова та логістична складові демонструють більш стабільну поведінку.

Отримані статистичні характеристики підтверджують, що інтегральні індекси економічної спроможності є достатньо стійкими до помірних змін умов функціонування підприємства, що створює надійну основу для подальшого використання цих показників у моделях стратегічного аналізу та прийняття управлінських рішень.

На рисунку 5.3 наведено порівняння середніх значень, медіан та стандартних відхилень інтегральних показників $Y1$–$Y5$, отриманих у результаті імітаційного моделювання.

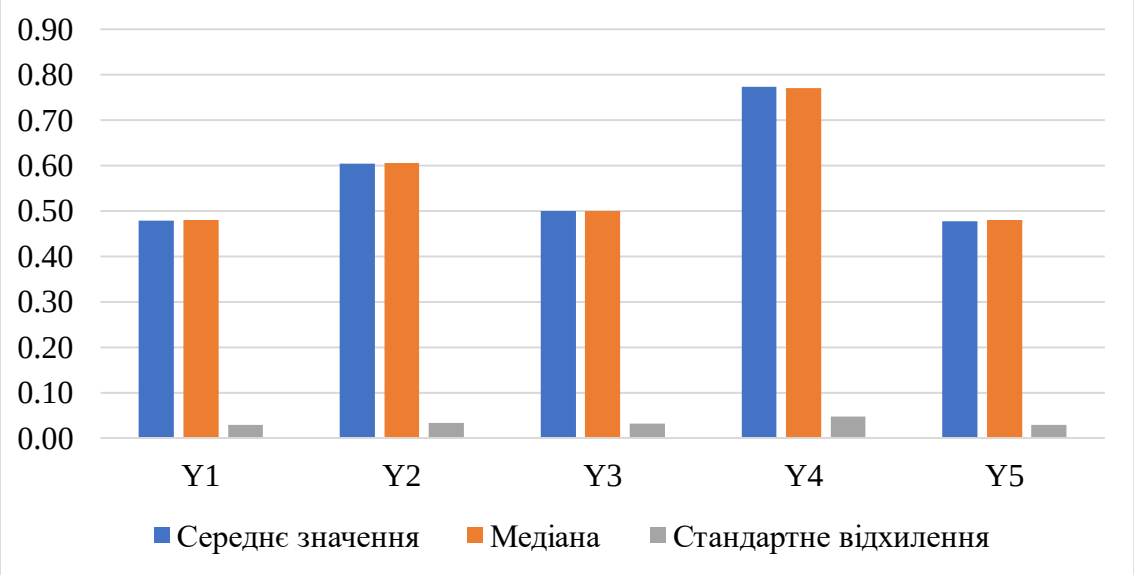


Рисунок 5.3. Порівняльна діаграма основних статистичних характеристик інтегральних індексів економічної спроможності.

Практично повний збіг середніх значень і медіан свідчить про симетричність розподілів, тоді як відносно невеликі значення стандартного відхилення підтверджують стабільність показників та помірну чутливість системи до варіації вхідних параметрів. Найбільша варіативність

спостерігається для кадрової складової, що вказує на її більшу залежність від змін умов функціонування підприємства.

Таблиця 5.4. Статистичні межі змін, діапазони варіації та перцентильні оцінки інтегральних індексів $Y1$–$Y5$.

Показник	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Мінімальне значення	0,43	0,55	0,45	0,7	0,43
Максимальне значення	0,52	0,66	0,55	0,85	0,52
Діапазон	0,09	0,11	0,1	0,15	0,09
Перцентиль 25%	0,45	0,57	0,47	0,7375	0,45
Перцентиль 75%	0,5025	0,63	0,53	0,82	0,5
Перцентиль 95%	0,52	0,6505	0,54	0,85	0,52

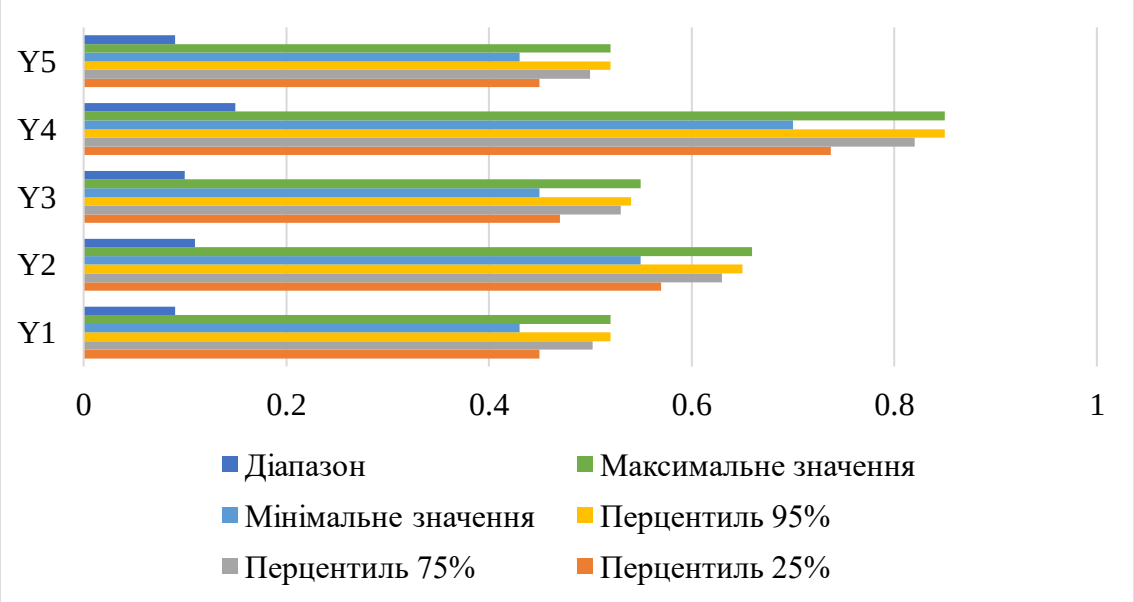


Рисунок 5.4. Діапазони варіації, граничні значення та перцентильні характеристики інтегральних показників.

Наведені в таблиці та на рисунку 5.4 результати відображають поглиблену статистичну характеристику варіативності інтегральних показників економічної спроможності будівельного підприємства, отриманих

у результаті імітаційного моделювання. Для кожного індексу визначено мінімальні та максимальні значення, діапазон змін, а також перцентильні оцінки (25%, 75% і 95%), що дозволяє комплексно описати поведінку показників у середовищі невизначеності. На відміну від аналізу лише середніх значень, наведені характеристики дають змогу оцінити не тільки типовий рівень розвитку окремих складових, але й межі їх можливих відхилень, щільність розподілу значень та потенційну чутливість до змін зовнішніх і внутрішніх умов функціонування підприємства.

Мінімальні значення інтегральних показників формують нижню межу можливого стану підприємства за несприятливих умов. Ці значення відображають ситуації, за яких відповідні складові функціонування підприємства зазнають найбільшого негативного впливу змін параметрів. Максимальні значення, навпаки, характеризують потенційно найкращі стани системи. Особливо помітно, що навіть за максимальних умов кадрова складова $Y4$ залишається найвищою серед усіх показників, що підтверджує її домінуючу роль у загальній структурі економічної спроможності підприємства.

Діапазон варіації відображає абсолютну ширину можливих змін показника. Найбільший діапазон характерний для показника $Y4$. Це означає, що кадрова складова має найбільшу амплітуду потенційних змін. Такий результат можна пояснити тим, що людський фактор є найбільш чутливим до організаційних, економічних і соціальних змін. Другу позицію за варіативністю займає виробнича складова $Y2$, що відображає залежність виробничих процесів від завантаження підприємства; доступності ресурсів; стабільності замовлень. Найменші діапазони спостерігаються для $Y1$ і $Y5$, що свідчить про їх відносну стабільність навіть при зміні умов.

Перцентиль 25% відображає рівень, нижче якого знаходиться чверть усіх змодельованих значень. Це своєрідна межа “помірно несприятливих” сценаріїв. Отримані значення свідчать, що навіть у нижній частині розподілу система не переходить у критично низькі області. Перцентиль 75% відображає

рівень, який перевищується лише у 25% випадків. Інтервал між 25% і 75% перцентилями є найбільш інформативним, оскільки в ньому зосереджена основна маса значень. Найширший інтервал спостерігається для $Y4$, що підтверджує підвищену мінливість кадрової складової. Перцентиль 95% характеризує верхню межу можливих значень за сприятливих умов. Це означає, що навіть у найбільш оптимістичних сценаріях структура відносних співвідношень між показниками зберігається.

Графічне відображення результатів дозволяє наочно оцінити співвідношення між мінімальними, максимальними та перцентильними значеннями. Видно, що всі показники мають чітко визначену центральну область, у якій зосереджена основна частина реалізацій. Найбільш “витягнутою” є структура показника $Y4$, що підтверджує його підвищену чутливість до варіації вхідних параметрів. Водночас показники $Y1$ і $Y5$ мають більш компактний розподіл, що свідчить про їх стабільніший характер.

Отримані результати дозволяють зробити низку важливих висновків. Структура економічної спроможності підприємства залишається відносно стабільною навіть при варіації параметрів у межах ±10%. Найбільш мінливою складовою є кадровий потенціал, що підтверджується найбільшим діапазоном і широкими перцентильними інтервалами. Виробнича складова займає проміжне положення за рівнем варіативності. Фінансова та логістична складові демонструють найбільш компактні розподіли значень і, відповідно, більшу стабільність. Основна маса значень для всіх індексів зосереджена у центральній частині діапазонів, що свідчить про відсутність різких нестабільних станів системи.

У цілому проведений аналіз підтверджує, що інтегральні показники характеризуються помірною варіативністю та зберігають свою структурну ієрархію навіть за умов параметричної невизначеності. Це створює надійну основу для подальшого використання результатів імітаційного моделювання у задачах стратегічного аналізу та багатокритеріального вибору управлінських рішень.

Таблиця 5.5. Статистичні характеристики форми розподілу інтегральних індексів економічної спроможності.

Показник	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Коефіцієнт варіації	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Коефіцієнт асиметрії	-0,1684	-0,0388	-0,1168	0,0524	-0,1447
Ексцес	-1,2259	-1,1613	-1,2325	-1,2893	-1,2187

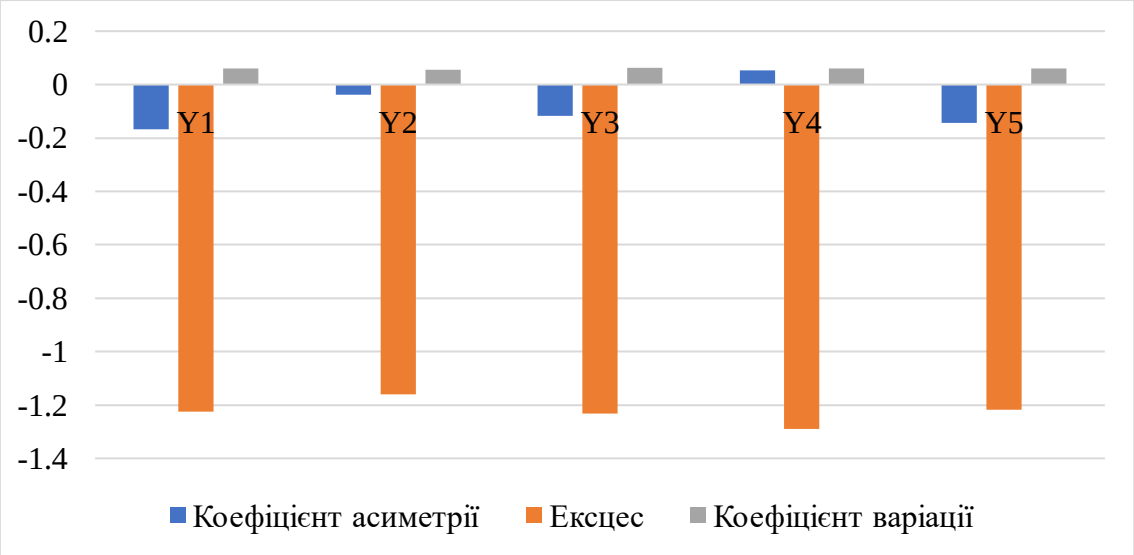


Рисунок 5.5. Порівняльна оцінка асиметрії, ексцесу та коефіцієнтів варіації інтегральних показників.

У таблиці та на рисунку 5.5 наведено результати оцінювання додаткових статистичних характеристик розподілу інтегральних показників економічної спроможності будівельного підприємства, отриманих у процесі імітаційного моделювання. До аналізу включено коефіцієнти варіації, асиметрії та ексцесу, що дозволяє дослідити не лише рівень коливань показників, але й форму їх розподілу.

Коефіцієнт варіації для всіх показників має однакове значення CV=0,06

Це означає, що відносна величина коливань становить лише близько 6% від середнього рівня. Такий результат свідчить про високу стабільність інтегральних індексів та їх низьку чутливість до змін вхідних параметрів у межах заданого інтервалу варіації. Однакові значення коефіцієнтів варіації пояснюються тим, що при моделюванні для всіх показників використовувався однаковий відносний діапазон змін (±10%). Унаслідок цього система демонструє узгоджену реакцію на зміну умов функціонування, без суттєвих перекосів у стабільності окремих складових. З практичної точки зору це означає, що жодна зі складових економічної спроможності не демонструє критично високої нестабільності; структура системи залишається стійкою при помірних змінах параметрів; інтегральні показники можуть вважатися надійною основою для подальшого стратегічного аналізу.

Отримані результати свідчать, що всі показники асиметрії мають значення асиметрії, близькі до нуля. Це означає, що розподіли значень є майже симетричними та не мають суттєвого зміщення в бік більших або менших значень. Для більшості індексів спостерігається незначна лівостороння асиметрія (від'ємні значення), що означає дещо більшу концентрацію значень у верхній частині діапазону. Іншими словами, у процесі моделювання частіше формуються значення, близькі до верхніх меж допустимих змін, ніж до нижніх. Єдиним показником із незначною правосторонньою асиметрією є $Y4$. Це може свідчити про те, що кадрова складова має трохи більшу ймовірність відхилення в бік зменшення порівняно з іншими показниками. Водночас величина асиметрії є дуже малою, тому не можна говорити про суттєве зміщення розподілу. У цілому значення коефіцієнтів асиметрії свідчать про те, що розподіли значень інтегральних індексів є близькими до симетричних, що підтверджує збалансований характер імітаційного процесу.

Значення ексцесу для всіх показників є від'ємними. Від'ємний ексцес означає, що розподіли мають більш "плоску" форму порівняно з нормальним розподілом. Це означає меншу концентрацію значень у центральній точці; більш рівномірний розподіл у межах діапазону; меншу ймовірність появи

різких піків. Такий характер розподілу є типовим для моделей, у яких значення генеруються в обмежених інтервалах. Це також означає, що система не схильна до формування екстремальних значень. Особливо важливим є те, що всі показники мають близькі значення ексцесу. Це свідчить про узгоджений характер розподілу та подібну реакцію всіх складових економічної спроможності на варіацію параметрів.

Комплексний аналіз трьох статистичних характеристик дозволяє зробити такі висновки. Низькі значення коефіцієнтів варіації підтверджують стабільність інтегральних показників. Значення асиметрії, близькі до нуля, свідчать про симетричність розподілів. Від'ємні значення ексцесу вказують на рівномірний розподіл значень у межах інтервалів і відсутність різких екстремальних відхилень. У сукупності ці результати підтверджують, що імітаційна модель формує статистично стійку систему оцінювання, у якій інтегральні показники змінюються в межах прогнозованих інтервалів і не демонструють критичних коливань. Це означає, що отримані індекси є достатньо надійними та можуть використовуватися як вхідні параметри для подальших етапів дослідження, зокрема для багатокритеріального обґрунтування стратегічних рішень та аналізу сценаріїв розвитку будівельного підприємства.

У таблиці 5.6 представлено результати оцінювання довірчих інтервалів середніх значень інтегральних показників економічної спроможності будівельного підприємства $Y1$–$Y5$, отриманих за результатами імітаційного моделювання.

Таблиця 5.6. Межі довірчих інтервалів та величини похибок середніх значень інтегральних індексів.

Показник	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Довірчий інтервал середнього 95% (-)	0,4723	0,5129	0,4216	0,6453	0,4108

Довірчий інтервал середнього 95% (+)	0,4837	0,6949	0,5766	0,9013	0,5428
Верхня похибка	0,0057	0,0910	0,0775	0,1280	0,0660
Нижня похибка	0,0057	0,0910	0,0775	0,1280	0,0660

Побудова довірчих інтервалів із рівнем довіри 95% дозволяє визначити діапазон, у межах якого з високою ймовірністю знаходиться істинне середнє значення кожного показника. Графічно ці інтервали відображені у вигляді вертикальних відрізків (похибок), що показують межі можливого коливання середніх значень. Такий підхід дозволяє наочно оцінити рівень статистичної стабільності інтегральних індексів та порівняти ступінь їх чутливості до зміни вхідних параметрів.

Для фінансово-економічної складової довірчий інтервал має межі $0{,}4723 \leq Y1 \leq 0{,}4837$. Це свідчить про дуже вузьку область можливих коливань середнього значення. Верхня та нижня похибки становлять лише 0,0057, що є найменшим значенням серед усіх показників. Такий результат підтверджує високу стабільність фінансово-економічної складової та її низьку чутливість до випадкових змін параметрів моделі. Для операційно-виробничого показника інтервал значно ширший $0{,}5129 \leq Y2 \leq 0{,}6949$. Величина похибки становить 0,0910. Це означає, що виробнича складова є помітно більш чутливою до змін умов функціонування підприємства. Такий результат є логічним, оскільки виробничі процеси значною мірою залежать від зовнішніх факторів, таких як обсяг замовлень, наявність ресурсів та організація робіт. Для управлінської складової довірчий інтервал становить $0{,}4216 \leq Y3 \leq 0{,}5766$. При цьому величина похибки дорівнює 0,0775. Це свідчить про середній рівень варіативності управлінських характеристик. Управлінська система є достатньо стабільною, проте її ефективність може змінюватися залежно від організаційних рішень і внутрішніх трансформацій. Найбільший довірчий інтервал спостерігається для показника кадрової спроможності $0{,}6453 \leq Y4 \leq 0{,}9013$. Верхня та нижня похибки становлять 0,1280, що є максимальним значенням серед усіх індексів. Це означає, що кадрова складова має

найбільший потенціал варіації. Такий результат підтверджує високу залежність людського ресурсу від умов функціонування підприємства, рівня мотивації персоналу, змін у структурі зайнятості та організаційної стабільності. Для логістично-організаційної складової інтервал становить $0{,}4108 \leq Y5 \leq 0{,}5428$. Величина похибки дорівнює 0,0660, що вказує на помірний рівень варіативності. Це свідчить про те, що логістичні процеси мають середню чутливість до змін умов функціонування підприємства.

Порівняння величин похибок дозволяє визначити відносну стабільність окремих складових економічної спроможності. Найменша ширина довірчого інтервалу характерна для показника $Y1$, що свідчить про його найвищу статистичну стабільність. Найбільша ширина інтервалу спостерігається для $Y4$, що вказує на значну варіативність кадрового потенціалу. Це підтверджує, що саме людський фактор є найбільш динамічним елементом у структурі підприємства. Показники $Y2$, $Y3$ та $Y5$ займають проміжне положення, демонструючи помірний рівень чутливості до змін.

На рисунку 5.6 наочно відображено співвідношення середніх значень та довірчих інтервалів.

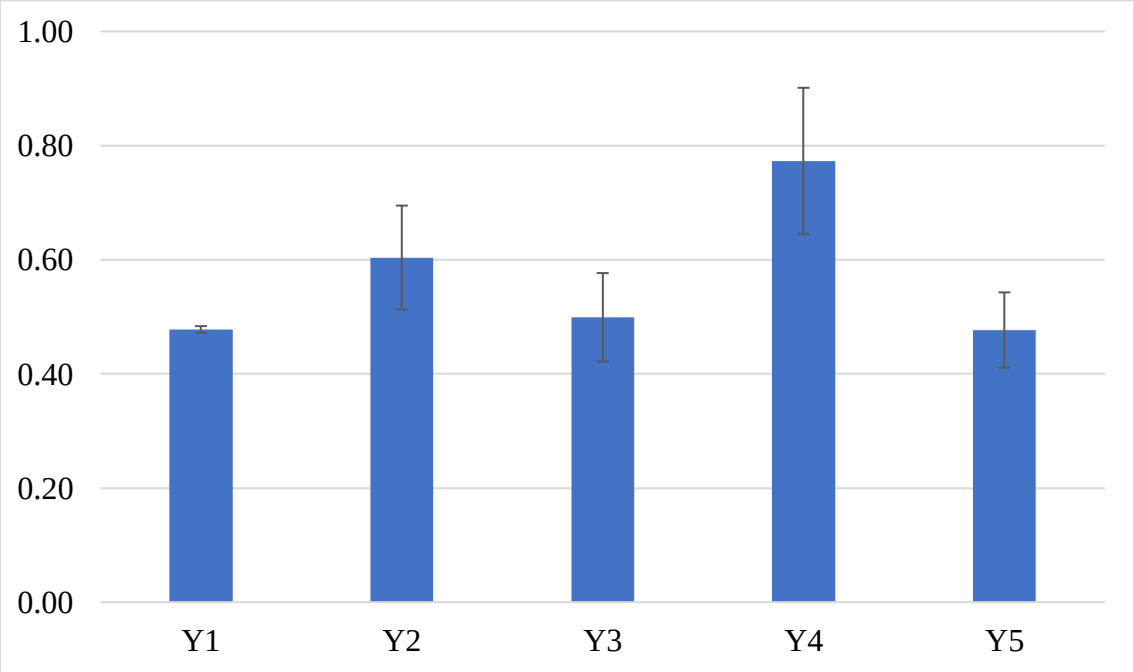


Рисунок 5.6. Довірчі інтервали середніх значень інтегральних показників економічної спроможності (рівень довіри 95%).

Висота стовпців показує середній рівень показника, а вертикальні відрізки – можливі межі коливань. Добре помітно, що: для $Y1$похибка мінімальна і майже непомітна; для $Y4$ інтервал значно ширший, що вказує на високу мінливість; інші показники мають середню ширину довірчих інтервалів. Це дозволяє зробити висновок, що структура економічної спроможності підприємства зберігається навіть при статистичному врахуванні невизначеності.

Отримані результати дозволяють сформулювати такі узагальнення. Довірчі інтервали для всіх показників залишаються в межах допустимого діапазону, що підтверджує стабільність моделі. Найбільш стабільною складовою є фінансово-економічний блок. Найбільшу варіативність демонструє кадровий потенціал підприємства. Виробнича, управлінська та логістична складові мають помірний рівень нестабільності. У цілому аналіз довірчих інтервалів підтверджує, що інтегральні показники $Y1$ – $Y5$ мають достатній рівень статистичної надійності, а їх середні значення можуть використовуватися як репрезентативні оцінки при подальшому стратегічному аналізі та моделюванні управлінських рішень.

5.2. Симуляційне дослідження стійкості вагових коефіцієнтів у моделі AHP.

У процесі багатокритеріального обґрунтування управлінських рішень у будівельній галузі одним із ключових етапів є визначення вагових коефіцієнтів критеріїв, що характеризують відносну важливість окремих складових економічної спроможності підприємства. У рамках застосування методу аналізу ієрархій (AHP) такі ваги формуються на основі матриці попарних порівнянь, яка відображає експертні судження щодо пріоритетності критеріїв.

Отриманий у результаті розрахунків вектор ваг характеризує структуру значущості інтегральних показників Y1–Y5 у системі оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств. Однак на відміну від технічних або

фінансових параметрів, вагові коефіцієнти мають суб'єктивну природу, оскільки формуються на основі експертних оцінок. Це означає, що їхні значення не є абсолютно фіксованими і можуть змінюватися залежно від складу експертної групи, досвіду фахівців, умов функціонування галузі та інтерпретації критеріїв.

У реальних умовах прийняття управлінських рішень неможливо припустити, що експертні судження є абсолютно точними і незмінними. Навіть незначні коливання в оцінках важливості критеріїв можуть призводити до зміни структури пріоритетів і, як наслідок, впливати на результати багатокритеріального аналізу. У зв'язку з цим постає науково-практична задача дослідження стійкості моделі АНР до варіації вагових коефіцієнтів.

Метою даного етапу дослідження є оцінювання чутливості системи ваг, отриманих методом АНР, до можливих відхилень, зумовлених суб'єктивністю експертних суджень, а також аналіз стабільності структури пріоритетів критеріїв у межах допустимого діапазону змін. Для розв'язання поставленої задачі запропоновано застосувати метод імітаційного моделювання Монте Карло, який дозволяє розглядати вагові коефіцієнти не як фіксовані величини, а як випадкові змінні, що можуть коливатися в заданих інтервалах навколо базових значень. Такий підхід дає змогу перейти від статичної інтерпретації результатів АНР до стохастичного аналізу їх надійності.

Вихідними даними для імітаційного моделювання є базові значення ваг критеріїв, отримані на основі матриці попарних порівнянь:

$$\mathbf{w} = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5), \tag{5.1}$$

де w_1 – вага фінансово-економічної складової, w_2 – вага операційно-виробничої складової, w_3 – вага управлінської складової, w_4 – вага кадрової складової,w_5 – вага логістично-організаційної складової.

З метою врахування невизначеності експертних оцінок кожну вагу розглянуто як випадкову величину, що може змінюватися в межах інтервалу, симетричного відносно її базового значення. У дослідженні прийнято

припущення, що допустимий рівень варіації становить ±20% від початкового значення. Таким чином, для кожного коефіцієнта формується інтервальна область можливих значень:

$$w_j^{min} = 0{,}8 \cdot w_j, \qquad w_j^{max} = 1{,}2 \cdot w_j, \qquad j = 1, \ldots, 5. \tag{5.2}$$

У межах зазначених інтервалів вагові коефіцієнти генеруються як випадкові величини в процесі багаторазових ітерацій. Однак після такої генерації їх сума, як правило, не дорівнює одиниці, що суперечить базовій умові методу AHP, згідно з якою ваги повинні утворювати нормований вектор пріоритетів.

$$\sum_{j=1}^{5} w_j = 1, \qquad w_j \geq 0. \tag{5.3}$$

Для забезпечення цієї умови після генерації випадкових значень виконується процедура нормалізації, що дозволяє зберегти логічну узгодженість моделі та інтерпретаційну коректність отриманих результатів. Нехай на певній ітерації отримано попередні (ненормовані) значення ваг:

$$\tilde{w}_1,\ \tilde{w}_2,\ \tilde{w}_3,\ \tilde{w}_4,\ \tilde{w}_5 \tag{5.4}$$

Тоді нормалізовані ваги обчислюються за формулою:

$$w_j = \frac{\tilde{w}_j}{\sum_{k=1}^{5} \tilde{w}_k}, \quad j = 1, \ldots, 5 \tag{5.5}$$

де $\tilde{w}_j$ – випадково згенероване значення ваги, w_j – нормалізоване значення ваги,

$\sum_{k=1}^{5} \tilde{w}_k$ – сума всіх згенерованих ваг на поточній ітерації.

У результаті цієї операції зберігається відносна структура ваг, але їхня сума приводиться до одиниці, що забезпечує коректність подальших розрахунків у моделі AHP.

Запропонований підхід дозволяє розглядати систему ваг не як єдину детерміновану структуру, а як множину можливих реалізацій, що відображають варіативність експертних суджень у реальних умовах. У результаті проведення серії ітерацій формується статистичний розподіл вагових коефіцієнтів, на основі якого можна оцінити:

– ступінь стабільності окремих критеріїв у структурі пріоритетів;

– можливі зміни рангового порядку ваг при варіації експертних оцінок;

– чутливість моделі до коливань у визначенні важливості критеріїв;

– надійність сформованої системи ваг як основи для подальшого багатокритеріального аналізу.

На відміну від повної стохастичної імітації матриць попарних порівнянь, запропонований підхід є методично спрощеним, проте достатньо інформативним для аналізу стійкості результатів. Його перевага полягає у можливості безпосереднього використання вже отриманих базових ваг AHP та інтеграції з попереднім імітаційним моделюванням, виконаним для нечітко-логічних індексів Y1–Y5.

Таким чином, постановка задачі імітаційного дослідження полягає у формуванні статистично обґрунтованої оцінки варіативності вагових коефіцієнтів AHP за умов невизначеності експертних суджень і визначенні ступеня стабільності структури пріоритетів критеріїв економічної спроможності будівельних підприємств. Отримані результати дозволяють перейти від точкової оцінки до інтервального представлення ваг, що підвищує обґрунтованість подальших управлінських висновків і забезпечує більшу адаптивність моделі до змін умов функціонування галузі. У процесі імітаційного моделювання вагові коефіцієнти критеріїв генеруються як випадкові величини в межах заданих інтервалів. Однак після такої генерації їх сума, як правило, не дорівнює одиниці, що суперечить базовій умові методу AHP, згідно з якою ваги повинні утворювати нормований вектор пріоритетів.

Таблиця 5.7. Базові значення вагових коефіцієнтів критеріїв AHP та межі їх варіації в імітаційному дослідженні (±20%).

	Значення	Min (-20%)	Max (+20%)
w1	0,172	0,1376	0,2064
w2	0,247	0,1976	0,2964
w3	0,078	0,0624	0,0936
w4	0,383	0,3064	0,4596
w5	0,12	0,0960	0,1440

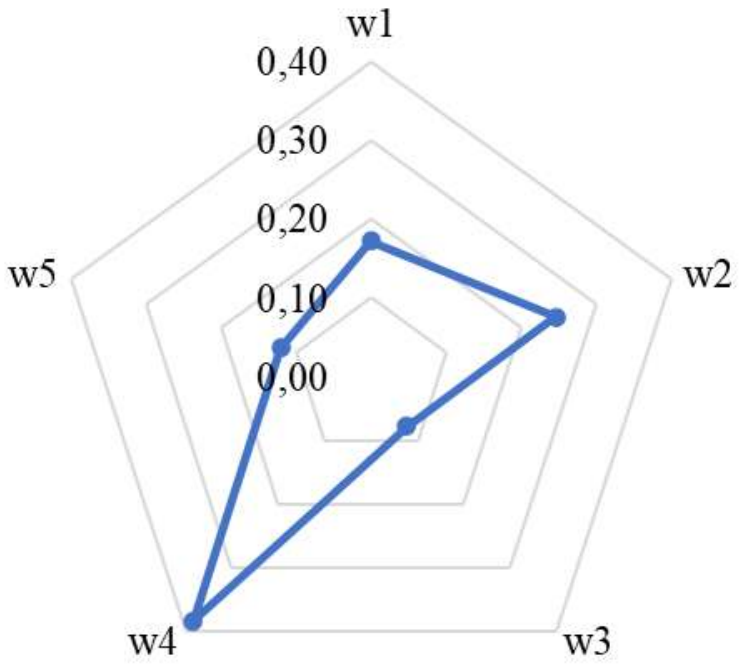


Рисунок 5.7. Структура базового вектора ваг критеріїв економічної спроможності, отриманого методом AHP.

Отримані результати імітаційного аналізу (таблиця 5.7) демонструють початкову структуру вагових коефіцієнтів критеріїв, сформовану на основі експертних попарних порівнянь у межах методу аналізу ієрархій. Базовий вектор ваг відображає відносну значущість ключових складових економічної спроможності будівельних підприємств і є відправною точкою для подальшого стохастичного дослідження їх стійкості. Представлена в таблиці

система значень та інтервалів варіації формує формалізоване підґрунтя для переходу від детермінованого опису до аналізу невизначеності.

Найбільше значення у структурі ваг має критерій w4, що відповідає кадровій складовій, із базовою вагою 0,383. Це свідчить про те, що саме людський потенціал, кваліфікація персоналу, організація праці та управління трудовими ресурсами відіграють ключову роль у формуванні економічної спроможності підприємств галузі. Значення w4 суттєво перевищує ваги інших критеріїв, що означає домінуючу позицію цього фактору в інтегральній структурі пріоритетів. Навіть з урахуванням допустимого інтервалу варіації ±20% його нижня межа (0,3064) залишається вищою за більшість інших базових значень, що свідчить про потенційну стабільність цього критерію в ранговій ієрархії.

Другою за значущістю є операційно-виробнича складова (w2 = 0,247). Її позиція відображає важливість ефективності виробничих процесів, технічної оснащеності, рівня організації виконання робіт та продуктивності. У контексті будівельної галузі цей показник логічно займає одну з провідних позицій, оскільки безпосередньо пов’язаний із реалізацією основної діяльності підприємства. При цьому інтервал можливих значень (0,1976–0,2964) є достатньо широким, що вказує на потенційну чутливість цього критерію до змін експертних оцінок. У процесі імітаційного моделювання це може призводити до часткового зближення його значущості з іншими критеріями середнього рівня.

Фінансово-економічна складова (w1 = 0,172) займає третю позицію в базовій структурі. Це значення свідчить про те, що фінансові показники, ліквідність, рентабельність та інші економічні характеристики розглядаються експертами як важливі, але не визначальні чинники. Така структура може відображати специфіку галузі, де довгострокова стійкість підприємства значною мірою залежить від кадрового та виробничого потенціалу, тоді як фінансові показники є наслідком ефективності цих базових ресурсів. Інтервал варіації для w1 (0,1376–0,2064) демонструє помірний рівень невизначеності та

вказує на відносно стабільну позицію цього критерію в середній частині ієрархії.

Логістично-організаційна складова (w5 = 0,12) характеризується нижчим рівнем значущості порівняно з попередніми критеріями, але водночас не є маргінальною. Її роль пов’язана з ефективністю координації ресурсів, організацією постачання, управлінням потоками матеріалів і взаємодією між підрозділами. Межі варіації (0,0960–0,1440) показують, що навіть при зміні експертних оцінок цей критерій з великою ймовірністю залишатиметься у нижній половині структури ваг, хоча може періодично наближатися до фінансово-економічної складової за рівнем значущості.

Найменшу вагу в базовому векторі має управлінська складова (w3 = 0,078). Це означає, що за результатами експертного оцінювання саме цей фактор отримав найнижчий пріоритет у загальній системі. Інтервал можливих значень (0,0624–0,0936) є відносно вузьким, що вказує на обмежений потенціал зміни його позиції навіть при варіації експертних суджень. У більшості імітаційних реалізацій цей критерій, ймовірно, залишатиметься останнім або передостаннім у ранговій структурі.

Графічне представлення базового вектора ваг у вигляді радарної діаграми (рисунок 5.7) дозволяє наочно оцінити форму та асиметрію структури пріоритетів. Діаграма чітко демонструє домінування кадрової складової, помітну роль операційно-виробничого фактору та поступове зменшення значущості інших критеріїв. Така форма полігону є нерівномірною, що підтверджує відсутність збалансованості між складовими та наявність чітко виражених центрів впливу в системі.

З точки зору інтерпретації, така структура може вважатися логічною для будівельної галузі, де результативність діяльності значною мірою залежить від кваліфікації працівників, організації виробничих процесів і здатності підприємства ефективно використовувати людський капітал. Водночас фінансові, логістичні та управлінські аспекти виступають як підтримуючі

компоненти, що забезпечують стабільність функціонування, але не визначають її безпосередньо.

Введення інтервальних меж для кожної ваги є ключовим елементом переходу до стохастичного аналізу. Значення ±20% від базового рівня формують простір можливих реалізацій, у якому можуть змінюватися експертні оцінки. Такий підхід відображає реальну ситуацію, коли різні експертні групи можуть по-різному трактувати відносну важливість критеріїв. Наприклад, у періоди економічної нестабільності фінансова складова може отримувати вищий пріоритет, тоді як у періоди активного розвитку галузі зростає роль кадрового та виробничого потенціалу. Нормалізація ваг після генерації випадкових значень забезпечує методичну коректність моделі та зберігає відносну структуру пріоритетів. Це означає, що в процесі імітаційного моделювання змінюється не тільки абсолютна величина кожної ваги, але й їх співвідношення. У результаті формується множина можливих конфігурацій, які відображають різні сценарії експертного оцінювання.

Отримані базові значення та інтервали варіації дозволяють зробити кілька узагальнюючих висновків. По-перше, структура ваг є виражено ієрархічною, із чітким домінуванням одного критерію. По-друге, середні критерії (w1, w2, w5) мають потенціал до взаємного зближення за значущістю при варіації оцінок. По-третє, найменший критерій (w3) характеризується найвищою стабільністю своєї позиції, оскільки навіть максимальне збільшення не дозволяє йому наблизитися до провідних складових.

З методичної точки зору ці результати підтверджують доцільність подальшого використання імітаційного моделювання Монте Карло для аналізу стійкості системи ваг. Наявність інтервальних меж створює основу для статистичного дослідження, у межах якого можна оцінити частоту збереження рангового порядку, ймовірність зміни домінуючих позицій та загальну чутливість моделі до суб’єктивних коливань у судженнях експертів.

Таким чином, сформований базовий вектор ваг разом із визначеними межами їх варіації виступає початковим станом стохастичної системи, що

дозволяє перейти до кількісного аналізу надійності отриманої структури пріоритетів. Це забезпечує більш глибоке розуміння не лише самих значень ваг, але й ступеня їхньої стабільності, що є критично важливим для подальшого багатокритеріального оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств.

Таблиця 5.8. Імітаційне моделювання вагових коефіцієнтів (100 ітерацій)

Н п/п	w1	w2	w3	w4	w5
1	0,176	0,264	0,088	0,352	0,121
2	0,171	0,257	0,076	0,390	0,105
3	0,194	0,252	0,087	0,350	0,117
4	0,147	0,255	0,078	0,392	0,127
5	0,150	0,234	0,075	0,421	0,121
6	0,202	0,255	0,074	0,351	0,117
7	0,147	0,274	0,074	0,400	0,105
8	0,183	0,269	0,075	0,366	0,108
9	0,217	0,228	0,087	0,337	0,130
10	0,200	0,270	0,080	0,340	0,110
11	0,207	0,217	0,076	0,348	0,152
12	0,192	0,202	0,071	0,404	0,131
13	0,170	0,240	0,080	0,370	0,140
14	0,192	0,192	0,077	0,413	0,125
15	0,173	0,250	0,087	0,375	0,115
16	0,143	0,286	0,071	0,357	0,143
17	0,181	0,229	0,067	0,429	0,095
18	0,192	0,240	0,067	0,375	0,125
19	0,141	0,293	0,081	0,343	0,141
20	0,170	0,255	0,075	0,368	0,132
21	0,211	0,242	0,074	0,358	0,116
22	0,186	0,247	0,093	0,361	0,113
23	0,208	0,260	0,083	0,333	0,115
24	0,155	0,206	0,072	0,433	0,134
25	0,185	0,228	0,076	0,402	0,109
26	0,190	0,250	0,090	0,370	0,100
27	0,130	0,259	0,074	0,417	0,120
28	0,133	0,276	0,076	0,419	0,095

29	0,174	0,250	0,087	0,380	0,109
30	0,187	0,271	0,084	0,336	0,121
31	0,204	0,204	0,092	0,357	0,143
32	0,183	0,248	0,064	0,404	0,101
33	0,137	0,245	0,069	0,441	0,108
34	0,154	0,242	0,088	0,396	0,121
35	0,165	0,223	0,078	0,417	0,117
36	0,174	0,257	0,083	0,394	0,092
37	0,139	0,250	0,083	0,407	0,120
38	0,149	0,228	0,089	0,416	0,119
39	0,152	0,293	0,081	0,343	0,131
40	0,143	0,229	0,086	0,429	0,114
41	0,163	0,293	0,076	0,348	0,120
42	0,180	0,216	0,072	0,405	0,126
43	0,143	0,229	0,076	0,419	0,133
44	0,160	0,245	0,096	0,351	0,149
45	0,147	0,242	0,095	0,400	0,116
46	0,204	0,247	0,086	0,333	0,129
47	0,175	0,223	0,078	0,388	0,136
48	0,202	0,234	0,085	0,340	0,138
49	0,178	0,218	0,069	0,406	0,129
50	0,177	0,248	0,062	0,398	0,115
51	0,160	0,223	0,096	0,404	0,117
52	0,165	0,223	0,078	0,437	0,097
53	0,155	0,268	0,093	0,381	0,103
54	0,169	0,225	0,090	0,382	0,135
55	0,173	0,245	0,092	0,347	0,143
56	0,160	0,290	0,070	0,340	0,140
57	0,147	0,221	0,084	0,421	0,126
58	0,148	0,259	0,083	0,398	0,111
59	0,186	0,206	0,088	0,402	0,118
60	0,168	0,242	0,084	0,400	0,105
61	0,149	0,245	0,085	0,394	0,128
62	0,194	0,204	0,087	0,417	0,097
63	0,179	0,259	0,080	0,366	0,116
64	0,202	0,212	0,091	0,394	0,101
65	0,172	0,226	0,086	0,366	0,151
66	0,183	0,248	0,083	0,385	0,101
67	0,192	0,232	0,091	0,384	0,101
68	0,190	0,248	0,086	0,343	0,133

69	0,167	0,271	0,083	0,365	0,115
70	0,156	0,281	0,073	0,365	0,125
71	0,160	0,264	0,066	0,406	0,104
72	0,181	0,190	0,076	0,429	0,124
73	0,213	0,234	0,074	0,372	0,106
74	0,198	0,240	0,094	0,333	0,135
75	0,167	0,260	0,083	0,375	0,115
76	0,146	0,240	0,094	0,375	0,146
77	0,157	0,222	0,083	0,407	0,130
78	0,194	0,247	0,075	0,355	0,129
79	0,165	0,233	0,068	0,398	0,136
80	0,162	0,232	0,071	0,394	0,141
81	0,198	0,242	0,077	0,374	0,110
82	0,140	0,250	0,070	0,400	0,140
83	0,146	0,252	0,078	0,427	0,097
84	0,158	0,211	0,084	0,400	0,147
85	0,184	0,194	0,087	0,398	0,136
86	0,175	0,214	0,068	0,417	0,126
87	0,186	0,258	0,072	0,351	0,134
88	0,178	0,278	0,078	0,344	0,122
89	0,153	0,265	0,092	0,347	0,143
90	0,167	0,262	0,083	0,369	0,119
91	0,178	0,222	0,078	0,400	0,122
92	0,198	0,257	0,079	0,327	0,139
93	0,200	0,290	0,090	0,320	0,100
94	0,153	0,245	0,082	0,378	0,143
95	0,190	0,290	0,090	0,330	0,100
96	0,155	0,237	0,093	0,412	0,103
97	0,178	0,267	0,089	0,337	0,129
98	0,144	0,237	0,072	0,412	0,134
99	0,149	0,248	0,089	0,406	0,109
100	0,2065	0,2283	0,0870	0,3478	0,1304

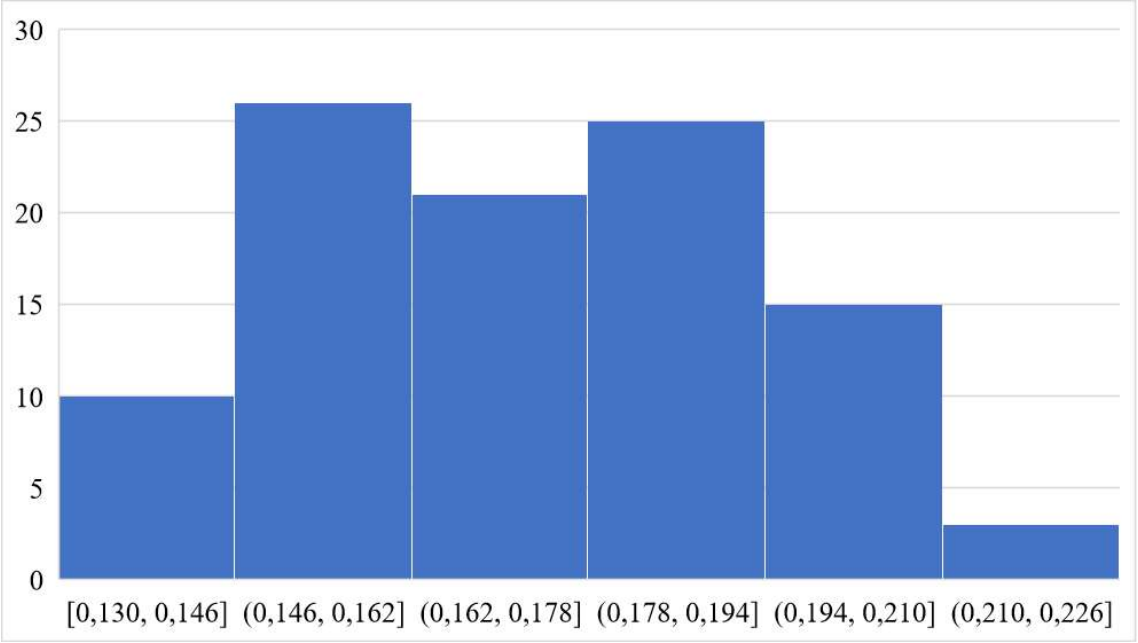


Рисунок 5.8. Гістограма розподілу вагових коефіцієнтів за результатами імітаційного моделювання

Представлена гістограма (рисунок 5.8) відображає емпіричний розподіл значень вагових коефіцієнтів, отриманий у результаті імітаційного моделювання методом Монте Карло за 100 ітерацій. У межах експерименту вага фінансово-економічної складової розглядалася як випадкова величина, що змінюється в інтервалі ±20% від базового значення з подальшою нормалізацією всього вектора ваг. Це дозволяє перейти від статичної оцінки важливості критерію до аналізу його стохастичної поведінки та оцінити ступінь стійкості отриманих у AHP результатів.

Загальна форма гістограми демонструє, що значення коефіцієнтів розподіляються в межах приблизно від 0,13 до 0,226, що узгоджується з заданими межами варіації. Найбільша концентрація реалізацій припадає на центральні інтервали, зокрема на діапазони, близькі до базового значення. Це свідчить про те, що навіть при випадковій генерації в межах допустимого інтервалу нормалізація вектора ваг не призводить до значного зміщення цього коефіцієнта у крайні області. Таким чином, система ваг демонструє відносну

стабільність, а отримане експертне значення виступає як центр тяжіння для більшості реалізацій.

З методичної точки зору це важливий результат. Він означає, що фінансово-економічна складова зберігає свою роль у структурі пріоритетів навіть за умов варіації експертних оцінок. Незважаючи на те, що кожна ітерація передбачає випадкову генерацію значень у досить широкому діапазоні, нормалізація та взаємозалежність ваг не допускають різкого відхилення цього критерію від його базового рівня значущості.

Аналіз форми розподілу показує, що він має одновершинний характер із найбільшою щільністю значень у центральній частині. Це може інтерпретуватися як ознака стабільної поведінки вагового коефіцієнта. Відсутність різко виражених піків у крайніх інтервалах означає, що навіть при максимальних відхиленнях початкових значень інших критеріїв, значення w1 не переходить у нестабільний режим і не набуває аномально високих або низьких значень.

Водночас спостерігається певна асиметрія розподілу, що пояснюється процедурою нормалізації. Оскільки всі ваги взаємопов’язані, зміна одного коефіцієнта автоматично впливає на інші. Наприклад, якщо у конкретній ітерації випадково збільшується вага домінуючого критерію (w4), то після нормалізації значення w1 дещо зменшується. І навпаки, при зменшенні ваг більш значущих критеріїв частка w1 у нормованому векторі може зростати. Саме ця взаємодія створює варіативність розподілу та формує його ширину.

Окрему увагу варто звернути на те, що фактичний діапазон значень після нормалізації дещо відрізняється від початково заданих меж генерації. Це є очікуваним результатом. Початкові інтервали задаються для ненормованих значень, тоді як у підсумку формується нормований вектор, у якому кожна вага залежить від суми всіх інших. Таким чином, кінцевий розподіл відображає не лише індивідуальну варіацію коефіцієнта w1, а й колективну взаємодію всіх критеріїв у межах системи.

Якщо розглядати результати з позиції стійкості моделі AHP, то отримана гістограма демонструє помірний рівень розсіювання. Значення не концентруються в одній точці, що підтверджує наявність невизначеності, притаманної експертним судженням. Водночас розкид не є надмірним, що свідчить про достатню надійність сформованого вектора ваг. Це означає, що навіть при зміні експертних оцінок фінансово-економічний критерій зберігає стабільний діапазон значущості і не переходить у категорію ані домінуючих, ані маргінальних.

З прикладної точки зору це має важливе значення для подальших етапів багатокритеріального аналізу. Оскільки w1 займає проміжну позицію в базовій ієрархії, його нестабільність могла б призвести до зміни рангового порядку критеріїв. Проте отриманий розподіл показує, що ймовірність різких змін є відносно невеликою. У більшості ітерацій цей критерій зберігає позицію в середній частині структури ваг.

Загалом гістограма дозволяє зробити кілька важливих узагальнень. По-перше, варіація в межах ±20% не призводить до руйнування базової структури ваг. По-друге, нормалізація відіграє стабілізуючу роль і зменшує вплив крайніх значень. По-третє, навіть при стохастичній генерації параметрів зберігається логічна узгодженість моделі AHP.

Таким чином, отриманий розподіл вагових коефіцієнтів підтверджує коректність обраного підходу до імітаційного дослідження. Він демонструє, що введення невизначеності у вигляді інтервальної генерації не призводить до втрати інтерпретаційної стабільності показника, а лише відображає реалістичний спектр можливих значень. Це створює основу для подальшого аналізу чутливості всієї системи ваг, оцінювання ймовірності зміни їх рангового порядку та формування статистично обґрунтованих висновків щодо надійності результатів методу AHP.

Таблиця 5.9. Статистичні характеристики розподілу вагових коефіцієнтів критеріїв Y1–Y5.

Показник	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Середнє значення	0,1723	0,2440	0,0809	0,3812	0,1216
Медіана	0,1733	0,2449	0,0812	0,3829	0,1212
Стандартне відхилення	0,0212	0,0236	0,0081	0,0304	0,0149

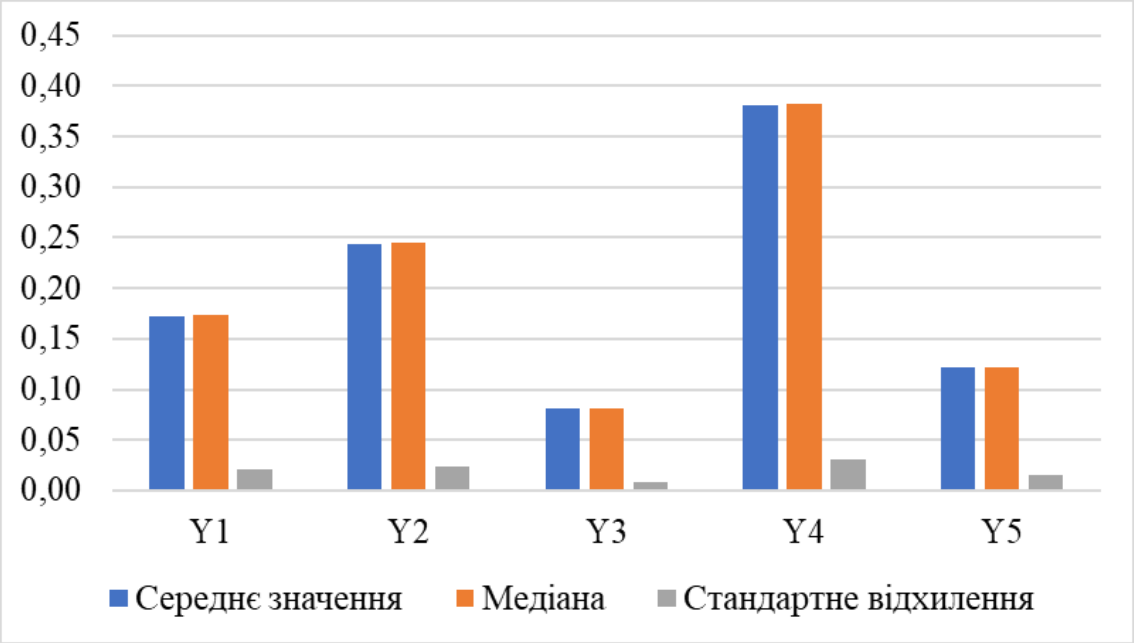


Рисунок 5.9. Порівняння середніх значень, медіан та стандартних відхилень вагових коефіцієнтів Y1–Y5.

Отримані середні значення ваг практично співпадають із базовими оцінками, отриманими раніше методом AHP. Для Y1 середнє значення становить 0,1723, для Y2 – 0,2440, для Y3 – 0,0809, для Y4 – 0,3812, для Y5 – 0,1216. Це свідчить про те, що навіть за умов випадкової генерації значень у межах ±20% та їх подальшої нормалізації, математичне сподівання кожного коефіцієнта залишається стабільним і не зміщується відносно початкової експертної оцінки. Такий результат є важливим підтвердженням коректності застосованого підходу, оскільки демонструє, що введення стохастичності не спотворює базову структуру пріоритетів.

Порівняння середніх значень із медіанами показує їх дуже близьке розташування для всіх критеріїв. Наприклад, для Y1 середнє значення становить 0,1723, а медіана – 0,1733; для Y2 відповідно 0,2440 і 0,2449; для Y3 – 0,0809 і 0,0812; для Y4 – 0,3812 і 0,3829; для Y5 – 0,1216 і 0,1212. Така незначна різниця між цими показниками свідчить про симетричність розподілів і відсутність суттєвих перекосів у бік крайніх значень. Іншими словами, більшість реалізацій ваг концентрується поблизу центральної області, а вплив випадкових флуктуацій не призводить до формування асиметричних або нестійких розподілів. Це дозволяє зробити важливий методичний висновок: система ваг, отримана на основі експертних оцінок, має високий рівень статистичної узгодженості. Навіть при введенні варіації у вихідні параметри її центральна структура зберігається, що підтверджує надійність експертно сформованої моделі AHP.

Аналіз стандартних відхилень дозволяє оцінити ступінь чутливості кожного критерію до змін у вихідних даних. Найбільше стандартне відхилення спостерігається для Y4 (0,0304), що логічно пояснюється його домінуючим положенням у базовій структурі ваг. Оскільки цей критерій має найбільше значення, його варіації сильніше впливають на нормалізацію всього вектора. У результаті навіть невеликі зміни початкових значень можуть призводити до більш помітного розсіювання.

На другому місці за рівнем варіативності знаходиться Y2 (0,0236), що відповідає операційно-виробничій складовій. Це також узгоджується з його відносно високою значущістю. В умовах взаємозалежності ваг збільшення або зменшення цього показника в окремих ітераціях призводить до перерозподілу часток між усіма критеріями.

Для Y1 стандартне відхилення становить 0,0212, що свідчить про помірний рівень варіації. Цей критерій займає середню позицію в ієрархії, тому його коливання мають обмежений вплив на загальну структуру пріоритетів. Водночас він залишається достатньо чутливим до змін у значеннях більш вагомих критеріїв. Менше значення стандартного відхилення

характерне для Y5 (0,0149), що вказує на більш стабільну поведінку логістично-організаційної складової. Найменше відхилення має Y3 (0,0081), який у базовій структурі займає останню позицію. Це означає, що навіть при варіації експертних оцінок цей критерій змінюється найменше і з великою ймовірністю зберігає своє місце в ієрархії.

Загальна картина показує чітку залежність між величиною базової ваги та рівнем її варіативності: чим більша початкова значущість критерію, тим більшим є його стандартне відхилення. Це пояснюється механізмом нормалізації: вагоміші критерії займають більшу частку в сумарному векторі і тому сильніше реагують на випадкові зміни.

Графічне представлення результатів підтверджує числовий аналіз. На діаграмі добре видно, що середні значення та медіани для кожного критерію практично збігаються, утворюючи пари майже однакової висоти. Це є наочною ознакою стабільності розподілу. Водночас стовпці стандартних відхилень значно нижчі, що вказує на відносно невеликий рівень розсіювання порівняно з абсолютними значеннями ваг. З позиції аналізу стійкості моделі ці результати мають важливе значення. Вони показують, що структура пріоритетів критеріїв зберігається навіть при введенні невизначеності у вихідні параметри. Домінуюче положення Y4 не порушується, друге місце стабільно займає Y2, тоді як Y3 послідовно залишається найменш значущим. Така сталість свідчить про високий рівень надійності експертної оцінки. Водночас наявність ненульових стандартних відхилень означає, що система ваг не є абсолютно жорсткою. Вона має певний ступінь гнучкості, що відображає реальні умови прийняття управлінських рішень. У різних сценаріях, залежно від складу експертної групи або змін у зовнішньому середовищі, значення ваг можуть дещо змінюватися, але ці зміни не руйнують загальну логіку структури.

З методологічної точки зору це підтверджує доцільність використання імітаційного підходу. Отримані статистичні характеристики дозволяють не лише описати середній стан системи, але й оцінити ступінь її надійності. Це

створює основу для подальшого аналізу чутливості, визначення ймовірності зміни рангового порядку критеріїв та переходу до інтервальної інтерпретації результатів. Таким чином, результати імітаційного моделювання показують, що система вагових коефіцієнтів, сформована методом AHP, є статистично стійкою. Центральні тенденції залишаються практично незмінними, розподіли мають симетричний характер, а рівень варіативності є помірним і логічно узгодженим зі структурою значущості критеріїв. Це підтверджує, що сформований вектор ваг може бути надійною основою для подальшого багатокритеріального аналізу економічної спроможності будівельних підприємств навіть за умов невизначеності експертних оцінок.

Представлені результати (таблиця 5.10) відображають більш глибокий рівень аналізу стохастичної поведінки вагових коефіцієнтів, отриманих у процесі імітаційного моделювання.

Таблиця 5.10. Інтервальні та перцентильні характеристики розподілу вагових коефіцієнтів Y1–Y5.

Показник	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Мінімальне значення	0,1296	0,1904	0,0619	0,32	0,0917
Максимальне значення	0,2173	0,2934	0,0957	0,4411	0,1521
Діапазон	0,0877	0,1030	0,0337	0,1211	0,0604
Перцентиль 25%	0,1544	0,2282	0,0751	0,3515	0,1096
Перцентиль 75%	0,19	0,2590	0,0873	0,4045	0,1335
Перцентиль 95%	0,2065	0,29	0,0928	0,4285	0,1430

Якщо попередній етап дозволив оцінити центральні характеристики розподілу (середні значення, медіани, стандартні відхилення), то поточні показники описують структуру розсіювання значень у межах повного статистичного спектра. Це дає змогу оцінити межі коливань, щільність розподілу та рівень потенційної нестабільності кожного критерію.

Аналіз мінімальних і максимальних значень демонструє фактичні межі, у яких змінювалися вагові коефіцієнти після процедури нормалізації. Для критерію Y1 значення коливалися в межах від 0,1296 до 0,2174. Це означає, що навіть при випадковій генерації початкових значень у межах ±20% нормалізація вектора призводить до формування трохи ширшого фактичного діапазону, який відображає взаємозалежність усіх критеріїв. Аналогічна ситуація спостерігається для інших складових: Y2 змінювався від 0,1905 до 0,2935, Y3 – від 0,0619 до 0,0957, Y4 – від 0,32 до 0,4412, Y5 – від 0,0917 до 0,1522.

Найбільший фактичний інтервал значень характерний для Y4, де різниця між мінімальним і максимальним значеннями становить 0,1212. Це підтверджує, що домінуючий критерій є найбільш чутливим до варіацій у системі ваг. Зміна його частки істотно впливає на структуру всього нормованого вектора, що призводить до більшого розсіювання можливих реалізацій. Другий за величиною діапазон спостерігається для Y2 (0,1030), що також відповідає його високому рівню значущості. Для Y1 діапазон становить 0,0878, для Y5 – 0,0604, а найменше значення має Y3 (0,0338). Це узгоджується з попередніми результатами, де менш значущі критерії демонстрували нижчу варіативність.

З методичної точки зору така закономірність є очікуваною. Чим більша вага критерію у базовому векторі, тим сильніше він реагує на зміни в системі попарних співвідношень і тим ширшим є спектр його можливих значень після нормалізації. Менш значущі критерії мають обмежений простір для коливань, оскільки їх частка в сумарному векторі залишається невеликою навіть при варіації експертних оцінок.

Перцентильний аналіз дозволяє оцінити не лише крайні значення, але й структуру концентрації даних усередині розподілу. Значення 25-го та 75-го перцентилів визначають так званий міжквартильний інтервал, у якому знаходиться половина всіх реалізацій. Для Y1 цей інтервал становить приблизно від 0,1544 до 0,19. Це означає, що у 50% ітерацій значення цього коефіцієнта знаходяться саме в цих межах, що вказує на досить щільну

концентрацію поблизу базового рівня. Для Y2 міжквартильний інтервал складає приблизно 0,2283–0,2590. Така структура свідчить про відносно стабільну поведінку операційно-виробничої складової. Незважаючи на наявність ширшого загального діапазону, основна маса значень зосереджена в досить вузькому коридорі.

Для Y3 інтервал між 25-м і 75-м перцентилями ще вужчий – приблизно 0,0751–0,0874. Це підтверджує, що найменш значущий критерій має найстабільнішу поведінку. Його значення змінюються, але в межах відносно обмеженого діапазону, що знижує ризик зміни його позиції в загальній ієрархії. Найширший міжквартильний інтервал знову спостерігається для Y4 – приблизно 0,3515–0,4045. Це означає, що навіть центральні 50% реалізацій демонструють помітне розсіювання. Однак при цьому цей критерій у всіх сценаріях зберігає статус домінуючого, оскільки навіть його нижні значення залишаються значно вищими за відповідні показники інших складових. Для Y5 інтервал становить приблизно 0,1096–0,1335. Це значення підтверджує середній рівень стабільності логістично-організаційної складової та її відносно постійне положення у структурі ваг.

Особливо інформативним є аналіз 95-го перцентиля, який показує верхню межу, в якій знаходяться 95% усіх реалізацій. Для Y1 це значення становить 0,2065, для Y2 – 0,29, для Y3 – 0,0928, для Y4 – 0,4286, для Y5 – 0,1430. Це означає, що лише у 5% випадків значення перевищують ці рівні. З практичної точки зору ці показники можна трактувати як умовно граничні значення, що характеризують потенційно максимальний вплив кожного критерію в системі пріоритетів.

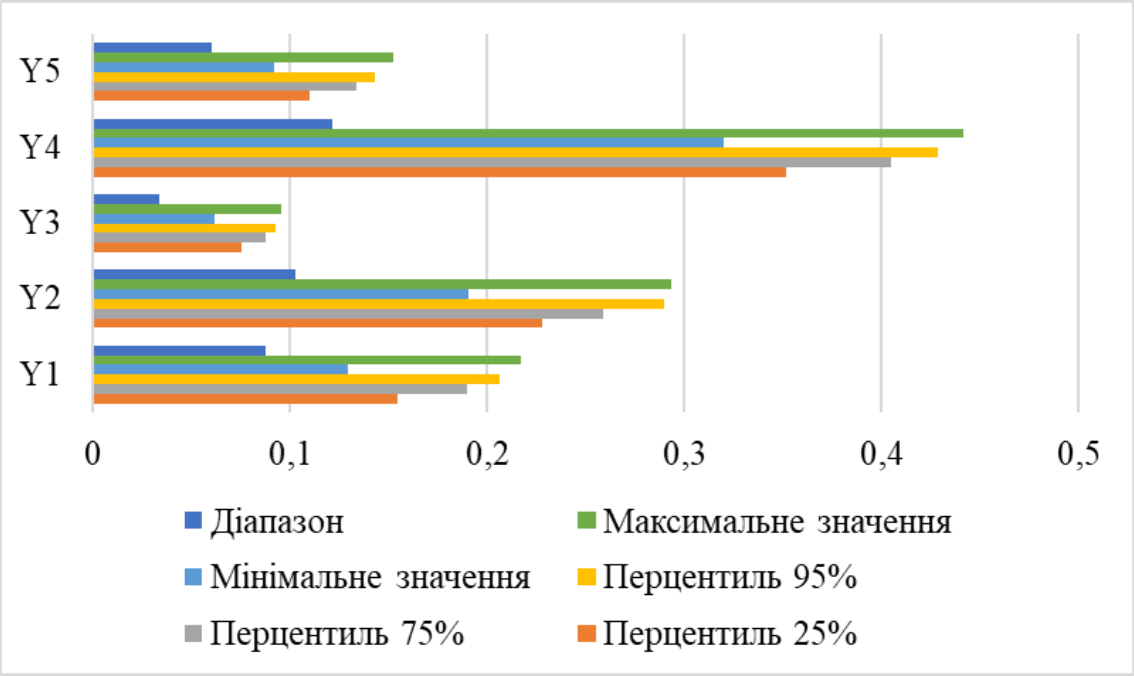


Рисунок 5.10. Візуалізація варіативності вагових коефіцієнтів Y1–Y5: мінімальні, максимальні значення, діапазони та перцентильні інтервали.

Графічне представлення результатів (рисунок 5.10) наочно демонструє співвідношення між мінімальними, максимальними значеннями, діапазонами та перцентильними межами. Добре видно, що критерій Y4 має найбільший простір варіації та найвищі абсолютні значення, що підтверджує його домінуючу роль у моделі. Критерій Y2 стабільно займає друге місце, тоді як Y3 демонструє найменший рівень коливань.

З позиції аналізу стійкості моделі AHP ці результати дозволяють зробити кілька важливих висновків. По-перше, навіть при варіації ваг у заданих межах ранговий порядок критеріїв залишається в цілому стабільним. Домінуюча позиція Y4 не ставиться під сумнів, а Y3 стабільно зберігає найнижчу вагу. По-друге, центральні 50% значень для всіх критеріїв знаходяться в досить вузьких інтервалах, що свідчить про високу щільність розподілу та обмежений рівень невизначеності. По-третє, розширення діапазонів для більш значущих критеріїв не призводить до критичних перекриттів із менш значущими складовими. Це означає, що навіть при

найбільш несприятливих комбінаціях випадкових змін не відбувається радикальної перебудови структури ваг.

Таким чином, перцентильний та інтервальний аналіз підтверджує результати попередніх етапів дослідження і поглиблює розуміння стохастичної поведінки моделі. Система вагових коефіцієнтів демонструє високий рівень стабільності, а її варіативність має керований і передбачуваний характер. Це дозволяє розглядати сформований вектор пріоритетів як надійну основу для подальшого багатокритеріального оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств навіть за умов невизначеності експертних суджень.

Таблиця 5.11. Показники варіативності та форми розподілу вагових коефіцієнтів Y1–Y5 за результатами імітаційного моделювання.

Показник	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Коефіцієнт варіації	0,12	0,10	0,10	0,08	0,12
Коефіцієнт асиметрії	0,0721	0,0217	-0,1385	-0,0858	-0,0087
Ексцес	-0,9807	-0,2367	-0,8488	-1,0975	-0,9232

Подальший етап статистичного аналізу імітаційних результатів спрямований на дослідження не лише меж та центральних характеристик розподілу вагових коефіцієнтів, а й їх глибинної структури. Для цього було розраховано коефіцієнти варіації, асиметрії та ексцесу, які дозволяють оцінити ступінь відносної мінливості, напрям зміщення розподілу та характер концентрації значень навколо середнього рівня. Такі показники дають змогу більш точно описати стохастичну поведінку системи ваг у межах моделі AHP. Коефіцієнт варіації характеризує відносний рівень розсіювання значень і є одним із ключових індикаторів стабільності параметра. Для досліджуваних критеріїв його значення знаходяться в межах від 0,08 до 0,12. Найменше значення спостерігається для Y4 (0,08), що означає найвищу стабільність

домінуючого критерію відносно його середнього рівня. Незважаючи на те, що цей показник має найбільший абсолютний діапазон значень, у відносному вимірі його варіативність є помірною. Це пояснюється тим, що при високому середньому значенні навіть помітні абсолютні коливання дають менший відносний ефект. Для Y2 і Y3 коефіцієнт варіації становить 0,10, що свідчить про середній рівень стійкості цих критеріїв. Вони демонструють збалансовану поведінку: їх значення не є надто жорстко зафіксованими, але й не проявляють надмірної мінливості. Для Y1 та Y5 коефіцієнт варіації дещо вищий – 0,12, що означає трохи більшу відносну чутливість до змін у структурі експертних оцінок. Проте навіть ці значення залишаються в межах низької варіативності, що загалом підтверджує стабільність сформованого вектора ваг.

Коефіцієнт асиметрії дозволяє оцінити, чи є розподіл значень симетричним відносно середнього. Для Y1 та Y2 він має невеликі додатні значення (0,0721 та 0,0217 відповідно). Це означає, що у цих випадках спостерігається слабке зміщення розподілу в бік більших значень, тобто інколи виникають реалізації, де вага критерію дещо перевищує середній рівень. Однак ці значення настільки малі, що розподіл можна вважати практично симетричним. Для Y3, Y4 та Y5 коефіцієнт асиметрії має від’ємні значення (-0,1385; -0,0858; -0,0087 відповідно). Це свідчить про незначне зміщення розподілів у бік менших значень. Інакше кажучи, у процесі імітаційного моделювання частіше спостерігаються ситуації, коли ці ваги дещо зменшуються порівняно із середнім рівнем. Найбільш помітна асиметрія характерна для Y3, однак і тут її величина залишається відносно невеликою, що дозволяє говорити про близькість розподілу до симетричного.

Загалом, значення коефіцієнтів асиметрії для всіх критеріїв знаходяться поблизу нуля. Це є важливою ознакою статистичної збалансованості моделі. Така структура означає, що варіації значень відбуваються приблизно рівномірно в обидва боки відносно середнього, без суттєвого перекосу.

Ексцес характеризує форму розподілу, зокрема ступінь концентрації значень у центральній частині та товщину «хвостів». Для всіх критеріїв

отримані від’ємні значення ексцесу: від -0,2367 до -1,0975. Це означає, що розподіли є більш пласкими порівняно з нормальним законом, тобто мають меншу концентрацію значень біля середнього та більш рівномірний розподіл у межах усього діапазону.

Найбільш виражений від’ємний ексцес спостерігається для Y4 (-1,0975), що свідчить про відносно широкий і рівномірний розподіл значень домінуючого критерію. Це підтверджує результати попереднього аналізу, де саме цей показник демонстрував найбільший абсолютний діапазон. Для Y1, Y3 та Y5 ексцес також є досить суттєво від’ємним, що вказує на подібний характер розподілу. Для Y2 значення (-0,2367) є ближчим до нуля, тобто його розподіл є більш наближеним до нормального.

З методичної точки зору від’ємні значення ексцесу означають, що в імітаційній вибірці відсутні різко виражені пікові концентрації або екстремальні викиди. Значення ваг розподіляються більш рівномірно в межах допустимого інтервалу. Це є додатковим підтвердженням того, що використаний підхід до генерації випадкових значень не створює штучних перекосів і відображає природну варіативність експертних оцінок.

Таким чином, аналіз коефіцієнтів варіації, асиметрії та ексцесу доповнює попередні етапи дослідження та підтверджує високу стійкість системи вагових коефіцієнтів. Отримана структура розподілів демонструє помірний рівень мінливості, близькість до симетричної форми та відсутність різких статистичних аномалій. Це дозволяє розглядати сформований вектор ваг як статистично надійний та інтерпретаційно стабільний елемент багатокритеріальної моделі оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств.

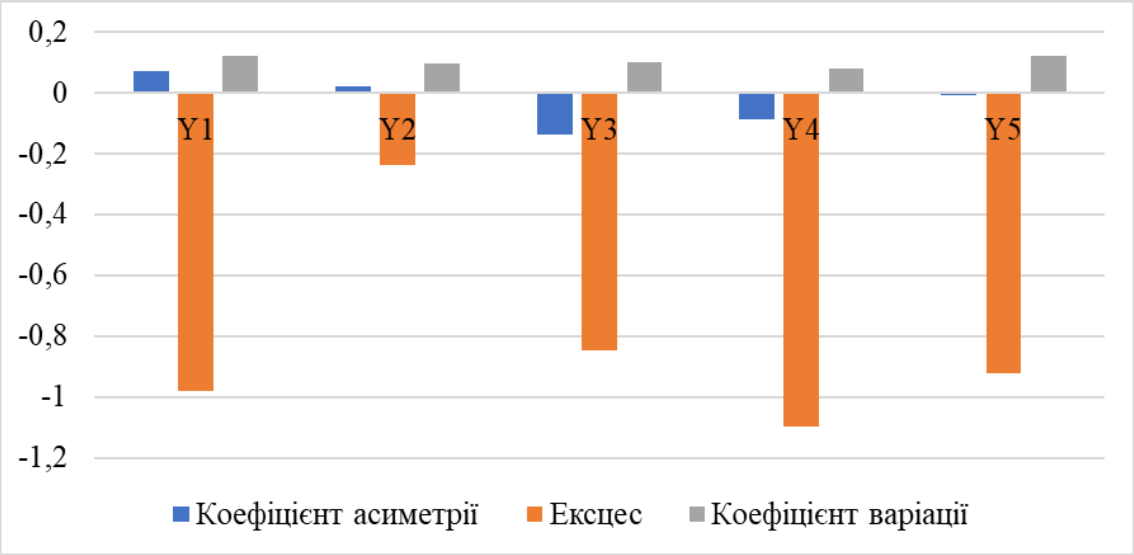


Рисунок 5.11. Порівняння коефіцієнтів варіації, асиметрії та ексцесу для вагових коефіцієнтів Y1–Y5.

Графічне представлення результатів (рисунок 5.11) дозволяє наочно порівняти три ключові характеристики для всіх критеріїв. Чітко видно, що коефіцієнти варіації мають відносно близькі значення, що свідчить про загальну узгодженість рівня мінливості. Асиметрія є незначною і коливається навколо нуля, а ексцес стабільно має від'ємні значення, формуючи подібну форму розподілу для всіх складових.

У контексті оцінювання стійкості моделі AHP ці результати мають принципове значення. Вони показують, що вагові коефіцієнти не лише зберігають свої середні значення та межі варіації, але й характеризуються статистично збалансованими розподілами. Відсутність значної асиметрії означає, що немає систематичного зміщення ваг у бік більших або менших значень. Негативний ексцес свідчить про рівномірність розподілу без домінування окремих сценаріїв.

Таблиця 5.12. Оцінювання довірчих інтервалів середніх значень вагових коефіцієнтів Y1–Y5.

Показник	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5

Середнє значення	0,1723	0,2440	0,0809	0,3812	0,1216
Довірчий інтервал середнього 95% (-)	0,1681	0,1424	0,0478	0,1791	0,0722
Довірчий інтервал середнього 95% (+)	0,1764	0,3457	0,114	0,5832	0,171
Верхня похибка	0,0041	0,1017	0,0331	0,2020	0,0494
Нижня похибка	0,0042	0,1016	0,0331	0,2021	0,0494

Завершальний етап статистичного аналізу результатів імітаційного моделювання спрямований на оцінювання надійності отриманих середніх значень вагових коефіцієнтів. Для цього було визначено 95% довірчі інтервали для математичного сподівання кожного критерію, а також відповідні верхні та нижні похибки. Такий підхід дозволяє перейти від опису варіативності окремих реалізацій до кількісної оцінки точності самої середньої оцінки, яка використовується як узагальнений параметр у моделі AHP. Отримані середні значення практично збігаються з базовими вагами, визначеними раніше, що підтверджує статистичну стабільність системи. Водночас довірчі інтервали показують, у яких межах може знаходитися істинне середнє значення кожного коефіцієнта з імовірністю 95%. Таким чином, вони виступають кількісною мірою надійності результатів імітаційного експерименту.

Для критерію Y1 середнє значення становить 0,1723, а довірчий інтервал лежить у межах від 0,1681 до 0,1764. Це означає, що оцінка є дуже стабільною: навіть при врахуванні статистичної невизначеності можливе зміщення є незначним. Верхня та нижня похибки практично симетричні і становлять приблизно 0,004. Така вузька область довіри свідчить про високий рівень точності оцінки та достатню репрезентативність вибірки навіть при відносно невеликій кількості ітерацій.Для Y2 середнє значення дорівнює 0,2440, однак довірчий інтервал значно ширший – від 0,1424 до 0,3457. Це означає, що хоча середня оцінка залишається стабільною, розсіювання значень у вибірці є суттєвішим. Верхня та нижня похибки перевищують 0,10, що вказує на

підвищену чутливість цього критерію до змін у структурі ваг. Така ситуація може пояснюватися його проміжною позицією в ієрархії: з одного боку, він має достатньо велику вагу, з іншого – значною мірою залежить від коливань домінуючого критерію Y4. Для Y3 середнє значення становить 0,0809, а довірчий інтервал розташований у межах 0,0478–0,1140. Ширина цього інтервалу є помірною, а величини верхньої та нижньої похибок становлять близько 0,033. Це свідчить про відносно стабільну, але не абсолютно жорстко зафіксовану позицію управлінської складової. Незважаючи на те, що цей критерій має найменшу вагу, його значення можуть змінюватися в доволі широких межах, однак без істотного впливу на загальну структуру пріоритетів. Найширший довірчий інтервал характерний для Y4. При середньому значенні 0,3812 його межі становлять приблизно 0,1791–0,5832. Відповідні похибки перевищують 0,20, що є найбільшим значенням серед усіх критеріїв. Це підтверджує попередні результати, де саме цей критерій демонстрував найбільший діапазон варіації. Така поведінка є логічною: як домінуючий параметр, він найбільш чутливий до перерозподілу ваг у процесі нормалізації, тому його середня оцінка характеризується більшою статистичною невизначеністю. Для Y5 середнє значення становить 0,1216, а довірчий інтервал – 0,0722–0,1710. Похибки приблизно симетричні й дорівнюють близько 0,049. Це вказує на помірний рівень невизначеності та стабільність логістично-організаційної складової, яка займає проміжне положення між більш і менш значущими критеріями.

Таким чином, аналіз довірчих інтервалів дозволяє зробити важливий узагальнюючий висновок: сформована система ваг не лише стабільна з точки зору середніх значень і діапазонів варіації, але й характеризується прийнятним рівнем статистичної надійності. Навіть при врахуванні невизначеності експертних оцінок і стохастичної природи моделювання отримані результати зберігають логічну узгодженість і можуть розглядатися як достовірна кількісна основа для прийняття управлінських рішень.

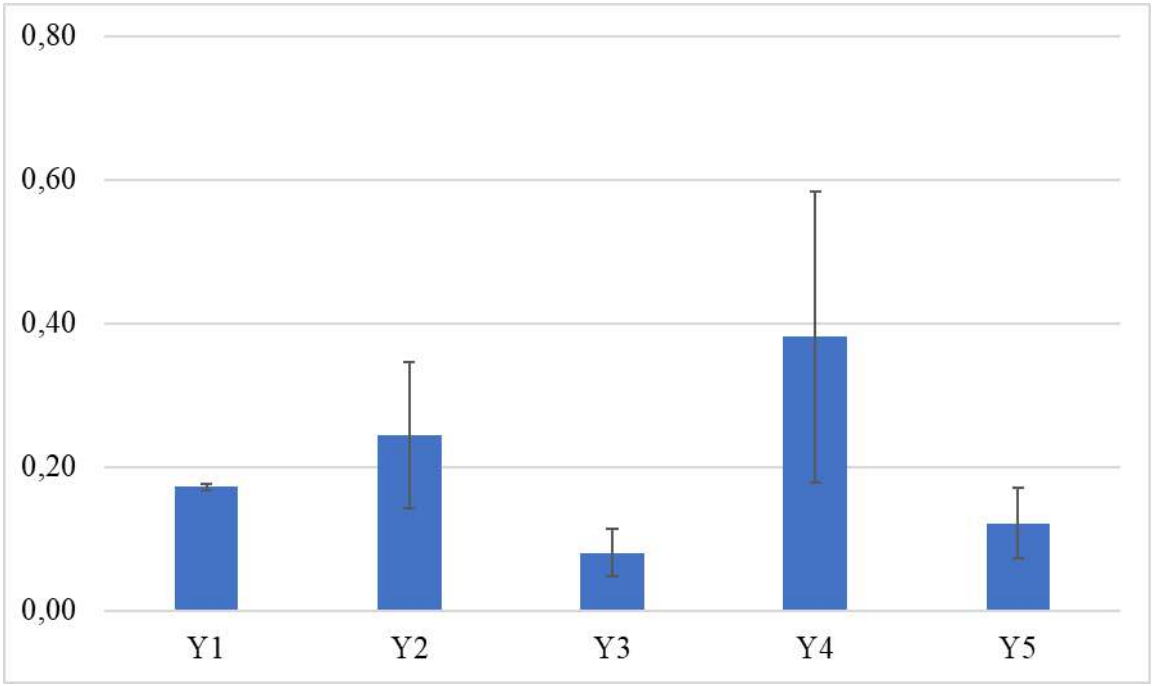


Рисунок 5.12. Середні значення вагових коефіцієнтів Y1–Y5 з 95% довірчими інтервалами.

Графічна інтерпретація результатів (рисунок 5.12) із використанням стовпчикової діаграми з похибками дозволяє наочно оцінити співвідношення між середніми значеннями та їх довірчими інтервалами. Добре видно, що критерій Y4 має не лише найбільше середнє значення, але й найбільшу область невизначеності. У свою чергу, Y1 характеризується найменшою похибкою, що свідчить про найбільш точну оцінку його середнього значення. З методичної точки зору це має важливе значення для інтерпретації результатів. Вузькі довірчі інтервали означають, що середнє значення добре відображає реальну структуру розподілу. Ширші інтервали свідчать про більшу чутливість параметра до варіації вхідних даних. При цьому навіть для критеріїв із найбільшою невизначеністю не спостерігається перекриття із значеннями інших складових настільки, щоб це могло суттєво змінити загальний ранговий порядок.

Отримані результати підтверджують, що оцінка середніх значень вагових коефіцієнтів є статистично обґрунтованою. Навіть за наявності варіативності окремих реалізацій центральні тенденції залишаються

стабільними. Це означає, що середні значення можуть використовуватися як надійна основа для подальших розрахунків у багатокритеріальних моделях.

5.3. Сценарне моделювання стійкості результатів багатокритеріального моделювання стратегій розвитку будівельних підприємств.

У задачах багатокритеріального обґрунтування управлінських рішень у будівельній галузі метод TOPSIS широко використовується для вибору пріоритетних напрямків розвитку підприємства, стратегій функціонування або альтернатив управлінських дій. Його перевага полягає у можливості комплексного врахування системи критеріїв, що характеризують різні аспекти економічної спроможності підприємства, з подальшим формуванням інтегрального показника близькості кожної альтернативи до ідеального рішення.

Результатом застосування методу TOPSIS є коефіцієнт відносної близькості до ідеального рішення:

$$C_i, \quad i = 1, \ldots, m \tag{5.6}$$

де C_i - інтегральна оцінка альтернативи (сценарію розвитку), m - кількість альтернатив.

Чим більше значення C_i, тим ближчою є альтернатива до ідеального рішення та тим вищий її пріоритет у системі прийняття рішень. Однак класичне застосування методу TOPSIS передбачає використання фіксованих вагових коефіцієнтів критеріїв, отриманих, зокрема, за допомогою методу аналізу ієрархій (AHP). У реальних умовах ці ваги мають експертну природу і можуть змінюватися залежно від: складу експертної групи; інтерпретації критеріїв; економічної ситуації; стратегічних пріоритетів галузі.

У зв’язку з цим результати методу TOPSIS, зокрема значення C_i та підсумкове ранжування альтернатив, можуть бути чутливими до змін у вагових коефіцієнтах. Це зумовлює необхідність дослідження стійкості отриманих рішень в умовах невизначеності структури пріоритетів критеріїв.

Метою даного етапу дослідження є оцінювання впливу варіації вагових коефіцієнтів критеріїв на результати методу TOPSIS, зокрема:

- на розподіл значень коефіцієнтів близькості C_i;
- на стабільність ранжування альтернатив;
- на ймовірність збереження домінуючої позиції окремих сценаріїв.

Для розв'язання цієї задачі застосовується метод імітаційного моделювання Монте Карло, який дозволяє розглядати вагові коефіцієнти не як фіксовані величини, а як випадкові змінні, що коливаються в заданих інтервалах навколо базових значень, отриманих методом AHP.

Нехай базовий вектор ваг критеріїв має вигляд:

$$\mathbf{w} = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5), \quad \sum_{j=1}^{5} w_j = 1. \tag{5.7}$$

У процесі імітаційного моделювання кожна вага розглядається як випадкова величина, що змінюється в межах інтервалу:

$$w_j^{min} \leq \tilde{w}_j^{(t)} \leq w_j^{max}, \tag{5.8}$$

де $\tilde{w}_j^{(t)}$ - попереднє (ненормоване) значення ваги на t-тій ітерації, t=1,…,N - номер ітерації, N - загальна кількість ітерацій.

Після генерації випадкових значень виконується нормалізація:

$$w_j^{(t)} = \frac{\tilde{w}_j^{(t)}}{\sum_{k=1}^{5} \tilde{w}_k^{(t)}}, \tag{5.9}$$

що забезпечує збереження властивості нормованості ваг:

$$\sum_{j=1}^{5} w_j^{(t)} = 1. \tag{5.10}$$

Для кожного згенерованого набору ваг $w^{(t)}$ виконується повторний розрахунок методу TOPSIS із використанням фіксованої матриці альтернатив за критеріями. У результаті на кожній ітерації отримуються нові значення коефіцієнтів близькості:

$$C_i^{(t)}, \quad i = 1, \ldots, m. \tag{5.11}$$

Таким чином, для кожної альтернативи формується вибірка значень:

$$\{C_i^{(1)}, C_i^{(2)}, \ldots, C_i^{(N)}\}, \tag{5.12}$$

яка відображає поведінку показника C_i в умовах невизначеності вагових коефіцієнтів.

Аналіз отриманих вибірок дозволяє перейти від точкової оцінки до статистичної інтерпретації результатів методу TOPSIS. Зокрема, для кожної альтернативи можуть бути визначені: середнє значення коефіцієнта близькості; медіана та перцентильні характеристики; стандартне відхилення; довірчі інтервали; мінімальні та максимальні значення. Ці показники дозволяють оцінити стійкість положення альтернативи в системі координат TOPSIS.

Окрім аналізу розподілів значень C_i, важливим аспектом є дослідження стабільності ранжування альтернатив. На кожній ітерації формується ранговий порядок:

$$R^{(t)} = \mathrm{rank}\left(C_1^{(t)}, C_2^{(t)}, \ldots, C_m^{(t)}\right). \tag{5.13}$$

На основі сукупності ітерацій може бути визначено як часто кожна альтернатива займає перше місце; як часто вона потрапляє до групи лідерів; наскільки стабільним є її рангове положення. Таким чином, класична детермінована задача вибору “найкращої” альтернативи трансформується у ймовірнісну задачу, де визначається не лише оптимальний сценарій, але й ступінь надійності такого вибору.

Запропонований підхід дозволяє:

- оцінити чутливість результатів TOPSIS до зміни ваг критеріїв;
- визначити альтернативи з найбільш стабільними позиціями;
- виявити сценарії, рангове положення яких є нестійким і залежить від структури пріоритетів.

Це особливо важливо для задач стратегічного планування у будівельній галузі, де управлінські рішення приймаються в умовах високого рівня невизначеності, а структура пріоритетів може змінюватися під впливом економічних, організаційних і соціальних факторів. Отже, постановка задачі імітаційного дослідження полягає у формуванні статистично обґрунтованої оцінки розподілів коефіцієнтів близькості C_i та аналізі стійкості ранжування альтернатив у методі TOPSIS при варіації вагових коефіцієнтів критеріїв. Це дозволяє перейти від одиничного детермінованого рішення до комплексної оцінки надійності та стабільності вибору стратегічних сценаріїв розвитку будівельних підприємств.

Таблиця 5.13. Базові значення коефіцієнтів близькості Ci альтернатив S1–S4 та межі їх варіації (±15%) в імітаційному дослідженні методу TOPSIS.

	Значення Ci	Min (-15%)	Max (+15%)
S1	0,7101	0,6036	0,8166
S2	0,5773	0,4907	0,6639
S3	0,2442	0,2076	0,2808
S4	0,4316	0,3669	0,4963

Отримані базові значення коефіцієнтів відносної близькості Ci (таблиця 5.13) формують вихідну детерміновану структуру ранжування альтернатив у межах методу TOPSIS. Ці показники є інтегральною оцінкою кожного сценарію розвитку з урахуванням системи критеріїв та відповідних ваг, визначених на попередньому етапі дослідження. Вони відображають ступінь наближення кожної альтернативи до ідеального рішення та виступають ключовою основою для подальшого аналізу стійкості результатів.

Найбільше значення коефіцієнта близькості має альтернатива S1 (0,7101), що свідчить про її домінуючу позицію у системі прийняття рішень. Це означає, що за базових умов і фіксованої структури ваг критеріїв саме цей сценарій є найбільш наближеним до ідеального рішення. Його значення

істотно перевищує показники інших альтернатив, що вказує на чітко виражену перевагу. Навіть при врахуванні допустимої варіації ±15% мінімальне можливе значення (0,6036) залишається досить високим, що попередньо свідчить про потенційну стійкість цієї альтернативи як лідера.

Друге місце у базовому ранжуванні займає альтернатива S2 зі значенням Ci = 0,5773. Вона також характеризується достатньо високим рівнем наближеності до ідеального рішення, однак її відставання від S1 є помітним. Водночас інтервал можливих значень (0,4907–0,6639) показує, що за певних змін у структурі ваг вона може наближатися до лідера або, навпаки, втрачати частину своїх позицій. Це свідчить про потенційно більшу чутливість цієї альтернативи до варіації пріоритетів критеріїв.

Альтернатива S4 із базовим значенням 0,4316 займає третю позицію. Її показник помітно нижчий за значення двох провідних сценаріїв, але суттєво перевищує значення S3. Межі варіації (0,3669–0,4963) вказують на відносно стабільне положення у середній частині ранжування. Вона може частково зближуватися з S2 у разі зміни ваг критеріїв, однак значна різниця з S1 свідчить про малу ймовірність виходу на перше місце.

Найменше значення коефіцієнта близькості має альтернатива S3 (0,2442), що характеризує її як найменш привабливий сценарій серед розглянутих. Навіть максимальне значення в межах заданого інтервалу (0,2808) залишається значно нижчим за показники інших альтернатив. Це дозволяє припустити, що її положення в ранговій структурі є відносно стабільним і з великою ймовірністю залишатиметься останнім навіть при варіації вагових коефіцієнтів.

З позиції подальшого імітаційного дослідження ці результати формують базову точку відліку. Саме відносно цих значень буде оцінюватися розподіл Ci у процесі Монте Карло-моделювання, а також визначатися стабільність ранжування альтернатив. Якщо у ході багаторазових ітерацій значення коефіцієнтів залишатимуться близькими до базових і не призводитимуть до

суттєвих змін у ранговому порядку, це буде свідчити про високу стійкість результатів методу TOPSIS.

У ширшому контексті ці початкові дані демонструють, що система альтернатив має чітко виражену ієрархію: одна альтернатива виступає явним лідером, дві знаходяться у проміжній зоні, а одна стабільно поступається іншим. Така структура є зручною для подальшого стохастичного аналізу, оскільки дозволяє оцінити, чи зберігається цей порядок при варіації вагових коефіцієнтів і наскільки надійним є вибір домінуючого сценарію.

Таким чином, базові значення коефіцієнтів близькості Ci разом із визначеними межами їх варіації створюють необхідну основу для переходу від детермінованого результату TOPSIS до імовірнісної інтерпретації. Це дозволяє не лише визначити найкращу альтернативу, але й оцінити ступінь стабільності такого вибору в умовах невизначеності структури пріоритетів критеріїв, що є критично важливим для стратегічного планування у будівельній галузі.

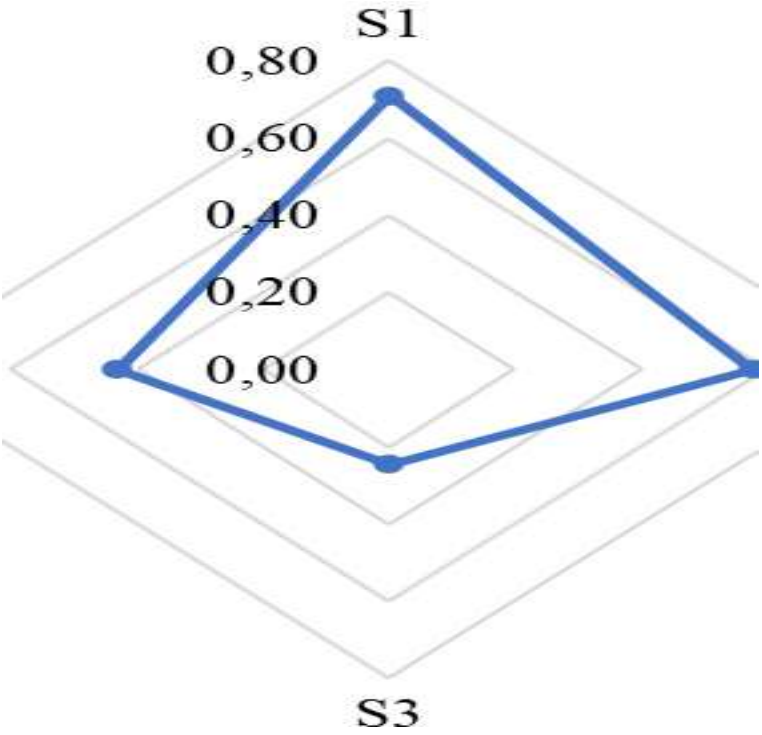


Рисунок 5.13. Базова структура коефіцієнтів відносної близькості Ci альтернатив S1–S4 у методі TOPSIS.

Графічне представлення базових значень Ci у вигляді радарної діаграми (рисунок 5.13) дозволяє наочно оцінити співвідношення між альтернативами. Полігон має чітко виражену асиметричну форму з максимальним значенням у напрямку S1 та мінімальним у напрямку S3. Така конфігурація свідчить про значну диференціацію сценаріїв за рівнем їх привабливості та підтверджує наявність чіткої ієрархії.

Визначені інтервали варіації ±15% для кожного коефіцієнта виступають методичною основою для подальшого імітаційного моделювання. Вони відображають можливі зміни у значеннях Ci, що можуть виникати внаслідок варіації вагових коефіцієнтів критеріїв. На відміну від попереднього етапу, де стохастичність вводилась безпосередньо в систему ваг, у цьому випадку аналіз фокусується на поведінці інтегральних показників, які є результатом складної взаємодії всієї багатокритеріальної структури.

З методичної точки зору такі інтервали мають важливе інтерпретаційне значення. Вони дозволяють попередньо оцінити, наскільки сильно може змінюватися положення кожної альтернативи в просторі TOPSIS при коливанні пріоритетів критеріїв. Наприклад, для S1 різниця між мінімальним і максимальним значенням становить понад 0,21, що вказує на значний потенціал варіації. Проте навіть при зменшенні значення до нижньої межі ця альтернатива, імовірно, залишатиметься серед лідерів.

Для S2 діапазон становить приблизно 0,17, що також є досить помітним. Це свідчить про те, що її позиція є більш чутливою до змін у структурі ваг. В окремих сценаріях вона може наближатися до S1 або, навпаки, зближуватися із S4. Для S4 діапазон становить близько 0,13, що вказує на помірний рівень варіативності. Для S3 цей показник найменший (приблизно 0,073), що підтверджує її стабільне положення на нижніх позиціях.

Таблиця 5.14. Результатами імітаційного моделювання методом Монте Карло (100 ітерацій).

Н п/п	S1	S2	S3	S4
1	0,650	0,520	0,220	0,410
2	0,730	0,620	0,250	0,430
3	0,690	0,570	0,280	0,400
4	0,730	0,540	0,270	0,380
5	0,760	0,560	0,220	0,410
6	0,670	0,510	0,270	0,390
7	0,690	0,590	0,240	0,380
8	0,660	0,650	0,240	0,400
9	0,680	0,600	0,240	0,390
10	0,770	0,590	0,260	0,480
11	0,720	0,500	0,280	0,490
12	0,710	0,620	0,250	0,370
13	0,640	0,600	0,280	0,370
14	0,730	0,520	0,220	0,390
15	0,650	0,550	0,240	0,480
16	0,640	0,660	0,270	0,460
17	0,610	0,540	0,210	0,440
18	0,710	0,650	0,220	0,460
19	0,650	0,540	0,210	0,420
20	0,800	0,550	0,260	0,370
21	0,680	0,510	0,280	0,490
22	0,650	0,600	0,280	0,370
23	0,610	0,610	0,260	0,380
24	0,680	0,650	0,280	0,460
25	0,720	0,500	0,260	0,490
26	0,740	0,640	0,260	0,460
27	0,680	0,650	0,230	0,420

28	0,760	0,500	0,250	0,480
29	0,740	0,620	0,220	0,480
30	0,740	0,650	0,270	0,470
31	0,680	0,620	0,260	0,490
32	0,790	0,640	0,250	0,380
33	0,660	0,630	0,220	0,490
34	0,740	0,590	0,250	0,410
35	0,810	0,600	0,260	0,390
36	0,660	0,550	0,240	0,430
37	0,800	0,510	0,250	0,380
38	0,790	0,510	0,210	0,460
39	0,690	0,590	0,250	0,460
40	0,810	0,510	0,260	0,440
41	0,790	0,610	0,250	0,470
42	0,700	0,610	0,260	0,450
43	0,660	0,520	0,230	0,450
44	0,730	0,520	0,270	0,460
45	0,720	0,630	0,210	0,440
46	0,710	0,520	0,210	0,390
47	0,770	0,600	0,250	0,370
48	0,690	0,650	0,280	0,410
49	0,700	0,510	0,270	0,440
50	0,680	0,610	0,210	0,420
51	0,720	0,650	0,210	0,390
52	0,640	0,640	0,270	0,470
53	0,790	0,610	0,250	0,420
54	0,800	0,550	0,210	0,480
55	0,620	0,570	0,230	0,470
56	0,800	0,510	0,260	0,390

57	0,770	0,640	0,280	0,470
58	0,730	0,650	0,250	0,470
59	0,740	0,650	0,210	0,370
60	0,800	0,520	0,240	0,370
61	0,730	0,620	0,270	0,440
62	0,640	0,660	0,250	0,460
63	0,800	0,620	0,260	0,440
64	0,810	0,660	0,280	0,480
65	0,710	0,610	0,250	0,390
66	0,710	0,520	0,220	0,410
67	0,650	0,610	0,240	0,400
68	0,660	0,510	0,270	0,370
69	0,690	0,530	0,210	0,460
70	0,770	0,610	0,250	0,490
71	0,810	0,630	0,230	0,480
72	0,630	0,520	0,240	0,420
73	0,710	0,550	0,270	0,440
74	0,690	0,520	0,280	0,400
75	0,760	0,500	0,210	0,460
76	0,620	0,580	0,240	0,460
77	0,770	0,540	0,250	0,430
78	0,620	0,520	0,240	0,490
79	0,750	0,510	0,260	0,370
80	0,640	0,640	0,250	0,420
81	0,690	0,520	0,230	0,460
82	0,690	0,560	0,280	0,440
83	0,790	0,560	0,210	0,470
84	0,770	0,660	0,250	0,480
85	0,720	0,610	0,260	0,430

86	0,610	0,640	0,280	0,410
87	0,750	0,530	0,240	0,470
88	0,640	0,530	0,280	0,420
89	0,730	0,590	0,280	0,460
90	0,630	0,550	0,280	0,480
91	0,610	0,650	0,270	0,380
92	0,730	0,530	0,260	0,470
93	0,680	0,540	0,240	0,480
94	0,750	0,620	0,280	0,470
95	0,660	0,660	0,230	0,390
96	0,700	0,560	0,210	0,430
97	0,790	0,520	0,240	0,440
98	0,670	0,510	0,210	0,410
99	0,810	0,600	0,260	0,370
100	0,7600	0,6200	0,2700	0,4500

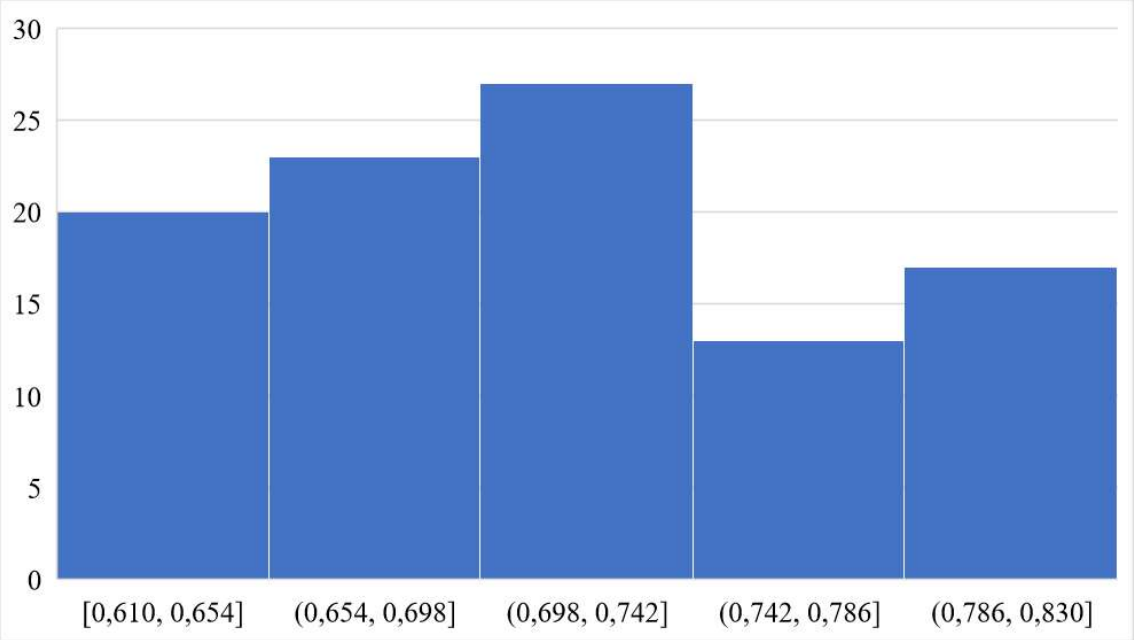


Рисунок 5.15. Гістограма розподілу коефіцієнта близькості C_i для альтернативи S1–S5 за результатами імітаційного моделювання.

Представлена гістограма (рисунок 5.15) відображає емпіричний розподіл значень коефіцієнта відносної близькості C_i, отриманий у процесі імітаційного моделювання при варіації вагових коефіцієнтів критеріїв. Кожне значення на діаграмі відповідає результату повторного застосування методу TOPSIS для згенерованого набору ваг на окремій ітерації. Таким чином, графік демонструє не фіксовану оцінку, а статистичну поведінку інтегрального показника в умовах невизначеності.

Загальна форма розподілу свідчить про концентрацію значень у межах приблизно від 0,61 до 0,83. Це узгоджується з раніше визначеними інтервалами варіації та підтверджує, що навіть при зміні структури ваг критеріїв C_i залишається на відносно високому рівні. Основна маса реалізацій зосереджена в центральних інтервалах, що відповідають діапазону близько 0,65–0,74. Саме в цій зоні спостерігається найбільша щільність значень, що свідчить про наявність стабільного «ядра» розподілу. Такий характер гістограми дозволяє зробити важливий попередній висновок: альтернатива S1 зберігає високий рівень наближеності до ідеального рішення навіть при зміні ваг критеріїв. Відсутність концентрації значень у нижніх інтервалах означає, що в більшості сценаріїв ця альтернатива не втрачає своїх сильних позицій. Навіть у випадках, коли значення C_i зменшується, воно залишається на рівні, характерному для лідируючих альтернатив.

Розподіл має одновершинну форму, що свідчить про відсутність декількох конкуруючих режимів поведінки показника. Це означає, що при зміні ваг не формується кілька принципово різних сценаріїв, у яких альтернатива могла б кардинально змінювати свою роль. Натомість значення C_i змінюються поступово, зберігаючи загальну логіку структури. Також помітно, що крайні інтервали містять меншу кількість спостережень. Це означає, що значення, близькі до мінімальних або максимальних меж, виникають відносно рідко. Іншими словами, для того щоб показник C_i суттєво зменшився або, навпаки, досягнув дуже високого рівня, необхідна специфічна комбінація ваг критеріїв, яка з’являється лише в обмеженій кількості ітерацій.

З методичної точки зору це є ознакою стабільності результатів TOPSIS. Центральна частина розподілу відповідає базовому значенню C_i, отриманому при використанні фіксованих ваг. Це означає, що детермінований результат не є випадковим або випадково завищеним, а відображає типову ситуацію, яка повторюється у значній кількості стохастичних реалізацій. Ще одним важливим аспектом є ширина розподілу. Вона показує, що показник C_1 має певний рівень чутливості до змін у структурі ваг. Значення можуть коливатися в досить помітних межах, однак ці коливання не є критичними. Альтернатива не переходить у зону низьких значень коефіцієнта близькості, що могло б свідчити про втрату конкурентних позицій.

З практичної точки зору це означає, що домінуюче положення S1 у базовому ранжуванні має високий рівень надійності. Навіть при зміні пріоритетів критеріїв її інтегральна оцінка залишається високою, а отже, ця альтернатива має потенціал зберігати лідируючу позицію в більшості можливих сценаріїв. У контексті загальної логіки імітаційного дослідження така гістограма виконує важливу функцію. Вона дозволяє перейти від одиничного числового значення до уявлення про повний спектр можливих реалізацій показника. Це дає змогу оцінити не лише середній рівень ефективності альтернативи, але й ступінь його стабільності.

Таким чином, розподіл значень C_i демонструє відносно високу концентрацію в центральній частині інтервалу, відсутність різких статистичних перекосів та обмежену кількість крайніх значень. Це свідчить про те, що результати методу TOPSIS для даної альтернативи є стійкими до помірних змін у вагових коефіцієнтах критеріїв і можуть розглядатися як достатньо надійні для використання в задачах стратегічного обґрунтування управлінських рішень.

Таблиця 5.16. Статистичні характеристики розподілу коефіцієнтів близькості Сі альтернатив S1–S4 за результатами імітаційного моделювання.

Показник	S1	S2	S3	S4
Середнє значення	0,7123	0,5795	0,2485	0,4327
Медіана	0,7100	0,5900	0,2500	0,4400
Стандартне відхилення	0,0578	0,0526	0,0230	0,0390

Результати імітаційного моделювання дозволяють перейти від детермінованих оцінок методу TOPSIS до їх статистичної інтерпретації. На основі вибірок значень коефіцієнтів близькості Ci, сформованих у процесі Монте Карло-експерименту, було визначено ключові характеристики розподілу: середні значення, медіани та стандартні відхилення для кожної альтернативи (таблиця 5.16). Ці показники дають змогу оцінити не лише типовий рівень наближеності альтернатив до ідеального рішення, але й ступінь стабільності їх положення при варіації вагових коефіцієнтів критеріїв.

Середні значення коефіцієнтів близькості практично збігаються з базовими результатами TOPSIS, що підтверджує коректність обраного підходу до імітаційного аналізу. Для альтернативи S1 середнє значення становить 0,7123, для S2 – 0,5795, для S3 – 0,2485, для S4 – 0,4327. Така структура відтворює початкову ієрархію: S1 займає перше місце, S2 – друге, S4 – третє, а S3 стабільно залишається на останній позиції. Порівняння середніх значень із медіанами показує їх дуже близьке розташування. Для S1 медіана дорівнює 0,7100, для S2 – 0,5900, для S3 – 0,2500, для S4 – 0,4400. Це свідчить про симетричний характер розподілів і відсутність значного впливу крайніх значень на центральні тенденції. Іншими словами, отримані середні оцінки є репрезентативними та не спотворюються окремими аномальними реалізаціями.

Для альтернативи S1 близькість середнього значення до медіани підтверджує стабільність її домінуючої позиції. Навіть при зміні ваг критеріїв значення Ci залишаються зосередженими навколо одного рівня, що означає високу передбачуваність поведінки цієї альтернативи. Це є важливим індикатором того, що її лідерство не є випадковим результатом окремої

конфігурації ваг, а зберігається у більшості можливих сценаріїв. Аналогічна ситуація спостерігається для S2. Хоча її значення нижчі, ніж у S1, розподіл також є досить компактним і симетричним. Це означає, що друга позиція у ранжуванні має достатньо стійкий характер і не залежить від незначних змін у структурі пріоритетів критеріїв. Для альтернативи S4 середнє значення (0,4327) та медіана (0,4400) також розташовані близько одна до одної. Це свідчить про відносну стабільність її положення в середній частині рейтингу. Вона не демонструє різких коливань і, як правило, займає проміжну позицію між сильнішими та слабшими сценаріями. Альтернатива S3 має найменші значення показника Ci. Середнє значення 0,2485 та медіана 0,2500 практично співпадають, що вказує на стабільність її положення як найменш пріоритетного варіанту. Відсутність значних відхилень означає, що навіть при зміні вагових коефіцієнтів ця альтернатива рідко демонструє істотне покращення свого положення.

Аналіз стандартних відхилень дозволяє оцінити рівень мінливості коефіцієнтів близькості. Найбільше стандартне відхилення спостерігається для S1 (0,0578). Це означає, що значення Ci для цієї альтернативи змінюється дещо активніше, ніж для інших сценаріїв. Така ситуація є логічною, оскільки лідируюча альтернатива найбільше реагує на перерозподіл ваг критеріїв, що впливає на її відносну близькість до ідеального рішення. Для S2 стандартне відхилення становить 0,0526, що лише трохи менше, ніж для S1. Це свідчить про помірну чутливість цього сценарію до змін у структурі ваг. Його положення є достатньо стабільним, але в окремих випадках можливі помітні коливання значення Ci. Для S4 стандартне відхилення дорівнює 0,0390, що вказує на середній рівень варіативності. Альтернатива демонструє помірні зміни значень, але без різких відхилень. Це підтверджує її стабільну роль як середнього за ефективністю сценарію.

Найменше стандартне відхилення має S3 (0,0230). Це означає, що її значення Ci змінюються найменше і мають найбільш стабільний характер. Така поведінка характерна для альтернатив із низьким рівнем наближеності до

ідеального рішення, оскільки вони менш чутливі до перерозподілу ваг між критеріями.

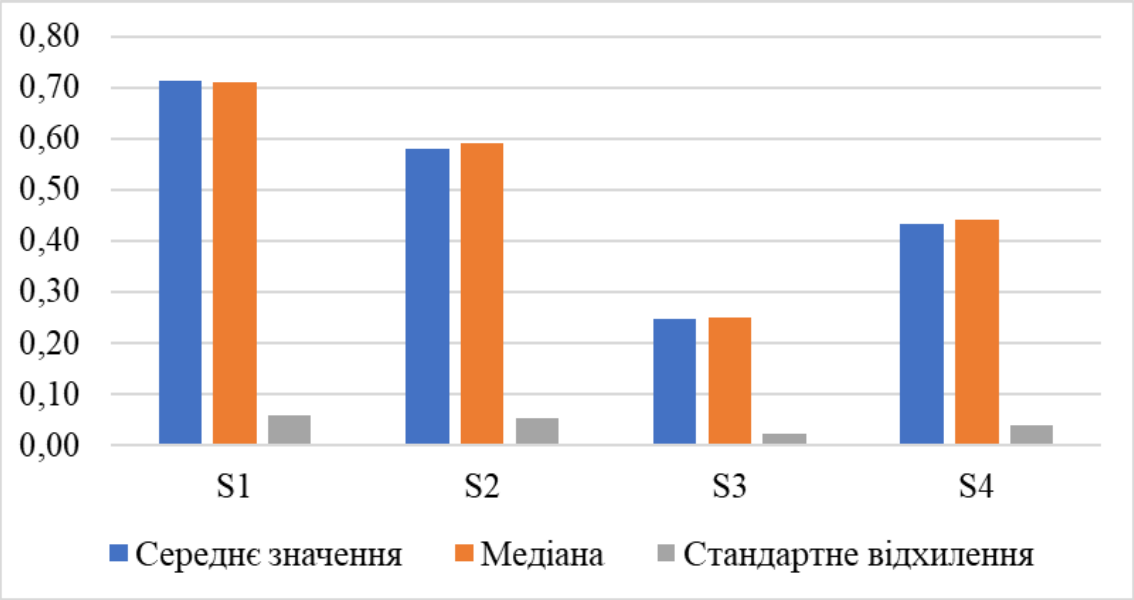


Рисунок 5.16. Порівняння середніх значень, медіан та стандартних відхилень коефіцієнтів близькості Ci

Графічна інтерпретація результатів (рисунок 5.16) наочно підтверджує отримані числові оцінки. Стовпці середніх значень та медіан майже збігаються за висотою для кожної альтернативи, що свідчить про симетричність розподілів. Стовпці стандартних відхилень є значно нижчими, що вказує на обмежений рівень розсіювання порівняно з абсолютними значеннями показників. З позиції аналізу стійкості методу TOPSIS ці результати мають важливе значення. Вони демонструють, що навіть при варіації вагових коефіцієнтів структура ранжування альтернатив практично не змінюється. Домінуюча позиція S1 зберігається, S2 стабільно залишається другою, S4 займає проміжне положення, а S3 – останню позицію.

Таким чином, статистичні характеристики розподілу коефіцієнтів близькості підтверджують, що результати методу TOPSIS мають високий рівень надійності. Центральні тенденції залишаються стабільними, розподіли мають близьку до симетричної форму, а рівень варіативності є помірним і

логічно узгодженим із базовою структурою альтернатив. Це свідчить про те, що отримане ранжування є стійким до змін у системі ваг критеріїв і може розглядатися як обґрунтована основа для прийняття стратегічних управлінських рішень.

Таблиця 5.17. Інтервальні та перцентильні характеристики розподілу коефіцієнтів близькості Ci альтернатив S1–S4 за результатами імітаційного моделювання.

Показник	S1	S2	S3	S4
Мінімальне значення	0,61	0,5	0,21	0,37
Максимальне значення	0,81	0,66	0,28	0,49
Діапазон	0,2	0,16	0,07	0,12
Перцентиль 25%	0,66	0,52	0,23	0,3975
Перцентиль 75%	0,76	0,62	0,27	0,47
Перцентиль 95%	0,8005	0,6505	0,28	0,49

Представлені результати (таблиця 5.17) відображають поглиблений аналіз варіативності коефіцієнтів відносної близькості Ci альтернатив S1–S4, отриманих у процесі імітаційного моделювання. Якщо попередні статистичні показники дозволили оцінити центральні тенденції та загальний рівень розсіювання, то поточні характеристики дають можливість дослідити структуру крайніх значень, щільність розподілу та межі можливих коливань інтегральних оцінок.

Мінімальні та максимальні значення коефіцієнтів близькості демонструють фактичний спектр змін, який виникає при варіації вагових коефіцієнтів критеріїв. Для альтернативи S1 значення Ci змінюються від 0,61 до 0,81. Це підтверджує, що навіть у найменш сприятливих сценаріях цей варіант зберігає відносно високий рівень наближеності до ідеального рішення. Водночас максимальне значення наближається до 0,8, що свідчить про потенціал значного посилення його позицій при певних конфігураціях ваг. Для

альтернативи S2 діапазон значень становить 0,50–0,66. Це означає, що вона стабільно залишається в зоні середніх і високих оцінок, хоча й поступається лідеру. При цьому її мінімальні значення не перетинаються з верхніми межами альтернатив нижчого рівня, що свідчить про збереження відносної дистанції між позиціями. Альтернатива S4 демонструє коливання в межах 0,37–0,49. Це підтверджує її стабільне положення у середній частині ранжування. Навіть за найсприятливіших умов вона не досягає значень, характерних для S2, а при мінімальних значеннях не наближається до рівня S3 настільки, щоб це могло суттєво змінити структуру рейтингу. Для S3 спостерігається найменший діапазон значень – від 0,21 до 0,28. Це вказує на дуже стабільний характер поведінки цієї альтернативи. Незалежно від варіації вагових коефіцієнтів її інтегральна оцінка змінюється в досить вузьких межах, що підтверджує стійкість її позиції як найменш пріоритетного сценарію.

Аналіз діапазонів дозволяє порівняти рівень чутливості альтернатив до змін у структурі ваг. Найбільший діапазон характерний для S1 (0,20), що свідчить про високу реактивність цього сценарію на перерозподіл пріоритетів. Досить значний діапазон має також S2 (0,16), що вказує на помітну, але контрольовану варіативність. Для S4 цей показник становить 0,12, а для S3 – лише 0,07, що підтверджує її найвищу стабільність.

Перцентильний аналіз дозволяє оцінити структуру концентрації значень усередині розподілу. Значення 25-го та 75-го перцентилів визначають інтервал, у якому знаходиться половина всіх реалізацій. Для S1 цей інтервал становить приблизно 0,66–0,76. Це означає, що у більшості ітерацій значення Сі для цієї альтернативи зосереджені у досить вузькому коридорі, близькому до базового рівня. Така концентрація свідчить про стабільність лідируючої позиції. Для S2 міжквартильний інтервал становить приблизно 0,52–0,62. Це підтверджує, що значення коефіцієнта близькості в більшості випадків залишаються на стабільному рівні, не демонструючи різких коливань. Аналогічна картина спостерігається для S4, де центральний інтервал лежить у межах 0,3975–0,47. Це свідчить про відносно передбачувану поведінку цієї

альтернативи. Для S3 міжквартильний інтервал становить приблизно 0,23–0,27, що є найвужчим серед усіх альтернатив. Це підтверджує, що значення Ci для цього сценарію концентруються в обмеженому діапазоні, що зменшує ймовірність істотних змін у його ранговому положенні.

Особливий інтерес становить 95-й перцентиль, який характеризує верхню межу значень для 95% реалізацій. Для S1 він становить 0,8005, для S2 – 0,6505, для S3 – 0,28, для S4 – 0,49. Це означає, що лише у незначній кількості ітерацій значення перевищують ці рівні. З практичної точки зору ці показники можна трактувати як умовно граничні значення, що характеризують потенційний максимум ефективності кожного сценарію в умовах варіації ваг.

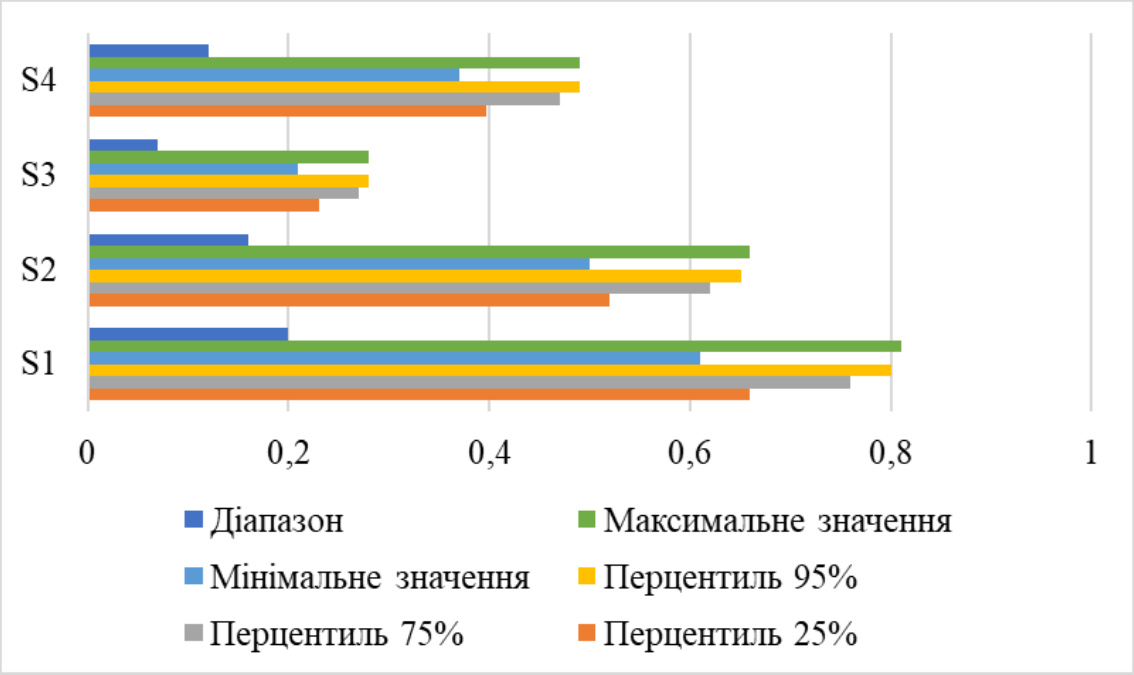


Рисунок 5.17. Візуалізація варіативності коефіцієнтів близькості Ci альтернатив S1–S4: мінімальні, максимальні значення, діапазони та перцентильні інтервали.

Графічна інтерпретація результатів (рисунок 5.17) наочно демонструє співвідношення між мінімальними та максимальними значеннями, діапазонами і перцентильними межами. Добре видно, що альтернатива S1 має не лише найвищі значення Ci, але й найбільший простір варіації. S2 стабільно

займає другу позицію, тоді як S4 і S3 демонструють нижчі рівні та менші інтервали коливань. З позиції аналізу стійкості ранжування ці результати мають принципове значення. Навіть при врахуванні крайніх значень не спостерігається істотного перекриття інтервалів між альтернативами різних рівнів. Наприклад, мінімальні значення S1 залишаються вищими за більшість значень S2, а максимальні значення S3 не досягають рівня S4. Це означає, що структура пріоритетів зберігається у більшості можливих сценаріїв.

Таким чином, інтервальний та перцентильний аналіз підтверджує високу стійкість результатів методу TOPSIS. Центральні області розподілів залишаються чітко розділеними, крайні значення не призводять до суттєвого змішування позицій альтернатив, а рівень варіативності є логічно узгодженим із базовою структурою. Це свідчить про те, що отримане ранжування має статистично обґрунтований характер і може розглядатися як надійна основа для прийняття стратегічних управлінських рішень навіть в умовах невизначеності структури вагових коефіцієнтів.

Таблиця 5.18. Показники варіативності та форми розподілу коефіцієнтів близькості Ci альтернатив S1–S4 за результатами імітаційного моделювання.

Показник	S1	S2	S3	S4
Коефіцієнт варіації	0,08	0,09	0,09	0,09
Коефіцієнт асиметрії	0,0449	-0,0141	-0,3046	-0,1893
Ексцес	-1,026	-1,4757	-0,999	-1,3155

Коефіцієнт варіації характеризує відносний рівень розсіювання значень відносно їх середнього. Для всіх альтернатив він знаходиться в межах 0,08–0,09. Це свідчить про досить низький рівень мінливості інтегральних показників. Найменше значення спостерігається для S1 (0,08), що означає найвищу відносну стабільність цієї альтернативи. Навіть при варіації вагових коефіцієнтів критеріїв її інтегральна оцінка змінюється в обмежених межах відносно свого середнього значення.

Для альтернатив S2, S3 та S4 коефіцієнти варіації практично однакові та становлять близько 0,09. Це означає, що рівень їх чутливості до змін у структурі ваг є помірним і приблизно однаковим. Водночас ці значення залишаються невисокими, що підтверджує загальну стабільність результатів методу TOPSIS. Відносна варіативність усіх альтернатив є збалансованою, без різких відмінностей між сценаріями.

Коефіцієнти асиметрії дозволяють оцінити форму розподілу значень Ci відносно середнього. Для альтернативи S1 спостерігається невелике додатне значення (0,0449), що свідчить про слабке зміщення розподілу в бік більших значень. Це означає, що інколи при певних конфігураціях ваг інтегральна оцінка цієї альтернативи може дещо перевищувати середній рівень, проте величина цього зміщення є незначною.

Для S2 коефіцієнт асиметрії становить -0,0141, що практично відповідає симетричному розподілу. Це означає, що значення Ci для цього сценарію рівномірно коливаються в обидва боки відносно середнього без вираженої тенденції до збільшення або зменшення. Більш помітна від’ємна асиметрія характерна для S3 (-0,3046) та S4 (-0,1893). Це означає, що у розподілах цих альтернатив частіше зустрічаються значення, дещо менші за середні. Іншими словами, у частині сценаріїв інтегральні оцінки можуть зменшуватися більш активно, ніж зростати. Водночас величина цих коефіцієнтів не є критичною і не свідчить про сильне викривлення розподілу.

Загалом значення коефіцієнтів асиметрії для всіх альтернатив знаходяться відносно близько до нуля. Це дозволяє зробити висновок про загальну симетричність розподілів та відсутність систематичних перекосів у бік крайніх значень. Така структура є характерною для стабільних стохастичних процесів, де коливання відбуваються рівномірно в обидва боки відносно центральної тенденції.

Ексцес характеризує ступінь концентрації значень у центральній частині розподілу та товщину його «хвостів». Для всіх альтернатив отримані від’ємні значення ексцесу: -1,026 для S1, -1,4757 для S2, -0,999 для S3 та -1,3155 для

S4. Це означає, що розподіли є більш пласкими порівняно з нормальним законом, а значення Ci розподіляються більш рівномірно в межах допустимого діапазону.

Найбільш виражений від'ємний ексцес спостерігається для S2, що свідчить про відносно широку область значень без різко вираженого піку в центрі. Подібна, хоча і дещо менш виражена картина характерна для S4. Для S1 та S3 значення ексцесу також від'ємні, що підтверджує загальний характер розподілів для всіх альтернатив. З методичної точки зору від'ємний ексцес означає відсутність різко домінуючих значень та екстремальних викидів. Значення коефіцієнтів близькості формуються в досить рівномірному інтервалі, без концентрації в одній точці. Це свідчить про те, що зміна вагових коефіцієнтів призводить до поступових, а не стрибкоподібних змін у значеннях Ci.

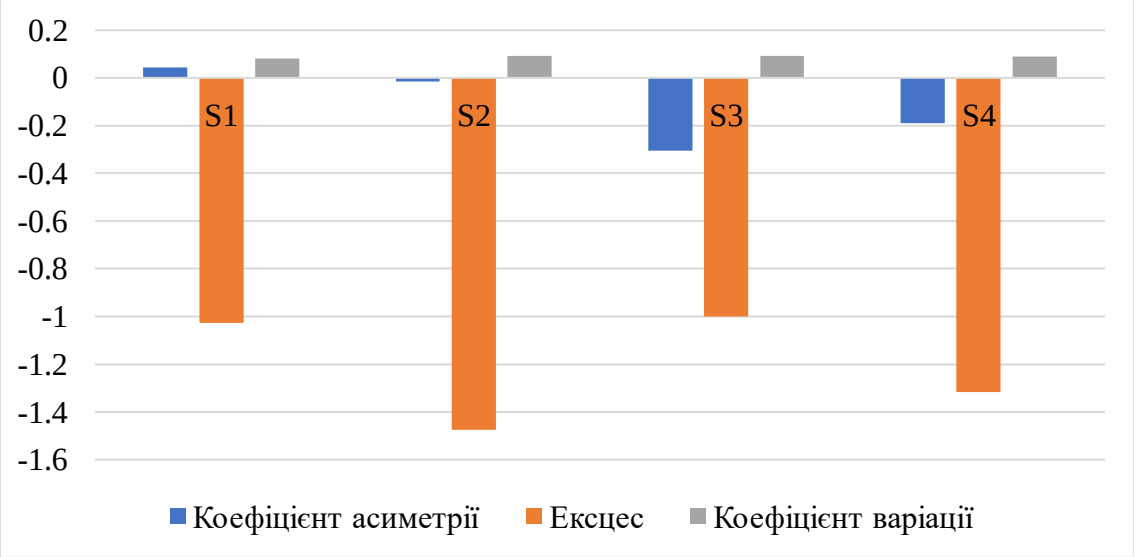


Рисунок 5.18. Порівняння коефіцієнтів варіації, асиметрії та ексцесу для розподілів коефіцієнтів близькості Ci альтернатив S1–S4

Графічне представлення результатів (рисунок 5.18) дозволяє наочно порівняти три ключові характеристики розподілів для всіх альтернатив. Добре видно, що коефіцієнти варіації мають близькі значення, асиметрія є незначною, а ексцес стабільно від'ємний. Така узгоджена структура

підтверджує подібний характер стохастичної поведінки всіх інтегральних оцінок.

У контексті оцінювання стійкості результатів методу TOPSIS ці показники мають принципове значення. Вони свідчать про те, що розподіли значень коефіцієнтів близькості є статистично збалансованими, без різких перекосів або аномальних концентрацій. Це означає, що отримані середні значення та ранжування альтернатив не є випадковими і відображають типову поведінку системи.

Таким чином, аналіз коефіцієнтів варіації, асиметрії та ексцесу підтверджує, що результати методу TOPSIS демонструють високий рівень статистичної стійкості. Коливання інтегральних оцінок мають помірний і передбачуваний характер, розподіли є близькими до симетричних, а їх форма свідчить про відсутність різких статистичних аномалій. Це дозволяє розглядати отримане ранжування альтернатив як надійну основу для прийняття стратегічних управлінських рішень навіть в умовах невизначеності структури вагових коефіцієнтів критеріїв.

Таблиця 5.19. Довірчі інтервали середніх значень коефіцієнтів близькості Ci альтернатив S1–S4 (95% рівень довіри).

Показник	S1	S2	S3	S4
Середнє значення	0,7123	0,5795	0,2485	0,4327
Довірчий інтервал середнього 95% (-)	0,701	0,4612	0,1913	0,2858
Довірчий інтервал середнього 95% (+)	0,7236	0,6978	0,3057	0,5796
Верхня похибка	0,0113	0,1183	0,0572	0,1469
Нижня похибка	0,0113	0,1183	0,0572	0,1469

Оцінювання довірчих інтервалів середніх значень коефіцієнтів близькості Ci є завершальним етапом статистичного аналізу стійкості

результатів методу TOPSIS. На відміну від показників варіативності окремих реалізацій, довірчі інтервали дозволяють визначити точність оцінювання математичного сподівання інтегрального показника для кожної альтернативи. Іншими словами, вони характеризують ступінь надійності середнього значення, яке виступає узагальненою оцінкою ефективності сценарію розвитку.

Отримані середні значення коефіцієнтів близькості підтверджують попередньо встановлену ієрархію альтернатив: S1 – 0,7123, S2 – 0,5795, S4 – 0,4327, S3 – 0,2485. Ця структура повністю відповідає базовому ранжуванню, що вже саме по собі є важливою ознакою стабільності результатів при варіації вагових коефіцієнтів. Для альтернативи S1 довірчий інтервал середнього є найвужчим і становить приблизно 0,701–0,7236. Відповідні верхня та нижня похибки практично симетричні та дорівнюють 0,0113. Така компактна область довіри свідчить про дуже високий рівень точності оцінювання середнього значення. Це означає, що навіть при зміні структури ваг інтегральна оцінка цієї альтернативи залишається стабільною і концентрується поблизу свого середнього рівня. З практичної точки зору це підтверджує високу надійність її домінуючої позиції.

Для альтернативи S2 довірчий інтервал значно ширший – від 0,4612 до 0,6978. Відповідні похибки становлять близько 0,1183. Це вказує на більшу чутливість цієї альтернативи до змін вагових коефіцієнтів критеріїв. У різних ітераціях її інтегральна оцінка може досить помітно змінюватися, що пояснюється її проміжною позицією в ієрархії. Вона не має настільки стійкого домінування, як S1, і водночас перебуває в зоні потенційної конкуренції з альтернативою S4.

Для S3 середнє значення становить 0,2485, а довірчий інтервал – 0,1913–0,3057. Похибка дорівнює 0,0572. Це свідчить про помірний рівень статистичної невизначеності. Незважаючи на варіації значень, цей сценарій стабільно залишається на нижніх позиціях, оскільки навіть верхня межа довірчого інтервалу не наближається до середніх значень альтернатив S2 та

S4. Для альтернативи S4 довірчий інтервал є одним із найширших – від 0,2858 до 0,5796. Похибки становлять 0,1469, що є найбільшим значенням серед усіх альтернатив. Це свідчить про підвищену чутливість інтегральної оцінки цього сценарію до варіації ваг критеріїв. У різних конфігураціях пріоритетів він може суттєво змінювати своє положення в просторі TOPSIS, що пояснює широку область довіри.

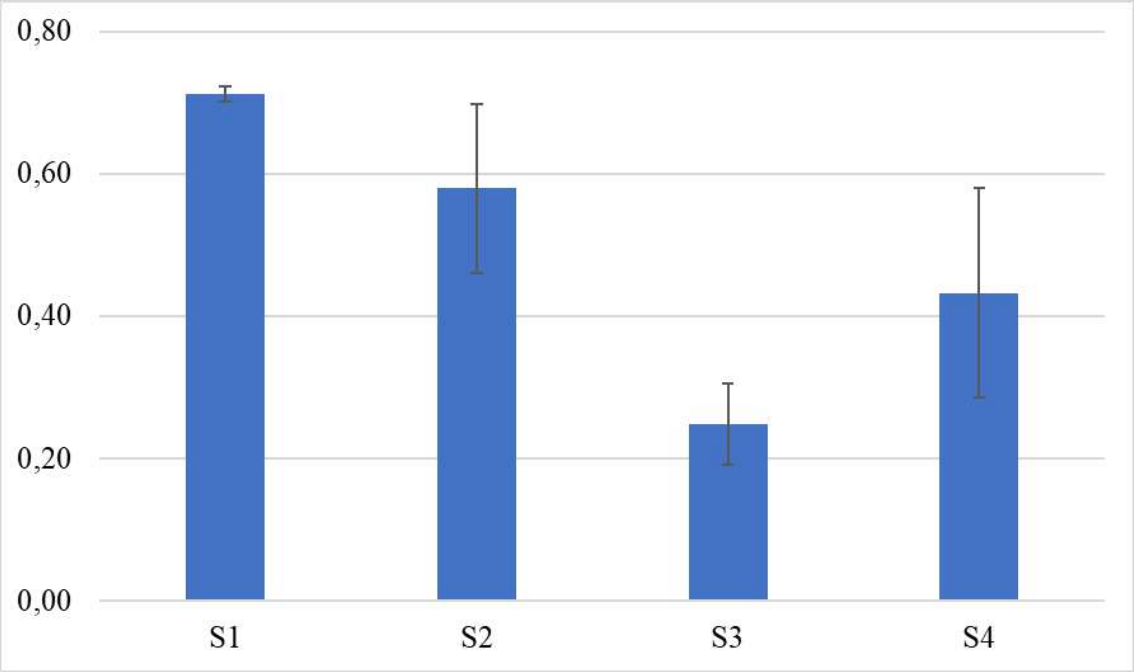


Рисунок 5.19. Середні значення коефіцієнтів близькості Сі альтернатив S1–S4 з 95% довірчими інтервалами за результатами імітаційного моделювання.

Графічне представлення результатів із використанням стовпчикової діаграми (рисунок 5.19) з похибками наочно демонструє співвідношення між середніми значеннями та межами довірчих інтервалів. Добре видно, що для S1 похибка є мінімальною, тоді як для S2 та S4 вона значно більша. Це означає, що саме ці альтернативи демонструють найбільшу реакцію на зміну структури вагових коефіцієнтів. З методичної точки зору вузький довірчий інтервал означає високу точність оцінювання середнього значення та низьку статистичну невизначеність. Широкі інтервали, навпаки, свідчать про більшу варіативність і потенційну чутливість до змін у вихідних даних. У даному

випадку найбільш стабільною альтернативою з точки зору оцінювання середнього значення є S1, тоді як S2 та S4 демонструють більшу гнучкість у поведінці інтегрального показника.

Важливим є те, що навіть при врахуванні довірчих інтервалів загальна структура ранжування в більшості випадків не руйнується. Середнє значення S1 залишається істотно вищим за інші, що підтверджує її лідируючу роль. Альтернатива S3 стабільно залишається на останній позиції, а S2 і S4 займають проміжні місця, демонструючи певний рівень конкуренції між собою.

Таким чином, аналіз довірчих інтервалів підтверджує статистичну надійність отриманих середніх оцінок коефіцієнтів близькості. Навіть за наявності варіативності окремих реалізацій центральні тенденції залишаються стійкими, а базове ранжування альтернатив зберігається. Це дозволяє розглядати результати методу TOPSIS не лише як детерміновану оцінку, але як статистично обґрунтовану систему, здатно відображати поведінку альтернатив у широкому спектрі можливих сценаріїв прийняття управлінських рішень.

У системах багатокритеріального прийняття управлінських рішень у будівельній галузі метод PROMETHEE є ефективним інструментом ранжування альтернатив на основі порівняльної переваги за сукупністю критеріїв. Його особливістю є використання потоків переваг, що дозволяє оцінити ступінь домінування однієї альтернативи над іншими та сформувати інтегральний показник її позиції в системі рішень.

У рамках застосування методу PROMETHEE підсумковою мірою ефективності альтернативи виступає чистий потік переваг φ_i. Чим більше значення φ_i, тим сильніше альтернатива домінує над іншими. Додатні значення свідчать про переважання альтернативи, тоді як від’ємні значення вказують на її відносно слабші позиції. Таким чином, ранжування альтернатив у методі PROMETHEE формується безпосередньо на основі величини чистого потоку переваг. У класичному детермінованому підході значення φ_i розглядаються як фіксовані. Проте в реальних умовах прийняття управлінських рішень

результати PROMETHEE залежать від низки параметрів, які мають експертний або умовний характер, зокрема:

- вагових коефіцієнтів критеріїв;
- вибору типу функції переваги;
- значень порогів байдужості та переваги;
- точності вхідних оцінок альтернатив.

Зміна цих параметрів, навіть у межах невеликих відхилень, може призводити до варіації значень потоків переваг і, відповідно, до зміни підсумкового ранжування альтернатив. У зв'язку з цим виникає необхідність оцінювання стійкості результатів методу PROMETHEE до можливих коливань у вихідних припущеннях.

Метою даного етапу дослідження є аналіз стабільності інтегральних показників φ_i та підсумкового ранжування альтернатив у методі PROMETHEE в умовах невизначеності параметрів моделі. Для цього пропонується використати метод імітаційного моделювання Монте Карло, який дозволяє розглядати чистий потік переваг не як єдине фіксоване значення, а як випадкову величину, що коливається в заданому інтервалі навколо базової оцінки.

Нехай для кожної альтернативи (сценарію розвитку) на основі детермінованого розрахунку отримано базове значення:

$$\varphi_i^0, \quad i = 1, \ldots, m, \tag{5.14}$$

де m - кількість альтернатив.

У процесі імітаційного моделювання передбачається, що реальні значення чистого потоку можуть відхилятися від базових у межах певного допустимого діапазону. Такі відхилення інтерпретуються як агрегований результат варіації ваг критеріїв, похибок експертних оцінок та зміни умов функціонування підприємства. Для кожної альтернативи формується інтервальна область можливих значень:

$$\varphi_i^{min} \leq \varphi_i^{(t)} \leq \varphi_i^{max}, \tag{5.15}$$

де $\varphi_i^{(t)}$ - значення чистого потоку на t-тій ітерації, t=1,…,N - номер ітерації, N - загальна кількість ітерацій імітаційного моделювання.

На кожній ітерації випадковим чином генерується нове значення $\varphi_i^{(t)}$ для кожної альтернативи, що дозволяє сформувати вибірку:

$$\{\varphi_i^{(1)}, \varphi_i^{(2)}, \ldots, \varphi_i^{(N)}\}. \tag{5.15}$$

Отримані вибірки відображають поведінку інтегрального показника PROMETHEE в умовах невизначеності та дозволяють перейти від точкової оцінки до статистичного аналізу.

Для кожної альтернативи на основі результатів імітаційного моделювання можуть бути визначені такі характеристики:

- середнє значення чистого потоку;
- медіана;
- мінімальні та максимальні значення;
- стандартне відхилення;
- перцентильні оцінки;
- довірчі інтервали.

Ці показники дозволяють оцінити ступінь варіативності інтегральної оцінки та визначити, наскільки стабільною є позиція альтернативи в системі порівняння.

Окрім аналізу розподілів значень φ_i, важливим завданням є дослідження стабільності ранжування альтернатив. На кожній ітерації формується ранговий порядок:

$$R^{(t)} = \mathbf{rank}\left(\varphi_1^{(t)}, \varphi_2^{(t)}, \ldots, \varphi_m^{(t)}\right), \tag{5.16}$$

де ранжування здійснюється за спаданням значень чистого потоку. У результаті багаторазового повторення ітерацій отримується можливість визначити:

- частоту зайняття альтернативою першого місця;
- частоту перебування в групі лідерів;
- ймовірність втрати домінуючої позиції;
- стабільність рангового положення в різних реалізаціях моделі.

Такий підхід дозволяє перейти від детермінованого вибору «найкращої» альтернативи до ймовірнісної оцінки її переваги. Іншими словами, замість одного фіксованого результату формується статистично обґрунтоване уявлення про надійність і стійкість управлінського рішення.

Особливістю методу PROMETHEE є те, що значення чистого потоку можуть бути як додатними, так і від'ємними. Від'ємне значення φ_i не є помилкою або некоректністю, а відображає відносно слабшу позицію альтернативи в системі порівняння. У межах імітаційного дослідження це дозволяє оцінити:

- ймовірність переходу альтернативи з області від'ємних значень у додатні;
- ступінь домінування лідируючих сценаріїв;
- стабільність відставання менш ефективних альтернатив.

Таким чином, постановка задачі імітаційного моделювання для методу PROMETHEE полягає у формуванні статистично обґрунтованих розподілів значень чистого потоку φ_i та дослідженні стійкості ранжування альтернатив у присутності невизначеності параметрів моделі. Отримані результати дозволяють оцінити надійність вибору стратегічних сценаріїв розвитку будівельних підприємств та виявити альтернативи, позиції яких є найбільш стабільними в умовах зміни вихідних припущень.

Таблиця 5.20. Базові значення чистих потоків переваг φ альтернатив S1–S4 та межі їх варіації (±15%) у межах імітаційного дослідження методу PROMETHEE.

	Значення ϕ	Min (-15%)	Max (+15%)

S1	0,6300	0,5355	0,7245
S2	0,1580	0,1343	0,1817
S3	-0,6560	-0,5576	-0,7544
S4	-0,1320	-0,1122	-0,1518

Отримані базові значення чистих потоків переваг φ формують вихідну структуру ранжування альтернатив у межах методу PROMETHEE та виступають початковою точкою для подальшого імітаційного аналізу стійкості. На відміну від методу TOPSIS, де інтегральна оцінка завжди має додатні значення, у PROMETHEE показник φ може бути як додатним, так і від'ємним, що відображає баланс між домінуванням альтернативи над іншими та її відставанням у системі порівняння.

Найбільше значення чистого потоку має альтернатива S1 (φ = 0,6300). Це свідчить про її чітко виражене домінування в системі альтернатив. Додатне і відносно велике значення показника означає, що позитивний потік переваг суттєво перевищує негативний, а отже, цей сценарій має найбільш вигідну позицію в сукупному порівнянні за всіма критеріями. Навіть при врахуванні допустимого інтервалу варіації ±15% значення φ для цієї альтернативи залишається в межах 0,5355–0,7245, що підтверджує її стабільно сильну позицію.

Друге місце в базовому ранжуванні займає альтернатива S2 зі значенням φ = 0,1580. Її чистий потік також є додатним, однак істотно меншим за значення S1. Це означає, що вона переважає інші альтернативи, але з менш вираженим рівнем домінування. Межі можливих значень (0,1343–0,1817) є відносно вузькими, що свідчить про потенційно стабільне положення цієї альтернативи як одного з лідерів, хоча і з помітним відставанням від першої позиції.

Альтернатива S4 має від'ємне значення чистого потоку (φ = -0,1320). Це означає, що у сукупному порівнянні вона частіше поступається іншим сценаріям, ніж переважає їх. Проте її значення є близьким до нуля, що вказує

на проміжний характер її позиції. У межах варіації ±15% інтервал значень становить приблизно від -0,1518 до -0,1122. Це означає, що навіть при зміні параметрів моделі вона, ймовірно, залишатиметься в зоні слабкого відставання, але без різкого погіршення позицій.

Найменше значення чистого потоку спостерігається для альтернативи S3 (φ = -0,6560). Це свідчить про її стабільно слабку позицію в системі порівняння. Значення є суттєво від'ємним, що означає домінування інших альтернатив над цим сценарієм. Межі можливих значень (-0,7544 – -0,5576) підтверджують, що навіть при варіації параметрів моделі цей варіант залишається значно менш ефективним порівняно з іншими.

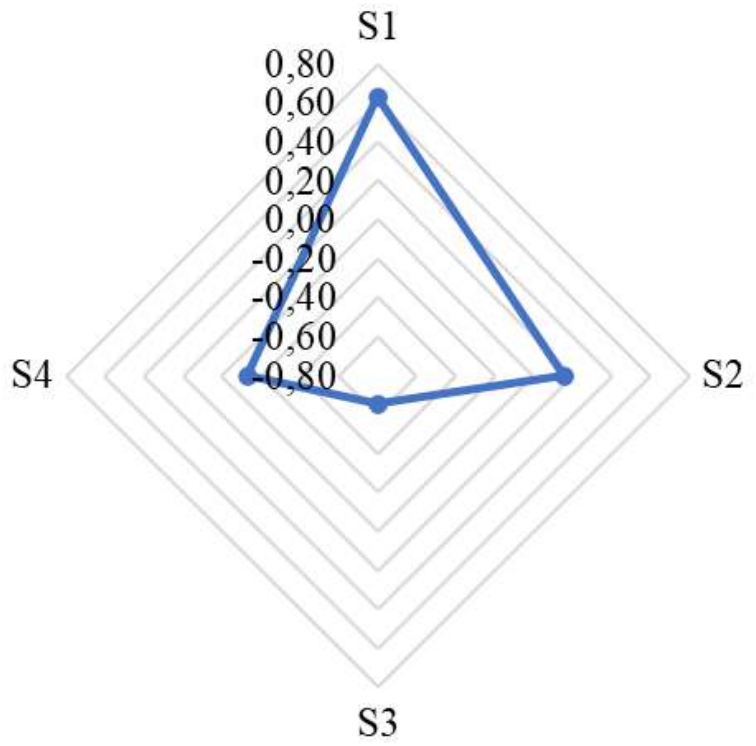


Рисунок 5.20. Базова структура чистих потоків переваг φ альтернатив S1–S4 за результатами детермінованого розрахунку методу PROMETHEE.

Графічне представлення базових значень φ у вигляді радарної діаграми (рисунок 5.20) дозволяє наочно оцінити співвідношення між альтернативами. Полігон має чітко виражену асиметричну форму: одна альтернатива (S1) демонструє значне домінування, друга (S2) має помірно додатне значення, тоді

як дві інші (S3 та S4) знаходяться в зоні від'ємних значень. Така структура чітко відображає розподіл сил між сценаріями розвитку.

Особливістю цього результату є наявність як додатних, так і від'ємних значень, що дає можливість більш глибоко інтерпретувати позиції альтернатив. Додатні значення означають переважання альтернативи над системою конкурентів, тоді як від'ємні – її відставання. Таким чином, уже на базовому етапі формується чітка градація: S1 – домінуючий сценарій, S2 – другорядний, S4 – проміжний із тенденцією до відставання, S3 – аутсайдер.

Визначені інтервали варіації ±15% виступають методичною основою для подальшого імітаційного дослідження. Вони інтерпретуються як узагальнений результат можливих змін у вагових коефіцієнтах, порогових значеннях функцій переваги та експертних оцінках. Таким чином, кожне базове значення φ розглядається не як фіксована величина, а як центр можливого статистичного розподілу.

З позиції попереднього аналізу стійкості ранжування вже на цьому етапі можна відзначити певні закономірності. По-перше, відстань між S1 і S2 є достатньо великою, що знижує ймовірність втрати першої позиції при помірних змінах параметрів. По-друге, S3 має настільки від'ємне значення, що її перехід у зону додатних значень є малоймовірним. По-третє, S4 займає проміжну позицію поблизу нуля, що робить її найбільш чутливою до змін у параметрах моделі.

Таким чином, базові значення чистих потоків переваг φ разом із заданими інтервалами їх варіації формують вихідну структуру для подальшого стохастичного аналізу. Саме відносно цих значень буде досліджуватися розподіл показників у процесі Монте Карло-моделювання, оцінюватися стабільність ранжування альтернатив та визначатися надійність домінуючих позицій. У ширшому контексті ці результати свідчать про наявність чітко вираженої ієрархії альтернатив у системі PROMETHEE: одна альтернатива демонструє сильне домінування, одна має помірну перевагу, одна знаходиться в зоні слабкого відставання, а одна – у зоні значного відставання. Така

структура є зручною для подальшого імітаційного аналізу, оскільки дозволяє оцінити, наскільки стабільною є ця ієрархія при варіації параметрів моделі та чи зберігається домінування лідируючого сценарію в умовах невизначеності.

Таблиця 5.21. Результатами імітаційного моделювання методом Монте Карло (100 ітерацій).

Н п/п	S1	S2	S3	S4
1	0,620	0,170	-0,710	-0,120
2	0,670	0,150	-0,590	-0,560
3	0,580	0,140	-0,630	-0,600
4	0,550	0,170	-0,640	-0,640
5	0,550	0,160	-0,730	-0,570
6	0,620	0,160	-0,700	-0,650
7	0,690	0,180	-0,640	-0,590
8	0,720	0,170	-0,750	-0,690
9	0,700	0,150	-0,730	-0,720
10	0,550	0,180	-0,720	-0,640
11	0,590	0,150	-0,600	-0,660
12	0,540	0,140	-0,580	-0,590
13	0,640	0,140	-0,680	-0,570
14	0,640	0,170	-0,730	-0,730
15	0,610	0,160	-0,560	-0,700
16	0,660	0,170	-0,710	-0,680
17	0,650	0,160	-0,640	-0,640
18	0,700	0,170	-0,650	-0,600
19	0,670	0,170	-0,560	-0,690
20	0,550	0,160	-0,670	-0,600
21	0,650	0,170	-0,730	-0,620

22	0,640	0,180	-0,610	-0,730
23	0,670	0,170	-0,690	-0,610
24	0,670	0,160	-0,670	-0,570
25	0,540	0,170	-0,700	-0,690
26	0,630	0,160	-0,660	-0,680
27	0,560	0,140	-0,560	-0,620
28	0,710	0,150	-0,560	-0,750
29	0,670	0,150	-0,680	-0,610
30	0,570	0,150	-0,590	-0,740
31	0,550	0,180	-0,740	-0,610
32	0,550	0,140	-0,670	-0,710
33	0,720	0,150	-0,660	-0,670
34	0,580	0,180	-0,670	-0,690
35	0,650	0,160	-0,680	-0,670
36	0,620	0,180	-0,740	-0,730
37	0,580	0,140	-0,580	-0,630
38	0,710	0,160	-0,560	-0,740
39	0,710	0,170	-0,570	-0,630
40	0,650	0,180	-0,720	-0,630
41	0,690	0,150	-0,750	-0,570
42	0,620	0,140	-0,670	-0,750
43	0,640	0,170	-0,610	-0,670
44	0,710	0,150	-0,750	-0,660
45	0,690	0,160	-0,680	-0,750
46	0,550	0,170	-0,720	-0,630
47	0,540	0,180	-0,630	-0,740
48	0,690	0,170	-0,640	-0,650
49	0,560	0,170	-0,670	-0,650
50	0,580	0,160	-0,680	-0,670

51	0,590	0,170	-0,670	-0,560
52	0,700	0,160	-0,680	-0,740
53	0,570	0,160	-0,580	-0,740
54	0,590	0,170	-0,640	-0,660
55	0,570	0,180	-0,570	-0,730
56	0,610	0,140	-0,690	-0,570
57	0,550	0,150	-0,560	-0,750
58	0,630	0,170	-0,750	-0,640
59	0,550	0,180	-0,600	-0,610
60	0,710	0,140	-0,750	-0,600
61	0,690	0,180	-0,690	-0,740
62	0,580	0,180	-0,610	-0,750
63	0,700	0,140	-0,600	-0,590
64	0,670	0,170	-0,630	-0,580
65	0,670	0,140	-0,570	-0,670
66	0,600	0,150	-0,580	-0,680
67	0,560	0,150	-0,700	-0,690
68	0,560	0,180	-0,600	-0,640
69	0,590	0,180	-0,680	-0,600
70	0,720	0,170	-0,570	-0,560
71	0,710	0,170	-0,750	-0,730
72	0,650	0,150	-0,570	-0,620
73	0,670	0,160	-0,610	-0,650
74	0,690	0,160	-0,690	-0,640
75	0,640	0,180	-0,730	-0,680
76	0,570	0,160	-0,700	-0,690
77	0,690	0,140	-0,600	-0,700
78	0,680	0,160	-0,720	-0,640
79	0,650	0,170	-0,570	-0,690

80	0,570	0,160	-0,600	-0,750
81	0,650	0,170	-0,590	-0,580
82	0,660	0,140	-0,570	-0,710
83	0,650	0,170	-0,690	-0,700
84	0,570	0,180	-0,600	-0,640
85	0,680	0,140	-0,610	-0,700
86	0,620	0,170	-0,630	-0,740
87	0,610	0,180	-0,560	-0,620
88	0,700	0,180	-0,700	-0,750
89	0,630	0,150	-0,630	-0,690
90	0,680	0,170	-0,730	-0,700
91	0,550	0,170	-0,630	-0,690
92	0,700	0,140	-0,590	-0,750
93	0,720	0,170	-0,620	-0,660
94	0,710	0,170	-0,590	-0,560
95	0,640	0,150	-0,660	-0,740
96	0,580	0,180	-0,690	-0,660
97	0,580	0,140	-0,750	-0,720
98	0,630	0,150	-0,700	-0,560
99	0,590	0,150	-0,730	-0,660
100	0,6100	0,1700	-0,580	-0,680

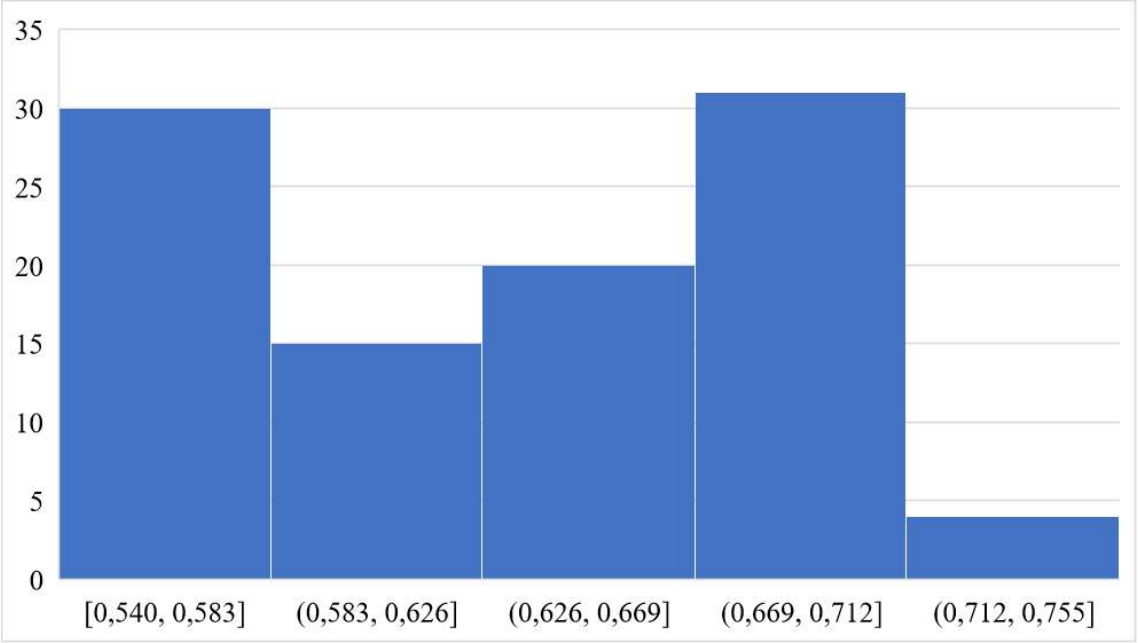


Рисунок 5.21. Гістограма розподілу чистого потоку переваг φ за результатами імітаційного моделювання.

Представлена гістограма (рисунок 5.21) відображає емпіричний розподіл значень чистого потоку переваг φ , отриманий у процесі імітаційного моделювання при варіації параметрів моделі PROMETHEE. Кожне значення відповідає окремій реалізації, сформованій у результаті випадкових відхилень від базової оцінки в межах заданого інтервалу. Таким чином, графік демонструє не фіксований показник, а спектр можливих положень альтернативи в умовах невизначеності.

Розподіл значень знаходиться в межах приблизно від 0,54 до 0,75, що узгоджується з попередньо заданими інтервалами варіації. Це означає, що навіть при зміні параметрів моделі інтегральна оцінка альтернативи залишається стабільно додатною. Найбільша концентрація значень спостерігається у центральних інтервалах, зокрема в зоні приблизно 0,63–0,71. Саме в цьому діапазоні розташована більшість реалізацій, що відповідає базовому значенню φ. Це свідчить про те, що отримана детермінована оцінка є типовою, а не випадковою. Іншими словами, вона відображає середню

поведінку альтернативи, яка повторюється у значній кількості стохастичних сценаріїв.

Форма гістограми має одновершинний характер, що означає відсутність декількох різко відмінних режимів поведінки показника. Це важлива ознака стабільності: варіації параметрів моделі не призводять до формування альтернативних «кластерів» значень, які могли б свідчити про нестійкість позиції альтернативи. Значення змінюються поступово та концентруються навколо центральної області. Крайні інтервали містять помітно меншу кількість спостережень. Це означає, що значення, близькі до мінімальних або максимальних меж, виникають відносно рідко. Для того щоб показник φ суттєво зменшився або, навпаки, досягнув максимальних значень, необхідна специфічна комбінація параметрів моделі, яка з'являється лише в окремих ітераціях.

Ще одним важливим аспектом є відсутність переходу значень у зону, близьку до нуля. Це означає, що навіть при несприятливих комбінаціях параметрів альтернатива не втрачає своєї переваги над іншими. Така поведінка є характерною для сценаріїв із чітко вираженим лідерством у системі порівняння. Ширина розподілу свідчить про помірний рівень чутливості показника до змін параметрів моделі. Значення φ можуть змінюватися в досить помітному інтервалі, однак ці зміни не є критичними і не призводять до принципової зміни статусу альтернативи. Це означає, що домінуюча позиція S1 не залежить від окремої конфігурації параметрів, а має системний характер. З практичної точки зору така структура розподілу означає високий рівень надійності результатів. Якщо в умовах стохастичного моделювання значення чистого потоку стабільно залишаються додатними і зосередженими в певному діапазоні, це свідчить про стійкість альтернативи до невизначеності вхідних даних. У контексті подальшого аналізу ця гістограма відіграє важливу роль. Вона дозволяє перейти від одного числового значення φ до розуміння повного спектра можливих реалізацій. Це, у свою чергу, дає змогу оцінити не лише

середній рівень домінування альтернативи, але й ступінь його стабільності в різних умовах.

Таблиця 5.22. Статистичні характеристики розподілу чистих потоків переваг φ альтернатив S1–S4 за результатами імітаційного моделювання.

Показник	S1	S2	S3	S4
Середнє значення	0,6309	0,1619	-0,6517	-0,6571
Медіана	0,6400	0,1600	-0,6600	-0,6600
Стандартне відхилення	0,0562	0,0135	0,0604	0,0788

Статистичний аналіз вибірок значень чистих потоків переваг φ, отриманих у процесі імітаційного моделювання, дозволяє перейти від детермінованої оцінки результатів методу PROMETHEE до їх узагальненого стохастичного опису. На основі згенерованих реалізацій було визначено середні значення, медіани та стандартні відхилення для кожної альтернативи, що дає змогу оцінити не лише типовий рівень домінування або відставання, але й ступінь стабільності позицій у системі порівняння.

Середні значення чистих потоків практично збігаються з базовими результатами детермінованого розрахунку. Для альтернативи S1 середнє значення становить 0,6309, для S2 – 0,1619, для S3 – -0,6517, для S4 – -0,6571. Така структура повністю відтворює початкову ієрархію альтернатив: S1 демонструє найвище домінування, S2 займає друге місце з помірною перевагою, тоді як S3 і S4 залишаються в зоні від’ємних значень, що характеризує їх відставання. Порівняння середніх значень із медіанами показує їх дуже близьке розташування. Для S1 медіана дорівнює 0,6400, для S2 – 0,1600, для S3 та S4 – приблизно -0,6600. Така незначна різниця між цими показниками свідчить про симетричний характер розподілів і відсутність суттєвого впливу крайніх значень. Іншими словами, отримані середні оцінки є репрезентативними і добре відображають типову поведінку альтернатив у процесі імітаційного моделювання.

Для альтернативи S1 близькість середнього значення до медіани підтверджує стабільність її домінуючої позиції. Значення φ у більшості реалізацій концентруються в додатній області та зберігають високий рівень переваги над іншими сценаріями. Це означає, що її лідерство не є випадковим результатом окремої конфігурації параметрів, а має системний характер. Для S2 також спостерігається дуже мала різниця між середнім значенням і медіаною, що свідчить про стабільний характер помірного домінування. Значення чистого потоку цієї альтернативи залишаються додатними в більшості сценаріїв, хоча й суттєво нижчими за показник S1. Особливий інтерес становлять альтернативи S3 та S4, для яких значення чистого потоку є від'ємними. Середні значення і медіани для них практично співпадають, що свідчить про стабільний характер відставання. Це означає, що навіть при зміні параметрів моделі ці альтернативи рідко наближаються до нульового рівня і зберігають статус менш ефективних сценаріїв.

Аналіз стандартних відхилень дозволяє оцінити рівень мінливості значень φ для кожної альтернативи. Найбільше стандартне відхилення спостерігається для S4 (0,0788). Це означає, що її значення демонструють найбільшу варіативність у процесі імітаційного моделювання. Така поведінка пояснюється її проміжною позицією серед слабших альтернатив: вона не є настільки стабільно від'ємною, як S3, і тому сильніше реагує на зміну параметрів моделі. Для S3 стандартне відхилення становить 0,0604, що також є відносно високим показником. Це означає, що хоча ця альтернатива стабільно перебуває в зоні від'ємних значень, ступінь її відставання може змінюватися залежно від структури параметрів моделі. Для S1 стандартне відхилення дорівнює 0,0562, що свідчить про помірний рівень варіативності. Незважаючи на коливання значень, цей сценарій зберігає додатний характер чистого потоку і стабільно домінує над іншими альтернативами. Найменше стандартне відхилення має S2 (0,0135), що вказує на найвищу стабільність цього показника серед усіх альтернатив. Значення φ для цього сценарію

змінюється в дуже вузькому діапазоні, що підтверджує його стійке положення як другої за ефективністю альтернативи.

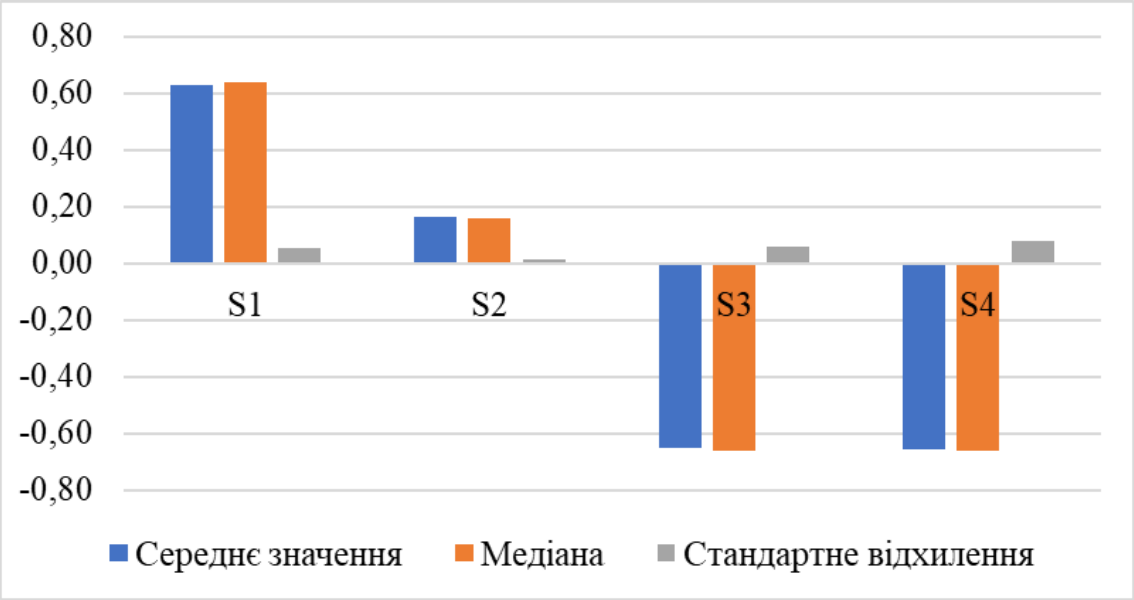


Рисунок 5.22. Порівняння середніх значень, медіан та стандартних відхилень чистих потоків переваг φ альтернатив S1–S4.

Графічна інтерпретація результатів (рисунок 5.22) підтверджує числові оцінки. Стовпці середніх значень і медіан практично збігаються за висотою для кожної альтернативи, що свідчить про симетричність розподілів. Стовпці стандартних відхилень є значно нижчими, що вказує на обмежений рівень розсіювання порівняно з абсолютними значеннями чистих потоків.

З позиції аналізу стійкості результатів методу PROMETHEE ці дані мають принципове значення. Вони показують, що структура ранжування альтернатив зберігається навіть при варіації параметрів моделі. Альтернатива S1 стабільно залишається лідером, S2 – другим за пріоритетністю сценарієм, тоді як S3 і S4 утримуються в зоні від’ємних значень і не демонструють суттєвих ознак переходу до групи домінуючих альтернатив.

Таким чином, статистичні характеристики розподілу чистих потоків переваг підтверджують високу стійкість результатів методу PROMETHEE. Центральні тенденції залишаються стабільними, розподіли мають близьку до

симетричної форму, а рівень варіативності є помірним і логічно узгодженим із базовою структурою домінування альтернатив. Це свідчить про надійність отриманого ранжування та його придатність для використання в задачах стратегічного обґрунтування управлінських рішень в умовах невизначеності.

Таблиця 5.23. Інтервальні та перцентильні характеристики розподілу чистих потоків переваг φ альтернатив S1–S4.

Показник	S1	S2	S3	S4
Мінімальне значення	0,54	0,14	-0,75	-0,75
Максимальне значення	0,72	0,18	-0,56	-0,12
Діапазон	0,18	0,04	0,19	0,63
Перцентиль 25%	0,58	0,15	-0,7	-0,7025
Перцентиль 75%	0,68	0,17	-0,6	-0,6175
Перцентиль 95%	0,71	0,18	-0,56	-0,56

Інтервальний та перцентильний аналіз розподілів чистих потоків переваг φ дозволяє оцінити граничні межі змін інтегральних оцінок альтернатив у методі PROMETHEE та визначити ступінь їх чутливості до варіації параметрів моделі. На відміну від аналізу середніх значень, ці показники відображають повний спектр можливих реалізацій і дозволяють оцінити не лише типове положення альтернатив, але й потенційні крайні сценарії. Мінімальні та максимальні значення чистих потоків формують фактичні межі коливань показника φ. Для альтернативи S1 значення змінюються в межах від 0,54 до 0,72. Це свідчить про стабільно додатний характер інтегральної оцінки. Навіть у найменш сприятливих реалізаціях значення φ залишається істотно вище нуля, що підтверджує стійке домінування цього сценарію. Максимальні значення, близькі до 0,72, відображають ситуації, коли структура параметрів моделі додатково посилює його перевагу над іншими альтернативами. Для альтернативи S2 інтервал

значень становить 0,14–0,18. Це досить вузький діапазон, що вказує на високий рівень стабільності. Значення φ стабільно залишаються додатними, хоча й значно нижчими, ніж у S1. Така поведінка підтверджує її позицію як другої за ефективністю альтернативи з помірним, але стійким рівнем домінування. Альтернатива S3 характеризується від'ємними значеннями чистого потоку в межах від -0,75 до -0,56. Це означає, що вона стабільно перебуває в зоні відставання від інших сценаріїв. Важливо, що навіть максимальні значення не наближаються до нульового рівня, що свідчить про низьку ймовірність переходу цієї альтернативи до групи домінуючих. Для S4 інтервал значень є найбільш широким – від -0,75 до -0,12. Це вказує на найвищу чутливість цієї альтернативи до змін параметрів моделі. У деяких реалізаціях вона демонструє значне відставання (на рівні S3), тоді як у більш сприятливих умовах її значення наближається до нуля. Це означає, що її положення є найменш стабільним і найбільш залежним від структури вихідних припущень.

Аналіз діапазонів підтверджує ці спостереження. Найменший діапазон має S2 (0,04), що свідчить про найвищу стабільність її інтегральної оцінки. Для S1 діапазон становить 0,18, що вказує на помірну чутливість, але без втрати домінуючої позиції. Для S3 цей показник дорівнює 0,19, що свідчить про змінність ступеня відставання, хоча і без зміни знака показника. Найбільший діапазон спостерігається для S4 (0,63), що значно перевищує інші альтернативи. Це означає, що її значення φ можуть суттєво змінюватися залежно від конфігурації параметрів моделі. Така поведінка характерна для альтернатив, які знаходяться поблизу умовної межі між домінуванням і відставанням.

Перцентильний аналіз дозволяє оцінити концентрацію значень у центральній частині розподілу. Для S1 інтервал між 25-м і 75-м перцентилями становить приблизно 0,58–0,68. Це означає, що половина всіх реалізацій знаходиться саме в цьому діапазоні, близькому до базового значення. Це підтверджує високу стабільність рівня домінування цієї альтернативи. Для S2

міжквартильний інтервал є дуже вузьким – приблизно 0,15–0,17. Це свідчить про сильну концентрацію значень навколо середнього рівня та мінімальну варіативність показника. Для S3 центральний інтервал розташований у межах приблизно -0,70 – -0,60. Це означає, що в більшості реалізацій альтернатива демонструє стабільне відставання, без різких коливань у бік покращення позицій. Для S4 міжквартильний інтервал становить приблизно -0,7025 – -0,6175. Це вказує на те, що більшість значень також знаходяться в зоні від'ємних оцінок, однак значно ширший загальний діапазон свідчить про наявність більшої кількості крайніх реалізацій. 95-й перцентиль дозволяє оцінити верхні межі значень, які досягаються у переважній більшості випадків. Для S1 він становить 0,71, для S2 – 0,18, для S3 – -0,56, для S4 – -0,56. Це означає, що лише у невеликій кількості реалізацій значення можуть перевищувати ці рівні. Для лідируючих альтернатив ці значення відображають потенційний максимум домінування, а для слабших – верхню межу можливого покращення позиції.

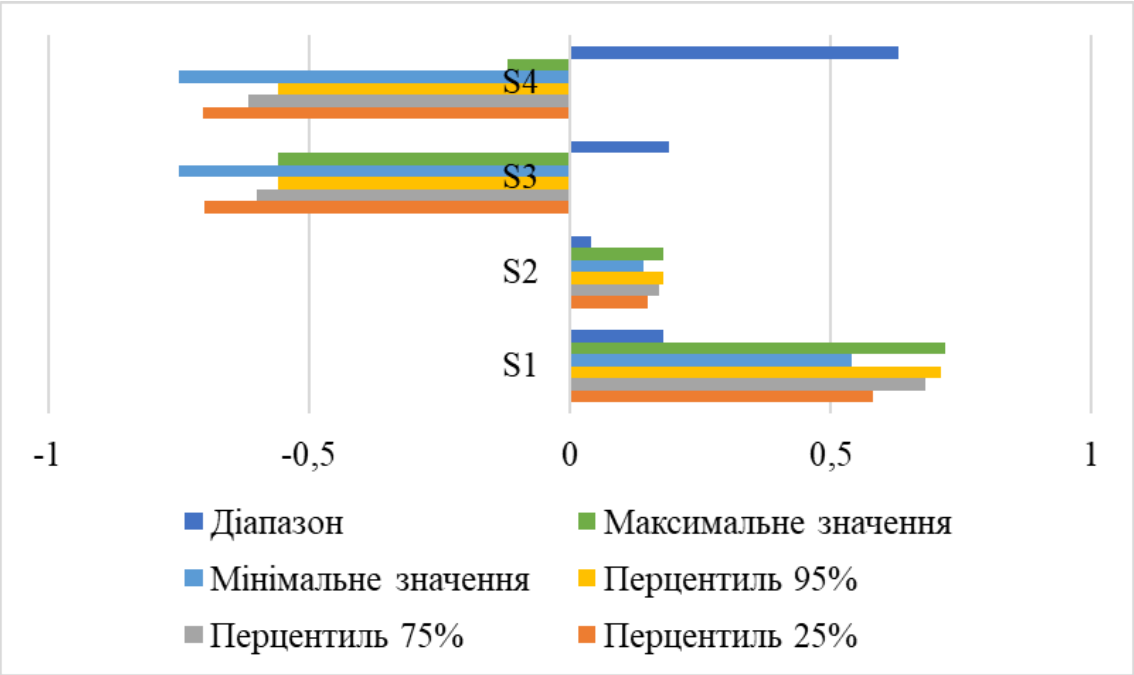


Рисунок 5.23. Варіативність чистих потоків переваг φ альтернатив S1–S4: мінімальні, максимальні значення, діапазони та перцентильні інтервали.

Графічне представлення результатів (рисунок 5.23) дозволяє наочно порівняти співвідношення між мінімальними, максимальними та перцентильними значеннями. Чітко видно, що альтернатива S1 стабільно знаходиться в додатній області, S2 – у зоні слабкого домінування, тоді як S3 і S4 розташовані в області від'ємних значень. З позиції стійкості ранжування ці результати мають важливе значення. Інтервали значень альтернатив практично не перекриваються між собою. Значення S1 стабільно перевищують показники інших альтернатив, тоді як S3 і S4 залишаються в зоні відставання. Єдиною альтернативою з помітною невизначеністю є S4, яка демонструє найбільшу мінливість і найбільшу залежність від параметрів моделі. Таким чином, інтервальний і перцентильний аналіз підтверджує загальну стійкість результатів методу PROMETHEE. Лідируюча позиція S1 зберігається в усіх реалізаціях, S2 стабільно займає друге місце, S3 демонструє стійке відставання, а S4 виступає як найбільш чутлива до змін альтернатива з потенційною варіативністю положення. Це свідчить про те, що сформоване ранжування має статистично обґрунтований характер і може використовуватися як надійна основа для прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності параметрів моделі.

Таблиця 5.24. Показники варіативності та форми розподілу чистих потоків переваг φ альтернатив S1–S4 за результатами імітаційного моделювання

Показник	S1	S2	S3	S4
Коефіцієнт варіації	0,09	0,08	- 0,09	- 0,12
Коефіцієнт асиметрії	-0,0576	-0,2789	-0,0281	3,145
Ексцес	-1,3493	-1,1707	-1,2843	-1,0605

Оцінювання коефіцієнтів варіації, асиметрії та ексцесу дозволяє дослідити глибинні статистичні властивості розподілів чистих потоків переваг φ у межах імітаційного дослідження методу PROMETHEE. Ці показники

дають змогу оцінити не лише рівень коливань значень інтегрального показника, але й форму розподілу, характер його симетрії та ступінь концентрації значень у центральній частині.

Коефіцієнт варіації відображає відносний рівень мінливості значень φ порівняно з їх середнім рівнем. Для альтернатив S1 і S3 його значення становить близько 0,09, для S2 – 0,08, для S4 – близько 0,12. Це свідчить про загалом помірний рівень варіативності результатів. Найменша відносна мінливість спостерігається для S2, що підтверджує її стабільне положення як альтернативи з додатним, але невисоким рівнем домінування. Для S1 коефіцієнт варіації також є невисоким, що означає, що навіть при зміні параметрів моделі значення φ коливаються в обмежених межах. Це підтверджує стійкість її лідируючої позиції. Для S3 відносна мінливість також невелика, що свідчить про стабільність її відставання. Найбільший коефіцієнт варіації спостерігається для S4, що узгоджується з попередніми результатами інтервального аналізу, де ця альтернатива демонструвала найбільший діапазон змін.

Коефіцієнти асиметрії дозволяють оцінити напрям зміщення розподілу відносно середнього значення. Для альтернатив S1, S2 та S3 значення асиметрії є від’ємними або близькими до нуля: -0,0576; -0,2789; -0,0281 відповідно. Це означає, що розподіли для цих альтернатив є майже симетричними або мають незначне зміщення у бік менших значень. Така структура свідчить про рівномірний характер коливань інтегрального показника в обидва боки відносно середнього рівня. Найбільш відмінною є поведінка альтернативи S4, для якої коефіцієнт асиметрії має велике додатне значення (3,145). Це означає наявність сильного перекосу розподілу в бік більших значень. Іншими словами, у більшості реалізацій значення φ концентруються в області від’ємних оцінок, але в окремих випадках можуть з’являтися значення, що суттєво відхиляються у бік покращення позиції. Саме такі рідкісні реалізації формують довгий «правий хвіст» розподілу.

З практичної точки зору це підтверджує, що S4 є найбільш нестабільною альтернативою з точки зору форми розподілу. Хоча її середнє значення залишається від'ємним, існують окремі сценарії, у яких вона може демонструвати суттєве покращення свого положення.

Аналіз ексцесу дозволяє оцінити ступінь концентрації значень у центральній частині розподілу. Для всіх альтернатив отримані від'ємні значення: -1,3493 для S1, -1,1707 для S2, -1,2843 для S3 та -1,0605 для S4. Це означає, що розподіли є більш пласкими порівняно з нормальним законом, а значення φ розподіляються відносно рівномірно в межах допустимого інтервалу. Від'ємний ексцес свідчить про відсутність різко вираженого піку в центрі розподілу та відносно слабку концентрацію значень поблизу середнього. Така структура є типовою для стохастичних процесів, де показник змінюється під впливом кількох незалежних факторів і не має чітко визначеного домінуючого значення.

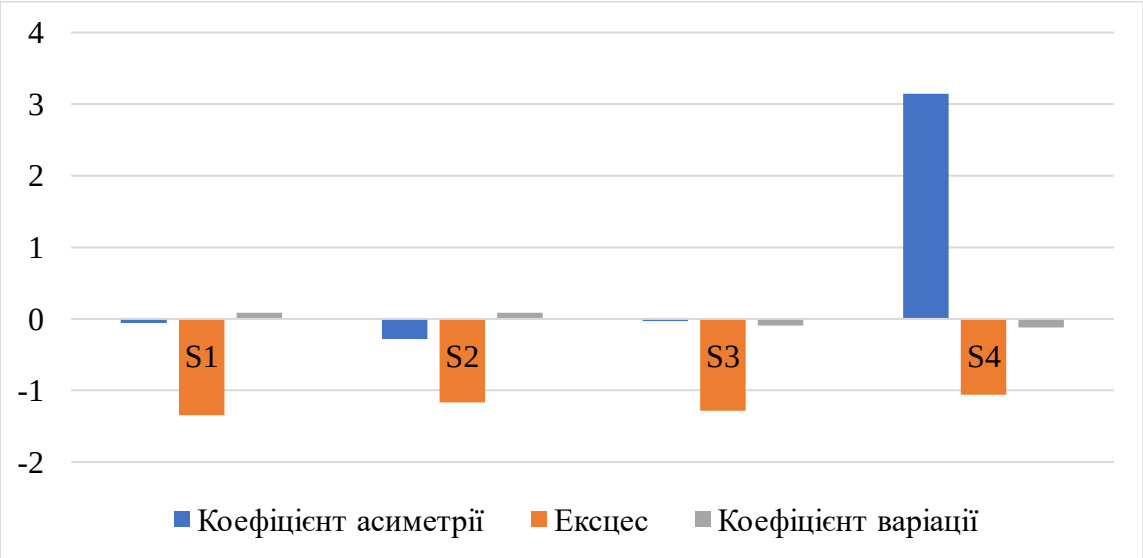


Рисунок 5.24. Порівняльний аналіз коефіцієнтів варіації, асиметрії та ексцесу розподілів чистих потоків переваг φ альтернатив S1–S4.

Графічне представлення результатів (рисунок 5.24) дозволяє наочно порівняти форму розподілів для всіх альтернатив. Добре видно, що коефіцієнти варіації мають близькі значення, асиметрія для більшості

альтернатив є невеликою, а найбільш помітна відмінність спостерігається саме для S4. Це підтверджує висновок про те, що саме ця альтернатива демонструє найбільшу чутливість до змін параметрів моделі. З позиції оцінювання стійкості результатів методу PROMETHEE ці показники мають важливе значення. Вони свідчать про те, що розподіли значень φ для S1, S2 і S3 є статистично збалансованими, із помірним рівнем варіативності та близькою до симетричної формою. Це означає, що їх положення в системі ранжування є достатньо стабільним. Водночас для S4 спостерігається інша картина: більший рівень варіативності та значна асиметрія розподілу. Це означає, що її позиція є найбільш залежною від змін у параметрах моделі. Саме ця альтернатива потенційно може демонструвати найбільші коливання у ранговому положенні.

Узагальнюючи, аналіз коефіцієнтів варіації, асиметрії та ексцесу підтверджує загальну стійкість результатів методу PROMETHEE для більшості альтернатив. Домінуюча позиція S1 має стабільний характер, S2 демонструє високу концентрацію значень навколо середнього рівня, S3 стабільно перебуває в зоні відставання, а S4 характеризується найбільш складною структурою розподілу та найвищою чутливістю до змін параметрів. Це свідчить про те, що сформоване ранжування має статистично обґрунтований характер, але водночас дозволяє ідентифікувати альтернативи з підвищеним рівнем невизначеності їх позицій.

Висновки до розділу 5.

1. Реалізовано інтегровану систему імітаційного моделювання, що дозволяє оцінювати варіативність інтегральних показників економічної спроможності будівельних підприємств, переходячи від детермінованої оцінки до аналізу розподілів результатів в умовах невизначеності.
2. Підтверджено стійкість інтегральних індексів нечітко-логічної моделі (Y1–Y5) при варіюванні вхідних параметрів, що продемонструвало відносно низький коефіцієнт варіації (0,06) та симетричність довірчих

інтервалів, свідчачи про стабільність моделі до помірних коливань початкових даних.

3. Встановлено, що розподіли інтегральних показників характеризуються незначною асиметрією (від –0,1684 до 0,0524) та від'ємним ексцесом (близько –1,2), що вказує на відсутність критичних викидів і підтверджує прогнозованість поведінки моделі у межах досліджених сценаріїв.
4. Визначено довірчі інтервали середніх значень інтегральних показників (95%), що дозволило кількісно оцінити межі очікуваних відхилень та забезпечити формалізовану інтерпретацію ризиків при прийнятті управлінських рішень.
5. Проведено симуляційне дослідження стійкості вагових коефіцієнтів моделі AHP, у межах якого варіювання ваг не призвело до критичної зміни структури пріоритетів, що підтверджує консистентність матриці попарних порівнянь (CR = 0,0004) та надійність сформованої ієрархії критеріїв.
6. Доведено, що навіть при варіативності вагових коефіцієнтів зберігається домінування ключових складових економічної спроможності, що свідчить про методологічну стабільність AHP-моделі та її придатність до стратегічного використання в умовах невизначеності.
7. Виконано сценарне моделювання результатів багатокритеріального аналізу (TOPSIS, PROMETHEE) з оцінкою розподілів показників Ci та ϕ, що дозволило перейти від фіксованого ранжування до аналізу ймовірнісної стабільності позицій альтернатив.
8. Встановлено, що для домінуючих сценаріїв зберігається висока ймовірність збереження першої позиції навіть при варіації вхідних параметрів, що свідчить про стратегічну стійкість обраних управлінських альтернатив.

9. Виявлено чутливість окремих альтернатив до змін вагових коефіцієнтів і початкових параметрів, що дозволяє ідентифікувати зони підвищеного ризику та формувати більш обґрунтовані сценарії розвитку.
10. Обґрунтовано практичну значущість імітаційного підходу для підтримки управлінських рішень, оскільки він дозволяє оцінювати не лише “найкращий” варіант, а й імовірність його збереження за змінних умов.
11. Показано, що інтеграція Монте Карло з Fuzzy Logic та багатокритеріальними методами формує завершений аналітичний цикл “оцінка – вибір – перевірка стійкості”, що суттєво підвищує надійність стратегічного планування.
12. Доведено, що використання імітаційного моделювання дозволяє зменшити ризик прийняття нестійких управлінських рішень, оскільки оцінювання базується на аналізі розподілів, а не на одиничних точкових значеннях.

Загальні висновки

1. У розділі теоретично обґрунтовано доцільність розгляду економічної спроможності будівельного підприємства як самостійної інтегральної характеристики його функціонування й розвитку. На відміну від трактувань, що ототожнюють спроможність із наявністю ресурсів, досягнутими результатами або ринковими позиціями, запропонований підхід поєднує ці аспекти з організаційною здатністю підприємства трансформувати їх у результативну діяльність за мінливих умов. Економічна спроможність у такому розумінні виявляється у взаємозв'язку фінансово-економічної стійкості, виробничої результативності, управлінської керованості, кадрового забезпечення та логістично-організаційної готовності.

2. Розкрито специфіку функціонування будівельних підприємств у контексті відновлення житлового фонду та структурних змін галузі. Показано, що в цих умовах вимоги до підприємства визначаються не лише його поточними фінансовими результатами чи виробничими можливостями, а й здатністю узгоджувати управлінські, кадрові, організаційні та логістичні процеси під час реалізації складних будівельних завдань. Такий висновок поглиблює розуміння економічної спроможності як характеристики, що відображає готовність підприємства не тільки підтримувати поточну діяльність, а й адаптувати її до нових вимог ринку та відновлення. Для дослідження будівельного девелопменту це створює підстави оцінювати підприємство як цілісну економічну систему, управлінські рішення якої мають враховувати взаємозалежність його функціональних складових.

3. Обґрунтовано, що індустріалізація будівництва та застосування префабрикованих і модульних рішень змінюють економічні й організаційні передумови діяльності будівельних підприємств. Потенційні переваги стандартизації, скорочення строків виконання робіт і підвищення передбачуваності процесів можуть бути реалізовані лише за належного рівня попереднього проєктування, узгодження виробничих і монтажних етапів, координації постачань та взаємодії з виробниками конструкцій і модулів.

Готовність до індустріалізованого будівництва не зводиться до доступу до відповідної технології: вона залежить від спроможності підприємства організаційно, кадрово та логістично забезпечити її застосування. Це обґрунтовує включення відповідних характеристик до подальшого інструментарію оцінювання економічної спроможності.

4. Сформовано теоретичне підґрунтя для переходу від фрагментарного оцінювання будівельного підприємства до інтегративної діагностики, орієнтованої на підтримку управлінських рішень. Встановлено, що складність функціонування підприємства в умовах невизначеності зумовлює потребу поєднувати кількісні характеристики діяльності з якісними й експертними оцінками, а також аналізувати не тільки поточний стан, а й обґрунтованість стратегічних альтернатив через формалізацію складових економічної спроможності, побудову інтегральних оцінок та перевірку стійкості результатів. Такий підхід створює концептуальну основу для застосування діагностичного інструментарію до будівельних підприємств, що функціонують у мультипроєктному середовищі.

5. Узагальнення проблем функціонування будівельних підприємств засвідчило, що обмеження їхньої економічної спроможності мають системний характер і виникають у взаємопов’язаних фінансово-економічній, виробничій, кадровій, управлінській та логістично-організаційній сферах. Доступ до капіталу, ритмічність надходжень і виконання платіжних зобов’язань визначають можливості підприємства підтримувати виробничий цикл та інвестувати в модернізацію; стан технічної бази й стабільність постачань впливають на дотримання строків і масштабування робіт; кадрове забезпечення та управлінська координація визначають здатність узгоджувати ресурси й адаптувати виробничі процеси. Окреме оцінювання фінансових чи виробничих показників не дає цілісного уявлення про спроможність підприємства: вплив кожного обмеження посилюється через його взаємодію з іншими складовими.

6. Встановлено, що відновлення житлового фонду змінює не лише обсяги й структуру попиту на будівельні роботи, а й організаційні умови функціонування підприємств. Поряд із новим будівництвом зростає значення реконструкції, ремонту, відновлення інженерної інфраструктури та швидкомонтованого житла; до реалізації проєктів долучаються державні й муніципальні замовники, міжнародні організації та фінансові інституції. Це підвищує вимоги до фінансової стійкості, прозорості процедур, виробничої мобільності, кадрової забезпеченості й координації з постачальниками та партнерами. У контексті будівельного девелопменту економічна спроможність постає не тільки як внутрішня характеристика підприємства, а і як передумова його участі у складних програмах відновлення та здатності діяти за змінних умов замовлення, фінансування й постачання.

7. Аналіз еволюції державної житлової політики країн Західної Європи дав змогу простежити перехід від переважного прямого державного фінансування житлового будівництва до ширшого використання державно-приватного партнерства, соціального орендного житла та індустріалізованих способів будівництва. Узагальнений досвід засвідчує, що тривале забезпечення житлових потреб спирається на узгодження державної соціальної функції з ринковими механізмами та передбачуваним попитом на будівельну продукцію. Водночас перенесення окремих інструментів у національну практику потребує врахування інституційних умов України, обмеженості ресурсів, масштабу відновлення та структури будівельного сектору. Для підприємств це означає потребу розвивати не лише виробничі можливості, а й організаційну та партнерську готовність до участі в програмах, що поєднують соціальні цілі з економічними вимогами.

8. На підставі виявлених обмежень і нових вимог до будівельних підприємств обґрунтовано недостатність фрагментарного оцінювання, зосередженого переважно на фінансових результатах. Такий підхід не охоплює якісних характеристик управління, кадрової збалансованості, виробничої гнучкості й логістичної готовності, а також не дає змоги належно

зіставляти стратегічні альтернативи за умов невизначеності. Це обґрунтовує перехід до інтегрованої діагностики, яка поєднує кількісну й якісну інформацію та створює основу для використання експертних оцінок, багатокритеріального аналізу й сценарної перевірки рішень.

9. Обґрунтовано, що невизначеність у діяльності будівельного підприємства має неоднорідну природу: вона охоплює як варіативність кількісно вимірюваних параметрів, так і нечіткість якісних характеристик та експертних суджень. Така специфіка обмежує застосування моделей, що спираються лише на фіксовані значення показників і жорсткі порогові межі. Методологічно це зумовлює необхідність розрізняти та узгоджувати лінгвістично-експертну й стохастичну складові невизначеності. Для оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств це важливо через проєктний характер діяльності, змінність попиту, ресурсних умов і характеристик замовлень.

10. Систематизовано методологічні принципи формалізації невизначеності, що передбачають комплексне врахування кількісних і якісних даних, експертної інформації, взаємозв’язку функціональних характеристик підприємства та мінливості умов його діяльності. Обґрунтовано, що нечітко-логічне моделювання є придатним для формалізації характеристик, які мають ступеневий, а не однозначно дискретний прояв, зокрема управлінської керованості, кадрової збалансованості й логістичної готовності. Запропонований методології підхід виконує функцію переходу від різнорідних вихідних даних до інтерпретованих інтегральних оцінок, не зводячи складні стани підприємства до механічного зіставлення окремих показників.

11. Розкрито роль багатокритеріального аналізу як методологічного засобу перетворення результатів діагностики на обґрунтований стратегічний вибір. Такий аналіз дає змогу структурувати управлінську проблему, встановити відносну значущість критеріїв, зіставити альтернативи за сукупністю взаємопов’язаних характеристик і виявити їхні переваги та обмеження. У

межах запропонованої логіки нечітко-логічне оцінювання створює інформаційну основу для порівняння, а багатокритеріальні методи забезпечують інтерпретацію оцінок у контексті стратегій розвитку підприємства. Методичне значення такого поєднання полягає у формуванні послідовного зв'язку між діагностикою економічної спроможності та обґрунтуванням управлінського рішення.

12. Обґрунтовано необхідність доповнення інтегрального оцінювання та багатокритеріального ранжування імітаційним аналізом, оскільки одноразовий розрахунок відображає результат лише за конкретно заданих параметрів і не характеризує його надійність за можливих змін умов. Імітаційне моделювання дає змогу досліджувати діапазон можливих оцінок, чутливість результатів до варіювання вихідних даних і стійкість позицій стратегічних альтернатив. Науково-методичний результат розділу полягає в обґрунтуванні цілісної послідовності взаємодії інструментів: формалізація нечіткої інформації, багатокритеріальне зіставлення альтернатив і сценарна перевірка отриманого вибору.

13. Розроблено інтегровану ієрархічну модель оцінювання економічної спроможності будівельного підприємства, побудовану на послідовному переході від первинних характеристик діяльності до узагальненої оцінки. Її структурна особливість полягає в окремому моделюванні фінансово-економічної, операційно-виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної складових із подальшим їх синтезом в інтегральному показнику ECS. Застосування нечітко-логічного виведення дає змогу враховувати взаємодію кількісних показників і якісних характеристик, експертну інформацію та проміжні стани підприємства, які складно адекватно відобразити жорсткими пороговими класифікаціями. Науково-методичний внесок полягає у формуванні галузево орієнтованої моделі, що перетворює різнорідні параметри діяльності будівельного підприємства на систему змістово інтерпретованих оцінок і створює основу для його стратегічного позиціонування.

14. Обґрунтовано використання методу аналізу ієрархій для визначення відносної значущості складових економічної спроможності та встановлення їхнього внеску у формування узагальненої оцінки. Процедура попарного порівняння критеріїв і перевірки узгодженості експертних суджень дає змогу зробити формування ваг прозорішим, а їх подальше використання — методично контрольованим. Отримана структура пріоритетів засвідчила особливу роль кадрової та операційно-виробничої складових, що узгоджується з вимогами до виконання будівельних робіт, технологічної адаптації та забезпечення безперервності виробничих процесів. У результаті інтегральна діагностика не лише узагальнює стан підприємства, а й допомагає виявити функціональні напрями, від яких істотно залежить його спроможність реалізовувати стратегії розвитку.

15. Сформовано модель багатокритеріального обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств, у якій інтегральні оцінки складових спроможності використовуються як критерії для зіставлення альтернатив. Застосування TOPSIS і PROMETHEE дало змогу розглянути стратегічні варіанти з різних аналітичних позицій: через їхню близькість до умовно найкращого рішення та через співвідношення переваг і недоліків у попарному порівнянні. Узгодження результатів цих методів підвищує аргументованість вибору базового сценарію та дає змогу виявити альтернативи з нижчою стратегічною перспективністю. Запропонована модель забезпечує перехід від діагностики економічної спроможності до формалізованого вибору напрямів розвитку підприємства, зокрема щодо його участі у відновленні житлового фонду та впровадженні префабрикованих рішень. Її внесок полягає в узгодженні галузево адаптованої інтегральної діагностики з процедурою стратегічного ранжування; самі методи TOPSIS і PROMETHEE при цьому є інструментами реалізації цього підходу.

16. Реалізовано імітаційний підхід до оцінювання варіативності інтегральних індексів економічної спроможності будівельного підприємства, який доповнює нечітко-логічну модель аналізом змін вихідних показників.

Перехід від одиничних детермінованих оцінок до розподілів можливих значень дав змогу дослідити діапазони коливань індексів, характер їхніх розподілів і чутливість до варіювання вхідних параметрів. Отримані результати свідчать про загальну стійкість індексів у межах досліджених припущень та сценаріїв. Економічна спроможність підприємства в роботі оцінюється не лише за фіксованим значенням, а й з урахуванням того, наскільки це значення змінюється під впливом невизначеності.

17. Проведене симуляційне дослідження ваг критеріїв та сценарного ранжування дало змогу перевірити надійність стратегічного вибору за змінних вихідних параметрів. Варіювання ваг не спричинило критичної зміни структури пріоритетів, а застосування TOPSIS і PROMETHEE в поєднанні з аналізом розподілів відповідних оцінок підтвердило стійке лідерство домінуючої альтернативи в межах побудованих сценаріїв. Водночас аналіз виявив неоднакову чутливість стратегічних альтернатив: частина з них зберігала відносно стабільні позиції, тоді як інші істотно залежали від зміни критеріїв і вхідних даних. Це дає змогу розрізняти стійкі стратегічні пріоритети та альтернативи, для яких управлінський вибір пов’язаний із підвищеною невизначеністю.

18. Обґрунтовано методичну цінність інтеграції імітаційного моделювання з нечітко-логічним оцінюванням і багатокритеріальним аналізом. Сформована послідовність «інтегральне оцінювання — стратегічне ранжування — перевірка стійкості» розширює стандартну процедуру вибору, оскільки дає змогу оцінювати не тільки перевагу альтернативи за заданих умов, а й надійність її позиції за можливих змін. Практичне значення результатів полягає у можливості виявляти чутливі складові спроможності та нестійкі стратегічні варіанти, що підтримує більш обґрунтоване планування розвитку будівельних підприємств, зокрема в контексті відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих рішень. Водночас висновок про стійкість слід трактувати в межах прийнятих у моделюванні діапазонів варіювання та сформованих сценаріїв.

Список використаних джерел

1. Томчук О. Аналіз платіжної спроможності підприємства та відображення її в обліку: сутність, класифікація, оцінка. Економіка та суспільство. 2023. № 51.
2. Іванова М., Міро І. Мотивація персоналу до креативності як фактор забезпечення конкурентоспроможності, інноваційності та адаптаційної спроможності підприємства. Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки. 2024. Вип. 25, № 73 (2). С. 110–120.
3. Rojas M. J. A., Herrera R. F., Mourgues C., Ponz-Tienda J. L., Alarcón L. F., Pellicer E. BIM Use Assessment (BUA) Tool for Characterizing the Application Levels of BIM Uses for the Planning and Design of Construction Projects. Advances in Civil Engineering. 2019.
4. Suslikov S. V., Klymenko M. A. Система управління конкурентоспроможністю підприємства в умовах невизначеності. Economics: time realities. 2023. Вип. 67, № 3.
5. Сподіна А. О., Тарасенко І. Фінансова стійкість підприємства: сутність та фактори впливу. Міжнародний науковий журнал" Інтернаука". 2022.
6. Omopariola E. D., Windapo A. O., Edwards D. J., El-Gohary H. Level of Financial Performance of Selected Construction Companies in South Africa. Journal of Risk and Financial Management. 2021.
7. Skiera B., Albers S., Kim L. Crisis construction and organizational learning: capability building in catching-up at hyundai motor. Organization Science. 1998. Вип. 9. С. 506–521.
8. Mbuli N., Pretorius J. H. C. Potential Factors for Multi-Criteria Evaluation of Capacity Uprate in Relation to New Transmission Line Projects. 2022 IEEE PES/IAS PowerAfrica. 2022. С. 1–5.
9. Яцюк О. Потенціал фінансування автосанації підприємства як основний структурний елемент його автосанаційної спроможності. Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Series: Economics and Management in the Oil and Gas Industry). 2023. № 2 (28). С. 85–95.
10. Гріщенко І., Білецька Н. Параметри оцінки конкурентоспроможності продукції підприємств в сучасних економічних умовах. 2024.
11. Ebrahimi S., Fayek A. R., Sumati V. Hybrid Artificial Intelligence HFS-RF-PSO Model for Construction Labor Productivity Prediction and Optimization. Algorithms. 2021. Вип. 14. С. 214.
12. Audia F., Utami, Jayadi R. Factors that affect the success rate of digital transformation concerning the company’s perceived performance on indonesian construction state company. .
13. Gray G. H. Design construction and tests of an artificial power transmission line for the Telluride Power Company of Provo, Utah. Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers. 2015. Вип. 36. С. 713–755.

14. Mahalakshmi, Nivedha, Yamini. A study on equipment management in construction site. 5th International conference on innovative design, analysis & Development practices in aerospace & Automotive engineering: I-DAD’22. 2023.
15. Era B. E., Reddy C. N. V. S., Mohan V. K. Construction companies development programme: the case of URRAP in south regional state, Ethiopia. International Journal of Construction Management. 2023. Вип. 24. С. 1326–1338.
16. Семенова Т. В., Біленко О. Оцінка конкурентоспроможності промислового підприємства. Економічний простір. 2023. № 188. С. 137–141.
17. Ercan T. Ş. Building the Link between Technological Capacity Strategies and Innovation in Construction Companies. Sustainable Management Practices. 2019.
18. Li S. Construction of China’s Carbon Financial Accounting System from the Perspective of Sustainable Development. Problemy Ekorozwoju. 2024.
19. Lenka \vCerná, Dolinayová A., Hranický M. P. Optimisation of Transport Capacity of a Railway Siding Through Construction-Reconstruction Measures. Open Engineering. 2020. Вип. 10. С. 245–254.
20. Arnholtz J. Posted work, enforcement capacity and firm variation: Evidence from the Danish construction sector. Economic and Industrial Democracy. 2019. Вип. 42. С. 1149–1164.
21. Shah V., Trivedi J. Characteristics of Challenges In Multi Project Environment of A Construction Company. Journal of Real Estate, Construction & Management. 2013. Вип. 28. С. 17–30.
22. Polat G., Bingol B. N. Data Envelopment Analysis (DEA) Approach for Making the Bid/No Bid Decision: A Case Study in a Turkish Construction Contracting Company. Scientia Iranica. 2017. Вип. 24. С. 497–511.
23. Soulayman S., El-Khatib R. M. The Effect of Fuel Emulsion on Fuel Saving in Fire Tube Boilers of Tartous Company for Cement and Construction Materials. 2020.
24. Oleinik P. P. Method for creating a work management plan of a construction company. International Journal of Construction Management. 2018. Вип. 18. С. 446–451.
25. Vetrova N. M., Shtofer G., Gaysarova A., Ryvkina O. L. About logistics management concept of a construction company. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Вип. 698.
26. Manickavasagam A. K., Walt D. van der, Scheepbouwer E. Relationship between future construction capacity and company workload. Proceedings of International Structural Engineering and Construction. 2022.
27. Tucker G. C., Windapo A. O., Cattell K. Exploring the use of financial capacity as a predictor of construction company corporate performance. Journal of Engineering, Design and Technology. 2015. Вип. 13. С. 596–611.
28. Ökmen Ö., Leijten M., Stratton T., Bosch-Rekveldt M., Bakker H. Employee perspectives on risk management in a construction company. Journal of Risk Research. 2024. Вип. 27. С. 404–422.

29. Vasylieva N., Bolila N., Tsyfra T. Forecasting the level of rehabilitation capacity of the construction company. Ways to Improve Construction Efficiency. 2022.
30. Azmi E. A., Kordi N. E., Ibrahim C. K. I. C., Ravishankar A. Knowledge Creation Capabilities for Human Capacity Development in SMES Construction Company in Sabah. Jurnal Kejuruteraan. 2024.
31. Лопатовська О., Пономарьова К. Сучасна методика аналізу ліквідності та платоспроможності підприємства. Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences. 2022. Вип. 310, № 5 (1). С. 221–228.
32. Dang P., Niu Z., Gao S., Hou L., Zhang G. Critical factors influencing the sustainable construction capability in prefabrication of Chinese construction enterprises. Sustainability. 2020. Вип. 12, № 21. С. 8996.
33. Ma R., Mao C., Yuan J., Jiang C., Lou P. Evaluation for digital transformation capability of construction enterprises: a case study in China. Engineering, Construction and Architectural Management. 2025. Вип. 32, № 12. С. 8239–8272.
34. Кочегаров С. Інституційна спроможність будівельних ММСП у забезпеченні економічної безпеки в умовах повоєнного відновлення. Київський економічний науковий журнал. 2025. № 9. С. 135–142.
35. Zhang J., Ouyang Y., Philbin S. P., Zhao X., Ballesteros-Pérez P., Li H. Green dynamic capability of construction enterprises: Role of the business model and green production. Corporate Social Responsibility and Environmental Management. 2020. Вип. 27, № 6. С. 2920–2940.
36. Zhang J., Xie H., Schmidt K., Li H. A new systematic approach to vulnerability assessment of innovation capability of construction enterprises. Sustainability. 2015. Вип. 8, № 1. С. 17.
37. Dou Y., Xue X., Wang Y., Xue W., Huangfu W. Evaluation of enterprise technology innovation capability in prefabricated construction in China. Construction Innovation. 2022. Вип. 22, № 4. С. 1059–1084.
38. Yu Y., Liao J., Liu L. Enterpriser Ability, Strategic Management, and Corporate Performance—Empirical Study on Construction Enterprises in East China. ICCREM 2025: Decarbonization and Digitalization of the Built Environment–Shaping Resilience in a Changing World. С. 967–975.
39. Shi Q., Zhiwei L., Jie W., Zeng G., Han W. Generative AI on innovation performance of construction enterprises: A knowledge-based dynamic capabilities perspective. Journal of Engineering and Technology Management. 2025. Вип. 76. С. 101871.
40. Liu C., Cao J., Wu G., Zhao X., Zuo J. Interenterprise collaboration network in international construction projects: Evidence from Chinese construction enterprises. Journal of Management in Engineering. 2022. Вип. 38, № 2. С. 05021018.
41. Li J., Zhou J., Cheng Y. Conceptual method and empirical practice of building digital capability of industrial enterprises in the digital age. IEEE Transactions on Engineering Management. 2019. Вип. 69, № 5. С. 1902–1916.

42. Li C., Xue X., Shi Y. Study on the Building Enterprise Innovation Ability Evaluation Index. ICCREM 2015. С. 996–1001.
43. Gao S. S., Sung M. C., Zhang J. Risk management capability building in SMEs: A social capital perspective. International small business journal. 2013. Вип. 31, № 6. С. 677–700.
44. Кривдик М., Алексієнко О. Особливості управління стратегічним розвитком підприємств будівельної галузі в умовах кризи. Development Service Industry Management. 2023. № 3. С. 127–133.
45. Паламарчук О., Петришина С. Аналіз факторів конкурентоспроможності будівельних підприємств України. Економіка та суспільство. 2023. № 57.
46. Омецінська І., Омецінський О. Вплив особливостей будівельної галузі на показники фінансової звітності будівельних підприємств. Редакційна колегія. 2023. С. 530.
47. Торбич А. В. Галузева специфіка кадрового забезпечення підприємств будівельної сфери. Академічні візії. 2024. № 37.
48. Корбут С. Особливості діяльності будівельних підприємств в контексті забезпечення економічної безпеки. 2025.
49. Пащенко Т. М. Методичні особливості оцінювання якості підготовки фахівців для будівельної галузі. 2022.
50. Дуляба Н., Жишко Р. Особливості розвитку конкурентного середовища в будівельній сфері. Економіка та суспільство. 2024. № 68.
51. Гакова М., Миролюбов В. Особливості комунікаційної політики підприємства будівельної галузі. Рекомендовано до друку науково-технічною, ГО «Інститут економічних та еколого-енергетичних досліджень»(Протокол № 5 від 14.05. 2022 р.). 2022. С. 157.
52. Лопатка С. С. Особливості функціонування будівельних підприємств у розрізі регіонів України. Академічні візії. 2023. № 26.
53. Лич В., Куценко А. Сутнісна характеристика конкурентоспроможності будівельного підприємства. Просторовий розвиток. 2022. № 2. С. 144–159.
54. Винник К. Сучасні особливості розроблення фінансової стратегії підприємств будівельної галузі. Економіка і управління. 2024. Вип. 2. С. 105–113.
55. Романова Л., Грігєрман Є. Інвестиційне забезпечення діяльності підприємств будівельної галузі україни в період війни. розвиток міста. 2025. № 3 (07). С. 85–93.
56. Торбич А. Теоретичні основи та методичні підходи до управління кадровим забезпеченням у будівельній галузі. Scientific notes of Lviv University of Business and Law. 2024. № 42. С. 191–200.
57. Flanagan K., Levin I., Tually S., Varadharajan M., Verdouw J., Faulkner D., Meltzer A., Vreugdenhil A. Understanding the experience of social housing pathways. 2019.

58. Parsell C., Cheshire L., Walter Z. C., Clarke A. Social housing after neo-liberalism: new forms of state-driven welfare intervention toward social renters. Housing Studies. 2019. Вип. 37. С. 1124–1146.
59. Зінченко М. М. Основні форми та напрями інноваційної діяльності будівельних підприємств. Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу: матеріали доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 4-5 листопада 2025 року) / за заг. ред. В. М. Лича, Л.О. Згалат-Лозинської. Київ: КНУБА, 2025. С. 169-174.
60. Лобачева І., Китайчук Т., Покиньчереда В. Аналіз діяльності підприємств будівельної галузі. .
61. Holding E., Blank L., Crowder M., Ferrari E., Goyder E. Exploring the relationship between housing concerns, mental health and wellbeing: a qualitative study of social housing tenants. Journal of Public Health (Oxford, England). 2019. Вип. 42. С. 231–238.
62. Stephens M. Social Rented Housing in the (DIS)United Kingdom: Can Different Social Housing Regime Types Exist within the Same Nation State? Urban Research & Practice. 2019. Вип. 12. С. 38–60.
63. Powell A., Meltzer A., Martin C., Stone W., Liu E., Flanagan K., Muir K., Tually S. The construction of social housing pathways across australia. Global Business Issues eJournal. 2019.
64. Patino E. D. L., Siegel J. A. Indoor environmental quality in social housing: A literature review. Building and Environment. 2018. Вип. 131. С. 231–241.
65. Watt P., Smets P. Social Housing and Urban Renewal: A Cross-national Perspective. 2019.
66. Longhurst N., Hargreaves T. Emotions and fuel poverty: The lived experience of social housing tenants in the United Kingdom. Energy Research & Social Science. 2019.
67. Friesenecker M., Litschauer K. Innovating social housing? Tracing the social in social housing construction. Vienna. 2021.
68. Prentice D., Scutella R. What are the impacts of living in social housing? New evidence from Australia. Housing Studies. 2020. Вип. 35. С. 612–647.
69. Murphy L. Neoliberal social housing policies, market logics and social rented housing reforms in New Zealand. International Journal of Housing Policy. 2020. Вип. 20. С. 229–251.
70. Baldauf J. P., Formoso C. T., Tzortzopoulos P., Miron L., Soliman-Junior J. Using Building Information Modelling to manage client requirements in social housing projects. Sustainability. 2020.
71. Gent W. van, Hochstenbach C. The neo-liberal politics and socio-spatial implications of Dutch post-crisis social housing policies. International Journal of Housing Policy. 2019. Вип. 20. С. 156–172.
72. Marquardt S., Glaser D. How Much State and How Much Market? Comparing Social Housing in Berlin and Vienna. German Politics. 2020. Вип. 32. С. 361–380.

73. Pirrie M., Harrison L., Angeles R., Marzanek F., Ziesmann A., Agarwal G. Poverty and food insecurity of older adults living in social housing in Ontario: a cross-sectional study. BMC Public Health. 2020. Вип. 20.
74. Hansson A. G., Lundgren B. Defining Social Housing: A Discussion on the Suitable Criteria. Housing, Theory and Society. 2019. Вип. 36. С. 149–166.
75. Williams A. J., Maguire K., Morrissey K., Taylor T., Wyatt K. Social cohesion, mental wellbeing and health-related quality of life among a cohort of social housing residents in Cornwall: a cross sectional study. BMC Public Health. 2020. Вип. 20.
76. Balchin P. Introduction to social housing. Housing policy in Europe. Routledge, 2013. С. 69–83.
77. Oxley M. Future of Social Housing: Learning from Europe. Institute for Public Policy Research, 2000. ISBN 1-86030-127-4.
78. Stephens M., Elsinga M., Knorr-Siedow T. The privatisation of social housing: Three different pathways. Social Housing in Europe II. 2008. Вип. 105.
79. Tunstall B. The deresidualisation of social housing in England: change in the relative income, employment status and social class of social housing tenants since the 1990s. Housing Studies. 2021. Вип. 38. С. 792–813.
80. Watt P. Displacement and estate demolition: multi-scalar place attachment among relocated social housing residents in London. Housing Studies. 2021. Вип. 37. С. 1686–1710.
81. Busch-Geertsema V. Housing First Europe: Final Report. Bremen/Brussels: European Union Programme for Employment and Social Solidarity. 2013.
82. Lawson J., Troy L., Nouwelant R. van den. Social housing as infrastructure and the role of mission driven financing. Housing Studies. 2022. Вип. 39. С. 398–418.
83. Lindner E. E., Gingerich K. N., Burke K. C., Doyle S. B., Miller-Cushon E. K. Effects of Social Housing on Dairy Calf Social Bonding. Animals : an Open Access Journal from MDPI. 2022. Вип. 12.
84. Clarke A., Cheshire L., Parsell C., Morris A. Reified scarcity & the problem space of ‘need’: unpacking Australian social housing policy. Housing Studies. 2022. Вип. 39. С. 565–583.
85. Kadi J., Lilius J. The remarkable stability of social housing in Vienna and Helsinki: a multi-dimensional analysis. Housing Studies. 2022. Вип. 39. С. 1607–1631.
86. Bredenoord J., Kulshreshtha Y. Compressed Stabilized Earthen Blocks and Their Use in Low-Cost Social Housing. Sustainability. 2023.
87. Kemeny J. From public housing soc market. Routledge, 2002. ISBN 0-203-03380-9.
88. Haffner M. E. Bridging the gap between social and market rented housing in six European countries? IOS press, 2009. ISBN 1-60750-035-3.
89. Raczkiewicz W. Beton–materiał budowlany znany od wieków. Przegląd Budowlany. 2012. Вип. 83, № 10. С. 13–18.

90. Haggren A. Build, live together: joint building ventures: empowerment and participation. 2021.
91. Білоконь А. І., Кислиця Л. В., Фільченко К., Фільченко Д., Макаров А. В. Основні тенденції та перспективи в галузі промислового сталевого будівництва. Український журнал будівництва та архітектури. 2025. № 5 (029). С. 25–37.
92. Кричевська , Ю., Рижакова , Г., Шпаков , А., Поколенко , В., & Приходько , Д. (2024). Цифрова екосистема в будівельному девелопменті: концептуально-теоретичні аспекти трансформації та управлінські імперативи. Управління розвитком складних систем, (60), 174–182. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182
93. Федоренко Ю., Сопов В. Технологія модульного будівельного рішення Speedstac для відновлення зруйнованого житла в Україні. Науковий вісник будівництва. 2022. Вип. 108, № 2. С. 44–49.
94. Довженко О., Погрібний В., Шостак І. Перспективи застосування технології збірно-монолітного каркасу в багатоповерховому будівництві України. 2017.
95. Лепська Л., Тонкачеєв Г., Шандра О. Підвищення технологічності монтажу каркасних будівель: передові методи. Містобудування та територіальне планування. 2024. № 85. С. 315–339.
96. Girmscheid G. New Perspective of industrialisation in construction. Malaysia IBS International Exhibition 2011 (MIIE 2011), 2011.
97. Smith R. E. Prefab architecture: A guide to modular design and construction. John Wiley & Sons, 2011. ISBN 0-470-88046-5.
98. Паливода О. А., Тромса Ю. Альтернативні рішення для збірного залізобетону. 2025.
99. Hořínková D. Advantages and disadvantages of modular construction, including environmental impacts. IOP Publishing, 2021. ISBN 1757-8981.
100. Попруга Д. В., Валовой О. Проблеми технології монолітного будівнитцва в Україні. Вісник Криворізького національного університету. 2012. № 31. С. 221–225.
101. Кінайлюк М. Застосування технологій модульного будівництва при проєктуванні будівель готелів та хостелів. Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування. 2023. № 67. С. 252–268.
102. Pavelko O. Концептуальні засади побудови обліку фінансових результатів будівельних підприємств. Bulletin National University of Water and Environmental Engineering. 2018. Вип. 1, № 81. С. 98–108.
103. Touran A., Gransberg D. D., Molenaar K. R., Ghavamifar K. Selection of Project Delivery Method in Transit: Drivers and Objectives. Journal of Management in Engineering. 2011. Вип. 27, № 1. С. 21–27.
104. Biedenkopf K. Partnership for Market Readiness (PMR). .
105. Rocha P. F., Ferreira N. O., Pimenta F. M., Pereira N. B. Impacts of Prefabrication in the Building Construction Industry. Encyclopedia. 2022.

106. Albalkhy W., Rankohi S., Lafhaj Z., Iordanova I., Velasquez J. M. R., Bourgault M., Pellerin R. Lean and Iot Integration to Improve Flow in Construction Prefabrication: a Proposed Framework. Proceedings of the 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31). 2023.
107. Olsson L., Wetterlund E., Söderström M. Assessing the climate impact of district heating systems with combined heat and power production and industrial excess heat. Resources, Conservation and Recycling. 2015. Вип. 96. С. 31–39.
108. J. Van Der Vegte G., Wardenier J. Evaluation of the recent IIW (2012) and ISO (2013) strength equations for axially loaded CHS K gap joints. Steel Construction. 2014. Вип. 7, № 2. С. 97–106.
109. Han Q., Chang J.-H., Liu G., Zhang H. The Carbon Emission Assessment of a Building with Different Prefabrication Rates in the Construction Stage. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. Вип. 19.
110. Jang S. Comparative Analysis of Multi-Trade Prefabrication Construction Methods. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. 2018. Вип. 17. С. 503–509.
111. Liu D., Lu W., Niu Y., Wang H. A SCO-based tower crane system for prefabrication construction. 2017.
112. Zhang N., Tian Y., Wang J., Al-Hussein M. BIM-Based Automated Drainage System Design in Prefabrication Construction. 2020.
113. Avva V. S. R., Chamberlin K. S. Multi-skilling and crosstraining of labor in prefabrication construction industry by MCDM method. Materials Today: Proceedings. 2020. Вип. 33. С. 620–625.
114. Yao Y., Qin H., Wang J. Barriers of 5D BIM Implementation in Prefabrication Construction of Buildings. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Вип. 580.
115. Yevu S. K., Owusu E. K., Chan A. P. C., Sepasgozar S. M. E., Kamat V. R. Digital twin-enabled prefabrication supply chain for smart construction and carbon emissions evaluation in building projects. Journal of Building Engineering. 2023.
116. Murali K., Sambath K. Sustainable Performance Criteria for Prefabrication Construction System. International journal of scientific and research publications. 2020. Вип. 10. С. 10052.
117. Negi P., Thakur G., Singh R., Gehlot A., Thakur A. K., Gupta L. R., Priyadarshi N., Twala B. Perception of lean construction implementation barriers in the indian prefabrication sector. Heliyon. 2024. Вип. 10.
118. Barjuei E. S., Capitanelli A., Bertolucci R., Courteille E., Mastrogiovanni F., Maratea M. Digital workflow for printability checking and prefabrication in robotic construction 3D printing based on Artificial Intelligence planning. Eng. Appl. Artif. Intell. 2024. Вип. 133. С. 108254.
119. Xu J., Ye M., Lu W., Bao Z., Webster C. A four-quadrant conceptual framework for analyzing extended producer responsibility in offshore prefabrication construction. Journal of Cleaner Production. 2020. Вип. 282. С. 124540–124540.
120. Fagbenro R. K., Sunindijo R. Y., Illankoon C., Frimpong S. Importance of Prefabrication to Easing Construction Workers' Experience of Mental Health

Stressors. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2024. Вип. 21.
121. Chan S. Y., Tsang W. C. Application of building information modeling (bim) in improving the effectiveness of prefabrication construction. Proceedings of International Structural Engineering and Construction. 2025.
122. Zhang W., Yu C., Zhong R. Y. Stability measure for prefab balancing in prefabrication construction supply chain management. Comput. Ind. Eng. 2023. Вип. 183. С. 109518.
123. Yevu S. K., Owusu E. K., Chan A. P. C., Oti-Sarpong K., Wuni I. Y., Tetteh M. O. Systematic review on the integration of Building Information Modelling and prefabrication construction for low-carbon building delivery. Building Research & Information. 2022. Вип. 51. С. 279–300.
124. Hao J., Cheng B., Lu W., Xu J., Wang J., Bu W., Guo Z. Carbon emission reduction in prefabrication construction during materialization stage: A BIM-based life-cycle assessment approach. The Science of the total environment. 2020. Вип. 723. С. 137870.
125. Lauble S., Steuer D., Großmann H., Zielke P. Strategic levers for prefabrication in construction: an economic case study. Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 2025.
126. Valdes-Vasquez R., Klotz L. E. Using the concept-mapping method for empirical studies in construction research. Journal of Construction Engineering and Management. 2013. Вип. 139, № 10. С. 04013002.
127. M. Nikbin I., Rahimi R S., Allahyari H., Fallah F. Feasibility study of waste Poly Ethylene Terephthalate (PET) particles as aggregate replacement for acid erosion of sustainable structural normal and lightweight concrete. Journal of Cleaner Production. 2016. Вип. 126. С. 108–117.
128. Pürgstaller A., Fischnaller H. Digital planning, prefabrication and industrialized construction methods in a complex large-scale project in Munich. Structural Concrete. 2025. Вип. 26. С. 4067–4082.
129. Challa R. K., Rao K. S. An effective optimization of time and cost estimation for prefabrication construction management using artificial neural Networks. Revue d'Intelligence Artificielle. 2022.
130. Lachance E., Lehoux N., Blanchet P. Automated and robotized processes in the timber-frame prefabrication construction industry: A state of the art. 2022 IEEE 6th International Conference on Logistics Operations Management (GOL). 2022. С. 1–10.
131. Sari Y. A., Dinata Y. Innovation of prefabrication construction methods for cost and time efficiency in the high rise building project of perum perumnas. Media komunikasi teknik sipil. 2022.
132. Zhou Z., Syamsunur D., Wang L., Nugraheni F. Identification of Impeding Factors in Utilising Prefabrication during Lifecycle of Construction Projects: An Extensive Literature Review. Buildings. 2024.

133. Yang I.-T., Hsieh Y.-M., Kung L.-O. Parallel Computing platform for multiobjective simulation optimization of bridge maintenance planning. journal of construction engineering and management. 2012. Вип. 138, № 2. С. 215–226.
134. ed. R. Blockley, ed. W. Shyy Encyclopedia of Aerospace Engineering. Wiley, 2010. ISBN 978-0-470-75440-5.
135. Бегун С., Хомюк Н., Подзізей О. Економетричні методи та моделі в прийнятті управлінських рішень в умовах цифрової трансформації. Економіка та суспільство. 2024. № 66.
136. Naumov Y., Bashynskyi S., Prypoten Y., Bletsko M. Application of fine dispersed wastes of stone processing enterprises as fillers of construction solutions. Naukovyi visnyk Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. 2023.
137. Zheng Y., Ma X., Su Y., Li T., Zhang Y., Lu P. Research on Barriers of BIM Application in Construction Enterprises——Based on Literature Review Method. 2019.
138. Hong-yan Y. Researched on Bids Game Model of the Road Construction Enterprises Based on Composite Lower Limit on Bid. Optimization of Capital Construction. 2006.
139. Hua Y., Kang M., Yao H., Fu Y. How to Foster Project Organization Resilience in the Construction Industry: The Role of Data Governance Capabilities. Buildings. 2025.
140. Wen-sh C. Research on evaluation index selection of construction management ability of Xinjiang construction enterprises. 2014.
141. Shang X., Zhang J., Shang Y. Research on the Construction of Enterprise Accounting Big Data Analysis Platform under the Background of Digital Economy. Proceedings of the 2025 2nd International Conference on Digital Society and Artificial Intelligence. 2025.
142. Shen N., Zhang J., Cao Y., Zhang L., Zhang G. Clear the fog: Can public–private collaborative supervision promote the construction of a high-quality public health system? Managerial and Decision Economics. 2024.
143. Ivanova H. P., Olishevska V., Hapieiev S., Olishevska S. O. Construction Industry in Ukraine: Transformations and Prospects in the Context of Martial Law and Postwar Reconstruction. Science and Transport Progress. 2024.
144. Guang-jun G. U. On the Management of Labor Contract Law of Construction Enterprises. Enterprise Science and Technology & Development. 2009.
145. Zhe M. Compilation and Application of Construction Enterprises Norm. Advanced Materials Research. 2007.
146. Tie-cheng W. The Evaluation and Control of the Dangerous Source for Construction Enterprises. Building Science. 2006.
147. Qing-lian Y. Cost control in construction project department in construction enterprises. 2007.
148. Попадинець Н. М., Бондаренко В. М., Середа С. А., Оводов Д. А. Сучасні підходи до формування інтелектуальної економічної системи будівельних підприємств у контексті розвитку транскордонного співробітництва в умовах євроінтеграціЇ. Трансформаційна економіка. 2025.

149. Chupryna K., Chupryna I., Borodavko M., Gavrikov D. Стратегії реконфігурації бізнес-процесів будівельних підприємств. 2020.
150. Pavelko O. V., Vlasiuk I., Popchuk D. O. Управлінський облік будівельних підприємств: характерні особливості організації та ведення. Bulletin National University of Water and Environmental Engineering. 2022.
151. Лич В., Середюк К. В. Ефективність організаційно-економічного механізму забезпечення соціальних гарантій в системі корпоративної відповідальності будівельних підприємств україни. Економіка та суспільство. 2024.
152. Халіна В., Абєлєнцев Є. Транспарентність будівельних підприємств в умовах розвитку цифрової економіки міста. Підприємництво і торгівля. 2023.
153. Мамонов К., Єсіна В. О., Матвєєва Н., Славута О., Троян В. Формування інтелектуальних систем інвестиційної привабливості будівельних підприємств та визначення впливу на них стейкхолдерів. Financial and credit activity problems of theory and practice. 2022.
154. Pavelko O. V. Факторний аналіз фінансових результатів діяльності будівельних підприємств: методика та особливості проведення. Bulletin National University of Water and Environmental Engineering. 2020.
155. Халіна В., Сироватський О., Круглов І. Концепція транспарентного управління діяльністю будівельних підприємств. Economy and Society. 2020.
156. Капраль О., Секретар І. Змістовні характеристики економічної безпеки будівельних підприємств. Економіка та суспільство. 2025.
157. П’ятночка Б. Теоретичні аспекти дослідження інвестиційної привабливості будівельних підприємств. Економіка та суспільство. 2024.
158. Прокопенко Н. С., Циба О. В. Система управління інноваційним розвитком будівельних підприємств: організаційний аспект. Investytsiyi: praktyka ta dosvid. 2024.
159. Пандас А., Федерка Т. Особливості визначення рентабельності будівельних підприємств. Економіка та суспільство. 2020.
160. Whitehead C. Social housing in England. Social housing in Europe. 2014. С. 105–120.
161. Poggio T., Whitehead C. Social housing in Europe: legacies, new trends and the crisis. Critical Housing Analysis. 2017. Вип. 4, № 1. С. 1–10.
162. Aalbers M. B., Holm A. Privatising social housing in Europe: The cases of Amsterdam and Berlin. Urban trends in Berlin and Amsterdam. 2008. Вип. 110. С. 12–23.
163. Whitehead C. M., London L. Financing social housing in Europe. Housing Finance International. 2003. Вип. 17, № 4. С. 3–8.
164. Arrigoitia M. F., Whitehead C., Scanlon K. Social Housing in Europe. John Wiley & Sons, 2014. ISBN 1-118-41235-4.
165. Priemus H., Dieleman F. Social housing policy in the European Union: past, present and perspectives. Urban studies. 2002. Вип. 39, № 2. С. 191–200.
166. Oxley M. Financing affordable social housing in Europe. Un-habitat, 2009. ISBN 92-1-132158-1.

167. Priemus H., Boelhouwer P. Social housing finance in Europe: trends and opportunities. Urban Studies. 1999. Вип. 36, № 4. С. 633–645.
168. Gibb K. Trends and change in social housing finance and provision within the European Union. Housing studies. 2002. Вип. 17, № 2. С. 325–336.
169. Whitehead C. M. From social housing to subsidized housing? Accommodating low-income households in Europe. Built Environment. 2015. Вип. 41, № 2. С. 244–257.
170. Czischke D. Managing social rental housing in the EU: A comparative study. European Journal of housing policy. 2009. Вип. 9, № 2. С. 121–151.
171. Oxley M., Elsinga M., Haffner M., Van Der Heijden H. Competition and social housing in Europe. Economic Affairs. 2008. Вип. 28, № 2. С. 31–36.
172. Busch-Geertsema V. Housing first Europe–results of a European social experimentation project. European Journal of Homelessness. 2014. Вип. 8, № 1.
173. Malpass P. Histories of social housing: a comparative approach. Social Housing in Europe. 2014. С. 255–274.
174. Boelhouwer P., Heijden H. van der. Social housing in Western Europe IN TI. Neth. J. of Housing and the Built Environment. 1994. Вип. 9, № 4. С. 331.
175. Whitehead C. Financing social rented housing in Europe. Social housing in Europe. 2014. С. 315–330.
176. Filandri M., Olagnero M. Housing inequality and social class in Europe. Housing Studies. 2014. Вип. 29, № 7. С. 977–993.
177. Balchin P. Housing policy in Europe. Routledge, 2013. ISBN 0-203-43641-5.
178. Droste C., Knorr-Siedow T. Social housing in Germany. Social housing in Europe. 2014. С. 183–202.
179. Van der Heijden H. Social rented housing in Western Europe: developments and expectations. Urban Studies. 2002. Вип. 39, № 2. С. 327–340.
180. Lévy-Vroelant C., Schaefer J., Tutin C. Social housing in France. Social housing in Europe. 2014. С. 123–142.
181. Фролова Л. В., Кравченко О. Детермінанти технології процесу розробки та прийняття управлінських рішень в системі управління розвитком підприємства. 2014.
182. Овчарова Н., Кравченко О., Бобошко Р. О. Формування обліково-аналітичного забезпечення управління витратами сільськогосподарських підприємств. Економіка та суспільство. 2021.
183. Максименко Н. В. Ландшафтно-екологічне планування, як підґрунтя управлінських рішень про надання екосистемних послуг. 2012.
184. Левицький В. Інтегрований підхід до формування моделі прийняття управлінських рішень на підприємстві. 2021.
185. Салій Б. Вплив моделі лідерства на фінансові результати освітньої організації. Економіка та суспільство. 2025.
186. Вартанова О., Бузько І. Р., Вартанов С. Поведінкові особливості прийняття управлінських рішень. Економіка та суспільство. 2025.
187. Синюк О. Поведінкові та аналітичні аспекти прийняття управлінських рішень у мінливому середовищі. Економіка та суспільство. 2025.

188. Волосова Н. М., Гноєвой Д. В. Розробка математичної моделі методу аналізу ієрархій для прийняття управлінських рішень. Математичне моделювання. 2024.
189. Бочарова Н., Тупицька Є. О. Розробка управлінських рішень щодо вибору антикризової стратегії АТП. International Science Journal of Management, Economics & Finance. 2023.
190. ШоробураІ М. Моделі прийняття управлінських рішень: зарубіжний досвід. педагогічний альманах. 2021.
191. Лобода О. М., Худік Н. Д. Застосування імітаційної моделі системи прийняття рішень на підприємствах малого бізнесу. Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка. 2021.
192. Кузьменко О., Віткін Л. Development of a mathematical model based on fuzzy logic for risk estimation in the activity of a testing laboratory. «Scientific notes of the University»KROK". 2024.
193. Daft R. L., Weick K. E. Toward a model of organizations as interpretation systems. Academy of Management Review. 1984. Вип. 9. С. 284–295.
194. Cooper M., Lambert D. M., Pagh J. D. Supply chain management – more than a new name for logistics. The International Journal of Logistics Management. 1997. Вип. 8. С. 1–14.
195. Sterman J. D. Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment. 1989.
196. Straub D. W., Welke R. J. Coping With Systems Risk: Security Planning Models for Management Decision Making. MIS Q. 1998. Вип. 22. С. 441–469.
197. Walker W. E., Harremoës P., Rotmans J., Sluijs J. P. van der, Asselt M. B. A., Janssen P., Krauss M. K. von. Defining Uncertainty: A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support. Integrated Assessment. 2003. Вип. 4. С. 5–17.
198. Govindan K., Rajendran S., Sarkis J., Murugesan P. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. Journal of Cleaner Production. 2015. Вип. 98. С. 66–83.
199. Smith W. K. Dynamic Decision Making: A Model of Senior Leaders Managing Strategic Paradoxes. Academy of Management Journal. 2014. Вип. 57. С. 1592–1623.
200. Little J. D. C. Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus. Manag. Sci. 2016. Вип. 50. С. 1841–1853.
201. Nemati H. R., Steiger D. M., Iyer L. S., Herschel R. T. Knowledge warehouse: an architectural integration of knowledge management, decision support, artificial intelligence and data warehousing. Decis. Support Syst. 2002. Вип. 33. С. 143–161.
202. Palomares I., Martínez-López L., Herrera F. A Consensus Model to Detect and Manage Noncooperative Behaviors in Large-Scale Group Decision Making. IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2014. Вип. 22. С. 516–530.
203. Loftus T. J., Tighe P. J., Filiberto A. C., Efron P. A., Brakenridge S. C., Mohr A. M., Rashidi P., Upchurch G. R., Bihorac A. Artificial Intelligence and Surgical Decision-Making. JAMA surgery. 2019.

204. Zardari N. H., Ahmed K., Prof. Dr. SM Shirazi Ce., Yusop Z. Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management. Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management. 2014.
205. Mosadeghi R., Warnken J., Tomlinson R., Mirfenderesk H. Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. Comput. Environ. Urban Syst. 2015. Вип. 49. С. 54–65.
206. Lent R. W., Ireland G. W., Penn L. T., Morris T. R., Sappington R. T. Sources of self-efficacy and outcome expectations for career exploration and decision-making: A test of the social cognitive model of career self-management. Journal of Vocational Behavior. 2017. Вип. 99. С. 107–117.
207. Cabral I., Grilo A. M., Cruz-Machado V. A decision-making model for Lean, Agile, Resilient and Green supply chain management. International Journal of Production Research. 2012. Вип. 50. С. 4830–4845.
208. Calabretta G., Gemser G., Wijnberg N. M. The Interplay between Intuition and Rationality in Strategic Decision Making: A Paradox Perspective. Organization Studies. 2017. Вип. 38. С. 365–401.
209. Fallahpour A., Olugu E. U., Musa S. N., Wong K., Noori S. A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. Comput. Ind. Eng. 2017. Вип. 105. С. 391–410.
210. Sofaer H. R., Jarnevich C. S., Pearse I. S., Smyth R. L., Auer S., Cook G., Edwards T. C., Guala G. F., Howard T. G., Morisette J. T., Hamilton H. Development and Delivery of Species Distribution Models to Inform Decision-Making. BioScience. 2019.
211. Zadeh L. A. Is there a need for fuzzy logic? Information Sciences. 2008. Вип. 178, № 13. С. 2751–2779.
212. Gajzler M., Zima K. Evaluation of Planned Construction Projects Using Fuzzy Logic. International Journal of Civil Engineering. 2017. Вип. 15, № 4. С. 641–652.
213. Rahim A. A., Musa S. N., Ramesh S., Lim M. K. Development of a fuzzy-TOPSIS multi-criteria decision-making model for material selection with the integration of safety, health and environment risk assessment. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications. 2021. С. 1464420721994269.
214. Shwetank, Suhas, Chaudhary J. K. A Comparative Study of Fuzzy Logic and WQI for Groundwater Quality Assessment. Procedia Computer Science. 2020. Вип. 171. С. 1194–1203.
215. McKone T. E., Deshpande A. W. Can Fuzzy Logic Bring Complex Environmental Problems into Focus? Environmental Science & Technology. 2005. Вип. 39, № 2. С. 42A-47A.
216. Gharibi H., Sowlat M. H., Mahvi A. H., Mahmoudzadeh H., Arabalibeik H., Keshavarz M., Karimzadeh N., Hassani G. Development of a dairy cattle drinking water quality index (DCWQI) based on fuzzy inference systems. Ecological Indicators. 2012. Вип. 20. С. 228–237.

217. Lermontov A., Yokoyama L., Lermontov M., Machado M. A. S. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. Ecological Indicators. 2009. Вип. 9, № 6. С. 1188–1197.
218. Raman B. V., Bouwmeester R., Mohan S. Fuzzy Logic Water Quality Index and Importance of Water Quality Parameters. Air, Soil and Water Research. 2009. Вип. 2. С. ASWR.S2156.
219. Babaei S., F, Hassani, A H, Torabian, A, Karbassi, A R, Hosseinzadeh L., F. Water quality index development using fuzzy logic: A case study of the Karoon River of Iran. African Journal of Biotechnology. 2011. Вип. 10, № 50. С. 10125–10133.
220. Gharibi H., Mahvi A. H., Nabizadeh R., Arabalibeik H., Yunesian M., Sowlat M. H. A novel approach in water quality assessment based on fuzzy logic. Journal of Environmental Management. 2012. Вип. 112. С. 87–95.
221. Oladipo J. O., Aboyeji O. S., Akinwumiju A. S., Adelodun A. A. Fuzzy Logic Interference for Characterization of Surface Water Potability in Ikare Rural Community, Nigeria. Journal of Geovisualization and Spatial Analysis. 2020. Вип. 4, № 1. С. 1.
222. Ross T. Fuzzy Logic with Engineering Applications, 3rd Edition | Wiley. .
223. Castillo O., Melin P., Kacprzyk J., Pedrycz W. Type-2 fuzzy logic: theory and applications. IEEE, 2007. ISBN 0-7695-3032-X.
224. Kachroud M., Trolard F., Kefi M., Jebari S., Bourrié G. Water Quality Indices: Challenges and Application Limits in the Literature. Water. 2019. Вип. 11, № 2. С. 361.
225. Caniani D., Lioi D. S., Mancini I. M., Masi S. Hierarchical Classification of Groundwater Pollution Risk of Contaminated Sites Using Fuzzy Logic: A Case Study in the Basilicata Region (Italy). Water. 2015. Вип. 7, № 5. С. 2013–2036.
226. Yang H., Chen Z., Ye Y., Chen G., Zeng F., Zhao C. A Fuzzy Logic Model for Early Warning of Algal Blooms in a Tidal-Influenced River. Water. 2021. Вип. 13, № 21. С. 3118.
227. Hajji S., Yahyaoui N., Bousnina S., Ben Brahim F., Allouche N., Faiedh H., Bouri S., Hachicha W., Aljuaid A. M. Using a Mamdani Fuzzy Inference System Model (MFISM) for Ranking Groundwater Quality in an Agri-Environmental Context: Case of the Hammamet-Nabeul Shallow Aquifer (Tunisia). Water. 2021. Вип. 13, № 18. С. 2507.
228. Trach R., Trach Y., Kiersnowska A., Markiewicz A., Lendo-Siwicka M., Rusakov K. A Study of Assessment and Prediction of Water Quality Index Using Fuzzy Logic and ANN Models. Sustainability. 2022. Вип. 14, № 9. С. 5656.
229. Borges Viana V. L., Marques Carvalho M. T. Prioritization of risks related to BIM implementation in brazilian public agencies using fuzzy logic. Journal of Building Engineering. 2021. Вип. 36. С. 102104.
230. Bukowski L., Werbińska-Wojciechowska S. Using fuzzy logic to support maintenance decisions according to Resilience-Based Maintenance concept. Eksploatacja i Niezawodnosc - Maintenance and Reliability. 2021. Вип. 23, № 2. С. 294–307.

231. Kartavykh S., Komandyrov O., Kulikov P., Ploskyi V., Poltorachenko N., Terenchuk S. Adaptation of fuzzy inference system to solve assessment problems of technical condition of construction objects. Technology audit and production reserves. 2020. Вип. 3. С. 52–55.
232. Pasko R., Terenchuk S. The use of neuro-fuzzy models in expert support systems for forensic building-technical expertise. ScienceRise. 2020. Вип. 2. С. 10–18.
233. Trach R., Khomenko O., Trach Y., Kulikov O., Druzhynin M., Kishchak N., Ryzhakova G., Petrenko H., Prykhodko D., Obodianska O. Application of Fuzzy Logic and SNA Tools to Assessment of Communication Quality between Construction Project Participants. Sustainability. 2023. Вип. 15, № 7. С. 5653.
234. Plebankiewicz E., Zima K., Wieczorek D. Modelling of time, cost and risk of construction with using fuzzy logic. Journal of civil engineering and management. 2021. Вип. 27, № 6. С. 412–426.
235. Ryzhakova G., Honcharenko T., Predun K., Petrukha N., Malykhina O., Khomenko O. Using of Fuzzy Logic for Risk Assessment of Construction Enterprise Management System. Astana, Kazakhstan:IEEE, 2023. ISBN 979-8-3503-3504-0.
236. Sasmal S., Ramanjaneyulu K., Gopalakrishnan S., Lakshmanan N. Fuzzy Logic Based Condition Rating of Existing Reinforced Concrete Bridges. Journal of Performance of Constructed Facilities. 2006. Вип. 20, № 3. С. 261–273.
237. Markiz N., Jrade A. Integrating fuzzy-logic decision support with a bridge information management system (BrIMS) at the conceptual stage of bridge design. Journal of Information Technology in Construction (ITcon). 2018. Вип. 23, № 5. С. 92–121.
238. Волков, В. Е., & Макоєд, Н. О. (2018). Нечітка логіка та проблеми керування. Матеріали 78-ї наукової конференції науково-викладацького та наукового складу ОНАХТ. Одеська національна академія харчових технологій. С 164-165..
239. Кондратенко, Ю. П., Кондратенко, Г. В., & Сіденко, Є. В. (2019). Нечіткі множини та нечітка. Комп’ютерні науки. (Вип. 267). Чорноморський національний університет імені Петра Могили. https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/308 dspace.chmnu.edu.ua
240. Волков, В. Е., & Макоєд, Н. О. (2015). Нечітка логіка та керування складними системами. Збірник тез доповідей 75-ї наукової конференції викладачів академії (с. 211). Одеська національна академія харчових технологій. card-file.ontu.edu.ua
241. Воловщиков, В. Ю. (2022). Нечітка логіка та нечіткі системи. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». https://web.kpi.kharkov.ua/asu/wpcontent/uploads/sites/109/2022/02/121_122_126_Silabus_NechitkaLogikaTaNechitkiSistemi.pdf web.kpi.kharkov.ua
242. Дебела, І. М. (2024). Нечітка логіка в задачах прийняття рішень: метод Лотфі Заде. У Г. Д. Береговій та ін. (Ред.), Європейське майбутнє: філософсько-освітні студії: збірник тез і доповідей (Ч. 1, с. 117–119). ФОП Вишемирський В. С. https://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9500

243. Дунська А., Поліщук А. Нечітка логіка в стратегічному управлінні зовнішньоекономічною діяльністю вітчизняних підприємств. Економічний вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. 2014. № 11. С. 563–571.
244. Нємченко Д. Нечітка логіка та нейронні моделі в економічному моделюванні. Матеріали ІІ туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт у 2017/18 н. р./[за ред. проф. ВМ Вовка].–Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2018.–168 с. С. 90.
245. Чіков, І. А. (2021). Нечітка логіка у моделюванні економічних систем. Актуальні проблеми економіки, обліку, фінансів та права: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (Ч. 2, с. 69–70). https://repository.hneu.edu.ua/bitstreams/aadf6fa3-aba0-4524-8de1-c314cc4032b4/download repository.hneu.edu.ua
246. Ашурова, О., & Шубін, І. Ю. (2020). Нечіткі множини та нечітка логіка як інструмент формалізації вимог. Інформаційні системи та технології: матеріали 9-ї Міжнародної науково-технічної конференції (с. 64–68). Друкарня Мадрид. https://openarchive.nure.ua/handle/document/16161 openarchive.nure.ua
247. Ревунов, О., Рижакова, Г., Малихіна, О., Предун, К., Приходько, Д., & Орленко, І. (2021). Аналітичні інструменти діагностики систем менеджменту якості підприємств-стейкхолдерів будівельних проєктів. Управління розвитком складних систем, (45), 161-169.
248. Фадєєва І. Г., Гринюк О. І. Нечітка логіка як інструмент ризик-контролінгу в контексті проактивного управління нафтогазовидобувними підприємствами. Бизнес Информ. 2019. № 4 (495). С. 212–220.
249. Gul M., Ak M. F., Guneri A. F. Occupational health and safety risk assessment in hospitals: A case study using two-stage fuzzy multi-criteria approach. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2017. Вип. 23. С. 187–202.
250. Mishra A. R., Rani P., Pandey K., Mardani A., Justas \vStreimikis, Dalia \vStreimikienė, Alrasheedi M. A. Novel Multi-Criteria Intuitionistic Fuzzy swara–copras Approach for Sustainability Evaluation of the Bioenergy Production Process. Sustainability. 2020.
251. Pérez M. G. R., Rey E. A multi-criteria approach to compare urban renewal scenarios for an existing neighborhood. Case study in Lausanne (Switzerland). Building and Environment. 2013. Вип. 65. С. 58–70.
252. Kim S., Kim S. A multi-criteria approach toward discovering killer IoT application in Korea. Technological Forecasting and Social Change. 2016. Вип. 102. С. 143–155.
253. Brito M. M. de, Evers M., Almoradie A. Participatory flood vulnerability assessment: a multi-criteria approach. Hydrology and Earth System Sciences. 2017. Вип. 22. С. 373–390.
254. Osei-Bryson K.-M. A. Evaluation of decision trees: a multi-criteria approach. Comput. Oper. Res. 2004. Вип. 31. С. 1933–1945.
255. Pombo O., Allacker K., Rivela B., Neila J. Sustainability assessment of energy saving measures: A multi-criteria approach for residential buildings retrofitting—A

case study of the Spanish housing stock. Energy and Buildings. 2016. Вип. 116. С. 384–394.
256. Haddad B., Liazid A., Ferreira P. F. V. A multi-criteria approach to rank renewables for the Algerian electricity system. Renewable Energy. 2017. Вип. 107. С. 462–472.
257. Carpitella S., Certa A., Izquierdo J., Fata C. M. L. A combined multi-criteria approach to support FMECA analyses: A real-world case. Reliab. Eng. Syst. Saf. 2018. Вип. 169. С. 394–402.
258. Doke A., Zolekar R. B., Patel H., Das S. K. Geospatial mapping of groundwater potential zones using multi-criteria decision-making AHP approach in a hardrock basaltic terrain in India. Ecological Indicators. 2021.
259. Govindan K., Kannan D., Shankar K. Evaluating the drivers of corporate social responsibility in the mining industry with multi-criteria approach: A multi-stakeholder perspective. Journal of Cleaner Production. 2014. Вип. 84. С. 214–232.
260. Abdel-Basset M., Gamal A., Chakrabortty R. K., Ryan M. J. A new hybrid multi-criteria decision-making approach for location selection of sustainable offshore wind energy stations: A case study. Journal of Cleaner Production. 2021. Вип. 280. С. 124462.
261. Toffolo A., Lazzaretto A., Manente G., Paci M. A multi-criteria approach for the optimal selection of working fluid and design parameters in Organic Rankine Cycle systems. Applied Energy. 2014. Вип. 121. С. 219–232.
262. Moghadas M., Asadzadeh A., Vafeidis A. T., Fekete A., Kötter T. A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran. International Journal of Disaster Risk Reduction. 2019.
263. Wang Y., Li Z., Tang Z., Zeng G. A GIS-Based Spatial Multi-Criteria Approach for Flood Risk Assessment in the Dongting Lake Region, Hunan, Central China. Water Resources Management. 2011. Вип. 25. С. 3465–3484.
264. Koschke L., Fürst C., Frank S., Makeschin F. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. Ecological Indicators. 2012. Вип. 21. С. 54–66.
265. Govindan K., Khodaverdi R., Jafarian A. A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. Journal of Cleaner Production. 2013. Вип. 47. С. 345–354.
266. Гришкевич, О., & Рижакова, Г. (2020). Сучасна парадигма публічних інвестицій як інструмент державного регулювання сталого економічного розвитку. Управління розвитком складних систем, (44), 136-142.
267. Нікішина О. Концептуальний підхід до селективного регулювання відтворювальних процесів у системі суміжних ринків зерна та продуктів його переробки. 2016.
268. Chernova L. S., Titov S. D., Chernova L. S. Модельний підхід у методології управління проектами. Transport development. 2022.
269. Машталір В. В., Гудима О. П. Концептуальний підхід до формування моделі організаційної структури Ситуаційного центру Міністерства оборони України. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2023.

270. Онікієнко Н.В., Петруха Н.М., Рижакова Г.М. (2023). Науково-прикладні компоненти полікритеріальної системи оцінки інноваційного розвитку підприємств: імперативи взаємодії інтегрованих структур. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 52(1), 261-273.
271. Заднік-Штірн Л., Маловрх Ш. П., Міхеліч М., Крч Я. Багатокритеріальний підхід до менеджменту приватних лісів з урахуванням інституційних чинників (асоціації та урядові організації). 2008.
272. Хоменко, О., Рижакова, Г., Малихіна, О., Петренко, Г., & Степанюк, Р. (2023). Цільові пріоритети та формалізовані індикатори трансформації операційних систем стейкхолдерів будівництва. Управління розвитком складних систем, (56), 173-180.
273. Торчинський Р., Стринадко М., Шпатар П. Secure Dynamic stream encryption (sdse): новий підхід до динамічного потокового шифрування з високою криптостійкістю. Молодий вчений. 2025.
274. Хоменко, О., Петренко, Г., Рижакова, Г., Петруха, Н., Чуприна, Ю., Малихіна, О., & Кушнір, О. (2022). Сучасні інструменти та програмні продукти адміністрування будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. Управління розвитком складних систем, (52), 113-125.
275. Аксельрод Р. Б. Шпаков А. В., Рижакова Г. М. (2021). Економіко-управлінські предиктори трансформації операційних систем будівельного девелопменту в умовах цифровізації економіки Формування ринкових відносин в Україні.(12),113-121.
276. Кучеренко, О., Рижакова, Г., Чуприна, Х., Шпакова, Г., Кіщак, Н., & Веремєєв, С. (2021). Науково-прикладні компоненти формування стратегії інституційно-орієнтованої диверсифікації діяльності будівельних підприємств. Управління розвитком складних систем, (47), 109-118.
277. Бродський Ю. Б., Ковбасюк С. В. Концептуальний підхід до створення ситуаційного центру сталого розвитку регіону. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2024.
278. Рижакова, Г., Кіщак, Н., Хоменко, О., Ротов, О., Ніколаєва, М., & Веремєєва, Т. (2022). Сучасний вектор оновлення будівельного девелопменту в контексті стратагем Integrated Project Delivery. Управління розвитком складних систем, (49), 113-123.
279. Рижакова, Г. М., Рижаков, Д. А., Шпакова, А. В., & Максим'юк, Ю. С. (2019). Оцінка продуктивності операційної системи девелопера в мікросередовищі стейкхолдерів житлового будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, (42), 120-131.
280. Kulikov, P., Ryzhakova, G., Ryzhakov, D., Malykhina, O., & Honcharenko, T. (2020). Olap-tools for the formation of connected and diversified production and project management systems. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, *9*(5), 8670-8676.

281. Ареф’єв С. О. Концептуальний підхід до формування адаптивного управління на підприємстві. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. Series: Economic sciences. 2019.
282. Рижакова, Г, Ніколайко, Д, Легков, В, & Кривущенко, С. (2025). Інституційно-організаційні та економічні детермінанти формування політики інвайронментальної безпеки в будівельній галузі. Будівельне виробництво, (81), 39–50. https://doi.org/10.36750/2524-2555.81.39-50
283. Халіна В. Ю., Васильєва Т. А. Структурно-функційональний підхід до формування клієнтоорієнтованої стратегії розвитку підприємства. Економіка та суспільство. 2020.
284. Фесун, А, Кончаківський, О, Степанюк, Р, Рижакова, Г., & Федорова, Я. . (2024). Концептуально-аналітичні особливості забезпечення бізнес-стійкості підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту. Будівельне виробництво, (77), 58–66. https://doi.org/10.36750/2524-2555.77.58-66
285. Ількович, В. В., Гальченко, В. В., & Макодим, В. І. (2009). Оцінка складових систематичної похибки при розрахунках критичних систем методом Монте-Карло. Ядерна фізика та енергетика, 10(3), 331–335. https://jnpae.kinr.kyiv.ua/10.3/Articles_PDF/jnpae-2009-10-0331-Ilkovich.pdf
286. Цимбалюк О. Кількісна оцінка ризиків промислового підприємства з використанням методу Монте-Карло. Вісник Криворізького національного університету. 2012. № 31. С. 354–358.
287. Бойко Т., Батуринська І. Визначення техногенного ризику на основі методу Монте-Карло. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. Вип. 2, № 11 (62). С. 4–7.
288. Клочко Н., Слабінога М., Тутка О. Застосування методу Монте-Карло для оцінки похибки доплерівських вимірювачів швидкості та кута зносу. Методи та прилади контролю якості. 2016. № 1 (36). С. 81–85.
289. Leshchuk H. V. Симуляційний аналіз Монте-Карло в системі оцінювання ризиків інвестиційних проектів. Український журнал прикладної економіки. 2017. Вип. 2, № 1. С. 57–67.
290. Kennedy D. M., McComb S. A., Vozdolska R. R. An investigation of project complexity’s influence on team communication using Monte Carlo simulation. Journal of Engineering and Technology Management. 2011. Вип. 28, № 3. С. 109–127.
291. Antanasijević D., Pocajt V., Perić-Grujić A., Ristić M. Modelling of dissolved oxygen in the Danube River using artificial neural networks and Monte Carlo Simulation uncertainty analysis. Journal of Hydrology. 2014. Вип. 519. С. 1895–1907.
292. Staino A., Abou-Eid R., Dersin P. A Monte-Carlo approach for prognostics of clogging process in HVAC filters using a hybrid strategy a real case study in railway systems. Seattle, WA:IEEE, 2018. ISBN 978-1-5386-1165-4.

293. Renna P. A decision investment model to design manufacturing systems based on a genetic algorithm and Monte-Carlo simulation. International Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2017. Вип. 30, № 6. С. 590–605.
294. Boyle P. P. Options: A Monte Carlo approach. Journal of financial economics. 1977. Вип. 4, № 3. С. 323–338.
295. Doucet A., Godsill S. J., Andrieu C. On sequential Monte Carlo sampling methods for Bayesian filtering. Statistics and Computing. 2000. Вип. 10. С. 197–208.
296. Robert C. P., Casella G. Monte Carlo Statistical Methods. 2004.
297. Soboĺ I. M. Global sensitivity indices for nonlinear mathematical models and their Monte Carlo estimates. Mathematics and Computers in Simulation. 2001. Вип. 55. С. 271–280.
298. Kennedy A. D. Hybrid Monte Carlo. 1988.
299. Glasserman P. Monte Carlo Methods in Financial Engineering. 2003.
300. Neal R. M. Handbook of Markov Chain Monte Carlo. 2011.
301. Evensen G. Sequential data assimilation with a nonlinear quasi-geostrophic model using Monte Carlo methods to forecast error statistics. Journal of Geophysical Research. 1994. Вип. 99. С. 10143–10162.
302. Niederreiter H. Random number generation and Quasi-Monte Carlo methods. 1992.
303. Briesmeister J. F. MCNP-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code. 1993.
304. Hoffman M. D., Gelman A. The No-U-turn sampler: adaptively setting path lengths in Hamiltonian Monte Carlo. J. Mach. Learn. Res. 2011. Вип. 15. С. 1593–1623.
305. Green P. J. Reversible jump Markov chain Monte Carlo computation and Bayesian model determination. Biometrika. 1995. Вип. 82. С. 711–732.
306. Nylund K. L., Asparouhov T., Muthén B. Deciding on the Number of Classes in Latent Class Analysis and Growth Mixture Modeling: A Monte Carlo Simulation Study. Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal. 2007. Вип. 14. С. 535–569.
307. Hastings W. K. Monte Carlo Sampling Methods Using Markov Chains and Their Applications. Biometrika. 1970. Вип. 57. С. 97–109.
308. Arellano M. A., Bond S. R. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. The Review of Economic Studies. 1991. Вип. 58. С. 277–297.
309. Ратніков Д. Г. *Інтегративна діагностика підприємств будівельного девелопменту в умовах структурно-технологічної трансформації:* монографія. – К.: Центр поліграфії Компрінт, 2026. – 280 с.
310. Fesun, A., Fedorov, V., Ryzhakova, G., Ratnikov, D., & Maliarenko, O. (2026). Digital ecosystem of construction stakeholder enterprises in the conditions of hybrid crisis. *Sustainable big data pipelines: Architectures, energy optimization, and ethical governance* (Book chapter «Studies in Big Data». Springer.), Vol. 191, pp. 189–200. (Scopus). https://doi.org/10.1007/978-3-032-19498-5_18

311. Ратніков Д. Г. Управління інвестиційно-будівельними проєктами в умовах технологічної модернізації: моделювання та цифрові рішення. Системна конфігурація менеджменту будівництва: модернізація методико-аналітичних інструментів: кол. монографія за ред. Г.М. Рижакової – К.:Вид-во ДНДІ інформатизації та економіки, 2020. – С. 460-494.
312. Trach, R., Chupryna, I., Tormosov, R., Druzhynin, M., Trach, Y., Ryzhakova, G., & Ratnikov, D. (2026). An Integrated Fuzzy Logic and Network Analysis Approach to Assessing Supply Chain Stability in Prefabricated Construction. *Sustainability*, *18*(3), Article 1380. https://doi.org/10.3390/su18031380
313. Trach, R., Chupryna, I., Tormosov, R., Leshchynsky, V., Trach, Y., Ryzhakova, G., Ratnikov, D., & Onofriichuk, O. (2026). Decision Support Framework for Post-War Infrastructure Revitalization Using a Hybrid Fuzzy–Simulation–ANN Model. *Applied Sciences*, *16*(9), Article 4364. https://doi.org/10.3390/app16094364
314. Druzhynin, M., Malykhin, M., Fedorov, V., Kucherenko, O., Ratnikov, D., & Zahorodnii, D. (2025). Financing internet marketing for promoting the brand (products) of Ukrainian construction companies. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *6*(65), 514–524 https://doi.org/10.55643/fcaptp.6.65.2025.4947
315. Prykhodko, D., Ratnikov, D., Krychevska, Y., Sahaidak, M., Mazhnyk, L., & Leha, O. (2026). Financially oriented complex of economic and management tools in the development of the digital ecosystem of entrepreneurial structures. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *2*(67), 163–176. https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.67.2026.5131
316. Ратніков Д. Г. (2021). Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів до управління підприємствами в умовах цифровізації економіки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2(48)*, 23–34. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.48(2).23-34
317. Ратніков, Д., Кричевський, О., & Шеремет, Д. (2022). Економіко-організаційні засади впровадження цифрових платформ у систему управління девелоперським проєктом. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2(49)*, 238–246. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).238-246
318. Ратніков, Д. Г. (2023). Реструктуризація організаційної архітектури підприємств через призму економічної ефективності та гнучкості управління. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2(51)*, 36–48. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51(2).36-48
319. Фесун, А., Хоменко, О. , & Ратніков, Д. (2024). Антикризові стратегії адаптації будівельних підприємств у процесі цифрової трансформації операційної діяльності. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2*(54), 23–30. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).23-30
320. Ратніков, Д. Г., & Петренко, О. В. (2025). Генезис та еволюція економічної діагностики підприємств будівельного девелопменту: галузеві імперативи інтегративної парадигми. *Бізнес Інформ*, (8). https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-8

321. Ратніков, Д. Г., & Петренко, О. В. (2025). Інтегративна діагностика операційної результативності будівельних підприємств у координатах мультипроєктності та ESG-орієнтирів. *Бізнес Інформ*, (9). https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-9
322. Ратніков Д. Г. (2026). Економічна ефективність цифровізації операційної діяльності підприємств будівельного сектору: аналітична інтерпретація та структурна трансформація бізнес-процесів. *Формування ринкових відносин в Україні, 1(296),* 30-37. https://doi.org/10.66416/2522-1620.1.2026.30-37
323. Ратніков Д. Г. (2026). Фінансово-економічні імперативи інтеграції ESG-параметрів у моделі функціонування підприємств будівельного девелопменту. *Формування ринкових відносин в Україні, 2(297),* 127-134. https://doi.org/10.66416/2522-1620.2.2026.127-134
324. Ратніков Д. Г., Петренко О. В. (2026). Стратегічні напрями розвитку підприємств будівельного девелопменту на основі інтегративної діагностики економічної спроможності. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права, 3,* 199-203. https://doi.org/10.36887/2524-0455-2026-3-38
325. Ратніков Д.Г., Полозун І.Ю. Реінжиніринг бізнес-процесів як чинник зростання інтегрованої стійкості девелоперських структур у посткризовій економіці. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит, 3(223),* 161-172. https://doi.org/10.20998/2313-8890.2026.08.11
326. Ратніков Д. Г. (2026). Каскадне поширення фінансово-ресурсних дисбалансів у портфелі будівельних проєктів: механізми трансмісії та економічні наслідки для підприємства. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права, 4,* 276-280. https://doi.org/10.36887/2524-0455-2026-4-53
327. Ратніков Д. Г. (2026). Формування інтегративної системи діагностики економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту. *Нові технології в будівництві, 48,* 149-157. https://doi.org/10.32782/2664-0406.2026.48.2026.18
328. Ратніков Д. Г., Шеремет Д. Ю. (2026). Цифрові платформи як інструмент підвищення економічної ефективності підприємств будівельного девелопменту. *Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту, 1 (35), том II,* 106-122. https://doi.org/10.58253/2078-1628-2026-1-2(35)-008
329. Ратніков Д. Г. (2026). Економіко-математичне моделювання траєкторій відновлення економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту після дестабілізаційних впливів. *Український журнал прикладної економіки та техніки, 3,* 416-420. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2026-3-73
330. Ратніков, Д., Петренко, О., & Фесун, А. (2026). Концептуальна трансформація категоріального базису будівельного девелопменту: від потенціалу до економічної спроможності підприємства. *Науковий вісник Міжнародної асоціації науковців. Серія: економіка, управління, безпека, технології, 5(3).* https://doi.org/10.56197/2786-5827/2026-5-3-8

331. Ратніков, Д. Г., & Шилюк, П. П. (2026). Інтегративна діагностика економічної спроможності як основа стратегічного розвитку підприємств будівельного девелопменту в умовах високої проєктної складності. *Економічний простір, 214*, 383–391. https://doi.org/10.30838/EP.214.383-391
332. Ратніков, Д. Г., & Шилюк, П. П. (2026). Багатокритеріальне оцінювання економічної збалансованості портфеля проєктів підприємств будівельного девелопменту в умовах воєнного стану. *Інфраструктура ринку, 90*, 184–190. https://doi.org/10.32782/infrastruct90-26
333. Ратніков, Д. Г., Шилюк, П. П., & Петренко, О. В. (2026). Ідентифікація та оцінювання латентних економічних дисбалансів підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту. *Український економічний часопис*. https://doi.org/10.32782/2786-8273/2026-14-25
334. Ратніков, Д., Фесун, А., Рижакова , Г., & Хоменко , О. (2026). FINTECH-рішення в координатах цифрової економіки: нові параметри економічної безпеки та стратегічні вектори розвитку підприємств. *Просторовий розвиток*, (16), 591–601. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.591-601
335. Ratnikov D. H., Sheremet D.Yu. (2026). Integrated model for assessing the effectiveness of the innovation-driven digital transformation of construction development enterprises. *Colloquium-journal, 17 (282)*, 8-11. https://doi.org/10.5281/zenodo.21128887
336. Ratnikov D., Petrenko O. (2026). Determinants and economic performance of operational system transformation in the stakeholder ecosystem of construction development enterprises. *Colloquium-journal, 20 (285)*, 46-49. https://doi.org/10.5281/zenodo.21817694
337. Ratnikov, D., Shyliuk, P., Petrenko, O., & Fesun, A. (2026). Economic drivers of the transformation of enterprises' operational business models within the stakeholder ecosystem of construction development. *The Scientific Heritage, 190*, 8–15. https://doi.org/10.5281/zenodo.21851443
338. Fesun, A., Ratnikov, D., Shyliuk, P., & Petrenko, O. (2026). Economic resilience of enterprises within integrated construction development structures: A multicriteria approach to assessment and interaction support. *Danish Scientific Journal, 110*, 13–17. https://doi.org/10.5281/zenodo.21706911
339. Ratnikov, D., Shyliuk, P., Fesun, A., & Petrenko, O. (2026). Methodology for developing the economic adaptability of construction enterprises under multilevel uncertainty. *Polish Journal of Science, 101*, 27–31. DOI: 10.5281/zenodo.22077745
340. Ratnikov D., Shyliuk P., Petrenko O., Fesun A. (2026). Conceptual model of integrative diagnostics of the economic capacity of construction development enterprises under conditions of uncertainty. *International Independent Scientific Journal, 87*, 8-15. https://doi.org/10.5281/zenodo.21283820
341. S. (2026). Nonlinear interdependencies in the formation of infrastructure resilience: damage modeling, functional recovery, and post-crisis modernization. *Sciences of Europe, 195*, 96-103. DOI: 10.5281/zenodo.22107302

342. Hrynchevskyi S. Kyryk Ya., Herhi M., Ratnikov D. (2026). Systems modeling of construction organization under wartime risks: nonlinear interdependencies, functional resilience, and transformative recovery scenarios. *Norwegian Journal of development of the International Science, 186,* 109-118. https://doi.org/10.5281/zenodo.21982225
343. Ратніков Д. Г. (2018). Економіко-цифрове моделювання інтегрованого управління інвестиційно-будівельними проєктами на засадах організаційно-технологічної узгодженості. Програма та тези доп. І міжнар. наук.- практ. конф. «Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні інновації в будівництві» – К.: КНУБА, 2018. ч.2 – С. 141-145.
344. Ratnikov D. (2022). Development of tools for designing organizational and technological systems in construction, taking into account the economic adaptability of enterprises. Materialy XVII Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji, *«Wykształcenie i nauka bez granici - 2022»,* Volume 9. Przemyśl: Nauka i studia. pp. 20-24.
345. Ratnikov D. (2023). Simulation models in the management system of investment and construction projects. Materialy XVIII Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji, *«Wykształcenie i nauka bez granici - 2023*», Volume 2. Przemyśl: Nauka i studia. pp. 17-19.
346. Ratnikov D. (2023). Modeling management processes in the field of investment and construction projects. Материали за XVIII международна научна практична конференция *«Новини за научние прогресс-2023».* Икономики. – София: Бял ГРАД-БГ. С. 20-22.
347. Ратніков Д. Г. Моделі оцінювання та підвищення економічної ефективності цифрових трансформацій будівельних підприємств. Програма круглого столу *Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України* (30 травня 2023 р.). К.: КНУБА, 2023. С. 23.
348. Ratnikov D. (2024). Formation of economic-digital circuits of integrated business processes of a construction company in a transformational environment. The 14th International scientific and practical conference *"Advanced scientific developments - 2024"* (04-06 March, 2024). MDPC Publishing, Berlin, Germany, 2022. pp. 52-56.
349. Ратніков Д. Г. Багатокритеріальне обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств: порівняльне застосування TOPSIS і PROMETHEE. Програма та тези доповідей круглого столу *«Управлінські, економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти поліпшення освітнього та наукового процесів як імперативи трансформації будівельної галузі»* (27 червня 2024 р). Київ-Варшава. С. 44.
350. Ратніков Д. Г. Економічна спроможність будівельних підприємств у контексті відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих рішень. *Бізнес-форум "Вектори управлінських, операційних, цифрових та технологічних трансформацій будівництва в умовах персистентних змін економіки та викликів воєнного часу"* К.: КНУБА, (29.10.-01.11.2024), С.46.

351. Ратніков Д. Г. Формування аналітико-діагностичного забезпечення розвитку цифрових платформ адміністрування підприємствами будівельного девелопменту *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу:* матеріали доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 4-5 листопада 2025 року) / за заг. ред. В. М. Лича, Л.О. Згалат-Лозинської. Київ: КНУБА, 2025. С. 835-839

352. Ратніков Д. Г. Декомпозиційно-аналітичний підхід до оцінювання фінансових параметрів діяльності підприємств будівельного сектору на основі структурованих моделей відхилень. *Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України*: матеріали VIII Міжнародної конференції (12 листопада 2025 року). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2026. – С. 418-421.

353. Ратніков Д. Г. Інтегративна діагностика економічної спроможності будівельних підприємств: система критеріїв та індикаторів**.** Матеріали XI міжнародної конференції *«Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами»* (5 грудня 2025 року). Луцьк: ЛНТУ. С. 227-230.

354. Ratnikov D. (2026). Mechanism of organizational adaptation of an enterprise: Dynamic capabilities, managerial flexibility and business process reconfiguration. *Science and education: Synergy of innovation: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference* (20-22 January, 2026). Berlin, Germany: MDPC Publishing. pp. 129–134.

355. Ratnikov D. (2026). Environmental safety of civil engineering facilities under wartime impacts: modelling technical condition, serviceability and recovery processes. *Science, education and technology in the 21st century: Integration and innovation for addressing global challenges: Conference proceedings* (February 12, 2026). San Francisco, USA: Golden Quill Publishing. pp. 99–103.

356. Ratnikov, D. (2026). Instrumental and analytical system for assessing the digital maturity and economic adaptability of a construction enterprise. *Modern science: Trends, challenges, solutions: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference* (2-4 March, 2026). Liverpool, United Kingdom: Cognum Publishing House. pp. 206–214.

357. Ратніков Д. Г. Інноваційно-аналітична модель оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств в умовах невизначеності. Матеріали VI Міжнар. наук. практ. інтернет-конф. тези доповідей *Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку:* Київ, (15-17 квітня 2026 року). С. 100-104.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ратніков Д. Г. *Інтегративна діагностика підприємств будівельного девелопменту в умовах структурно-технологічної трансформації:* монографія. – К.: Центр поліграфії Компрінт, 2026. – 280 с.
2. Fesun, A., Fedorov, V., Ryzhakova, G., Ratnikov, D., & Maliarenko, O. (2026). Digital ecosystem of construction stakeholder enterprises in the conditions of hybrid crisis. *Sustainable big data pipelines: Architectures, energy optimization, and ethical governance* (Book chapter «Studies in Big Data». Springer.), Vol. 191, pp. 189–200. (Scopus). https://doi.org/10.1007/978-3-032-19498-5_18
3. Ратніков Д. Г. Управління інвестиційно-будівельними проєктами в умовах технологічної модернізації: моделювання та цифрові рішення. *Системна конфігурація менеджменту будівництва: модернізація методико-аналітичних інструментів:* кол. монографія за ред. Г.М. Рижакової – К.:Вид-во ДНДІ інформатизації та економіки, 2020. – С. 460-494.
4. Trach, R., Chupryna, I., Tormosov, R., Druzhynin, M., Trach, Y., Ryzhakova, G., & Ratnikov, D. (2026). An Integrated Fuzzy Logic and Network Analysis Approach to Assessing Supply Chain Stability in Prefabricated Construction. *Sustainability*, *18*(3), Article 1380. https://doi.org/10.3390/su18031380
5. Trach, R., Chupryna, I., Tormosov, R., Leshchynsky, V., Trach, Y., Ryzhakova, G., Ratnikov, D., & Onofriichuk, O. (2026). Decision Support Framework for Post-War Infrastructure Revitalization Using a Hybrid Fuzzy–Simulation–ANN Model. *Applied Sciences*, *16*(9), Article 4364. https://doi.org/10.3390/app16094364
6. Druzhynin, M., Malykhin, M., Fedorov, V., Kucherenko, O., Ratnikov, D., & Zahorodnii, D. (2025). Financing internet marketing for promoting the brand (products) of Ukrainian construction companies. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *6*(65), 514–524 https://doi.org/10.55643/fcaptp.6.65.2025.4947
7. Prykhodko, D., Ratnikov, D., Krychevska, Y., Sahaidak, M., Mazhnyk, L., & Leha, O. (2026). Financially oriented complex of economic and management tools in the development of the digital ecosystem of entrepreneurial structures. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *2*(67), 163–176. https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.67.2026.5131
8. Ратніков Д. Г. (2021). Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів до управління підприємствами в умовах цифровізації економіки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2(48),* 23–34. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.48(2).23-34
9. Ратніков, Д., Кричевський, О., & Шеремет, Д. (2022). Економіко-організаційні засади впровадження цифрових платформ у систему управління девелоперським

проєктом. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2(49),* 238–246. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).238-246
10.Ратніков, Д. Г. (2023). Реструктуризація організаційної архітектури підприємств через призму економічної ефективності та гнучкості управління. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2(51),* 36–48. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51(2).36-48
11.Фесун, А., Хоменко, О. , & Ратніков, Д. (2024). Антикризові стратегії адаптації будівельних підприємств у процесі цифрової трансформації операційної діяльності. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, *2*(54), 23–30. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).23-30
12.Ратніков, Д. Г., & Петренко, О. В. (2025). Генезис та еволюція економічної діагностики підприємств будівельного девелопменту: галузеві імперативи інтегративної парадигми. *Бізнес Інформ*, (8). https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-8
13.Ратніков, Д. Г., & Петренко, О. В. (2025). Інтегративна діагностика операційної результативності будівельних підприємств у координатах мультипроєктності та ESG-орієнтирів. *Бізнес Інформ*, (9). https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-9
14.Ратніков Д. Г. (2026). Економічна ефективність цифровізації операційної діяльності підприємств будівельного сектору: аналітична інтерпретація та структурна трансформація бізнес-процесів. *Формування ринкових відносин в Україні, 1(296),* 30-37. https://doi.org/10.66416/2522-1620.1.2026.30-37
15.Ратніков Д. Г. (2026). Фінансово-економічні імперативи інтеграції ESG-параметрів у моделі функціонування підприємств будівельного девелопменту. *Формування ринкових відносин в Україні, 2(297),* 127-134. https://doi.org/10.66416/2522-1620.2.2026.127-134
16.Ратніков Д. Г., Петренко О. В. (2026). Стратегічні напрями розвитку підприємств будівельного девелопменту на основі інтегративної діагностики економічної спроможності. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права, 3,* 199-203. https://doi.org/10.36887/2524-0455-2026-3-38
17.Ратніков Д.Г., Полозун І.Ю. Реінжиніринг бізнес-процесів як чинник зростання інтегрованої стійкості девелоперських структур у посткризовій економіці. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит, 3(223),* 161-172. https://doi.org/10.20998/2313-8890.2026.08.11
18.Ратніков Д. Г. (2026). Каскадне поширення фінансово-ресурсних дисбалансів у портфелі будівельних проєктів: механізми трансмісії та економічні наслідки для підприємства. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права, 4,* 276-280. https://doi.org/10.36887/2524-0455-2026-4-53
19.Ратніков Д. Г. (2026). Формування інтегративної системи діагностики економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту. *Нові*

технології в будівництві, 48, 149-157. https://doi.org/10.32782/2664-0406.2026.48.2026.18
20.Ратніков Д. Г., Шеремет Д. Ю. (2026). Цифрові платформи як інструмент підвищення економічної ефективності підприємств будівельного девелопменту. *Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту, 1 (35), том II,* 106-122. https://doi.org/10.58253/2078-1628-2026-1-2(35)-008
21.Ратніков Д. Г. (2026). Економіко-математичне моделювання траєкторій відновлення економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту після дестабілізаційних впливів. *Український журнал прикладної економіки та техніки, 3*, 416-420. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2026-3-73
22.Ратніков, Д., Петренко, О., & Фесун, А. (2026). Концептуальна трансформація категоріального базису будівельного девелопменту: від потенціалу до економічної спроможності підприємства. *Науковий вісник Міжнародної асоціації науковців. Серія: економіка, управління, безпека, технології, 5(3).* https://doi.org/10.56197/2786-5827/2026-5-3-8
23.Ратніков, Д. Г., & Шилюк, П. П. (2026). Інтегративна діагностика економічної спроможності як основа стратегічного розвитку підприємств будівельного девелопменту в умовах високої проєктної складності. *Економічний простір, 214*, 383–391. https://doi.org/10.30838/EP.214.383-391
24.Ратніков, Д. Г., & Шилюк, П. П. (2026). Багатокритеріальне оцінювання економічної збалансованості портфеля проєктів підприємств будівельного девелопменту в умовах воєнного стану. *Інфраструктура ринку, 90*, 184–190. https://doi.org/10.32782/infrastruct90-26
25.Ратніков, Д. Г., Шилюк, П. П., & Петренко, О. В. (2026). Ідентифікація та оцінювання латентних економічних дисбалансів підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту. *Український економічний часопис*. https://doi.org/10.32782/2786-8273/2026-14-25
*26.*Ратніков, Д., Фесун, А., Рижакова , Г., & Хоменко , О. (2026). FINTECH-рішення в координатах цифрової економіки: нові параметри економічної безпеки та стратегічні вектори розвитку підприємств. *Просторовий розвиток*, (16), 591–601. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2026.16.591-601

27.Ratnikov D. H., Sheremet D.Yu. (2026). Integrated model for assessing the effectiveness of the innovation-driven digital transformation of construction development enterprises. *Colloquium-journal, 17 (282),* 8-11. https://doi.org/10.5281/zenodo.21128887
28.Ratnikov D., Petrenko O. (2026). Determinants and economic performance of operational system transformation in the stakeholder ecosystem of construction development enterprises. *Colloquium-journal, 20 (285),* 46-49. https://doi.org/10.5281/zenodo.21817694

29.Ratnikov, D., Shyliuk, P., Petrenko, O., & Fesun, A. (2026). Economic drivers of the transformation of enterprises' operational business models within the stakeholder ecosystem of construction development. *The Scientific Heritage, 190*, 8–15. https://doi.org/10.5281/zenodo.21851443
30.Fesun, A., Ratnikov, D., Shyliuk, P., & Petrenko, O. (2026). Economic resilience of enterprises within integrated construction development structures: A multicriteria approach to assessment and interaction support. *Danish Scientific Journal, 110*, 13–17. https://doi.org/10.5281/zenodo.21706911
31.Ratnikov, D., Shyliuk, P., Fesun, A., & Petrenko, O. (2026). Methodology for developing the economic adaptability of construction enterprises under multilevel uncertainty. *Polish Journal of Science, 101*, 27–31. DOI: 10.5281/zenodo.22077745
32.Ratnikov D., Shyliuk P., Petrenko O., Fesun A. (2026). Conceptual model of integrative diagnostics of the economic capacity of construction development enterprises under conditions of uncertainty. *International Independent Scientific Journal, 87*, 8-15. https://doi.org/10.5281/zenodo.21283820
33.S. (2026). Nonlinear interdependencies in the formation of infrastructure resilience: damage modeling, functional recovery, and post-crisis modernization. *Sciences of Europe, 195*, 96-103. DOI: 10.5281/zenodo.22107302
34.Hrynchevskyi S. Kyryk Ya., Herhi M., Ratnikov D. (2026). Systems modeling of construction organization under wartime risks: nonlinear interdependencies, functional resilience, and transformative recovery scenarios. *Norwegian Journal of development of the International Science, 186,* 109-118. https://doi.org/10.5281/zenodo.21982225
35.Ратніков Д. Г. (2018). Економіко-цифрове моделювання інтегрованого управління інвестиційно-будівельними проєктами на засадах організаційно-технологічної узгодженості. Програма та тези доп. І міжнар. наук.- практ. конф. «Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні інновації в будівництві» – К.: КНУБА, 2018. ч.2 – С. 141-145.
36.Ratnikov D. (2022). Development of tools for designing organizational and technological systems in construction, taking into account the economic adaptability of enterprises. Materialy XVII Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji, *«Wykształcenie i nauka bez granici - 2022»,* Volume 9. Przemyśl: Nauka i studia. pp. 20-24.
37.Ratnikov D. (2023). Simulation models in the management system of investment and construction projects. Materialy XVIII Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji, *«Wykształcenie i nauka bez granici - 2023*», Volume 2. Przemyśl: Nauka i studia. pp. 17-19.
38.Ratnikov D. (2023). Modeling management processes in the field of investment and construction projects. Материали за XVIII международна научна практична конференция *«Новини за научние прогресс-2023».* Икономики. – София: Бял ГРАД-БГ. С. 20-22.

39.Ратніков Д. Г. Моделі оцінювання та підвищення економічної ефективності цифрових трансформацій будівельних підприємств. Програма круглого столу *Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України* (30 травня 2023 р.). К.: КНУБА, 2023. С. 23.
40.Ratnikov D. (2024). Formation of economic-digital circuits of integrated business processes of a construction company in a transformational environment. The 14th International scientific and practical conference *"Advanced scientific developments - 2024"* (04-06 March, 2024). MDPC Publishing, Berlin, Germany, 2022. pp. 52-56.
41.Ратніков Д. Г. Багатокритеріальне обґрунтування стратегій розвитку будівельних підприємств: порівняльне застосування TOPSIS і PROMETHEE. Програма та тези доповідей круглого столу *«Управлінські, економічні, облікові, організаційно-технологічні, цифрові та комунікаційні аспекти поліпшення освітнього та наукового процесів як імперативи трансформації будівельної галузі»* (27 червня 2024 р). Київ-Варшава. С. 44.
42.Ратніков Д. Г. Економічна спроможність будівельних підприємств у контексті відновлення житлового фонду та впровадження префабрикованих рішень. *Бізнес-форум "Вектори управлінських, операційних, цифрових та технологічних трансформацій будівництва в умовах персистентних змін економіки та викликів воєнного часу"* К.: КНУБА, (29.10.-01.11.2024), С.46.
43.Ратніков Д. Г. Формування аналітико-діагностичного забезпечення розвитку цифрових платформ адміністрування підприємствами будівельного девелопменту *Проблеми генезису економіки інтелектуально-інноваційного капіталу:* матеріали доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 4-5 листопада 2025 року) / за заг. ред. В. М. Лича, Л.О. Згалат-Лозинської. Київ: КНУБА, 2025. С. 835-839
44.Ратніков Д. Г. Декомпозиційно-аналітичний підхід до оцінювання фінансових параметрів діяльності підприємств будівельного сектору на основі структурованих моделей відхилень. *Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України*: матеріали VIII Міжнародної конференції (12 листопада 2025 року). – Київ: Видавництво Ліра-К, 2026. – С. 418-421.
45.Ратніков Д. Г. Інтегративна діагностика економічної спроможності будівельних підприємств: система критеріїв та індикаторів**.** Матеріали XI міжнародної конференції *«Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами»* (5 грудня 2025 року). Луцьк: ЛНТУ. С. 227-230.
46.Ratnikov D. (2026). Mechanism of organizational adaptation of an enterprise: Dynamic capabilities, managerial flexibility and business process reconfiguration. *Science and education: Synergy of innovation: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference* (20-22 January, 2026). Berlin, Germany: MDPC Publishing. pp. 129–134.

47.Ratnikov D. (2026). Environmental safety of civil engineering facilities under wartime impacts: modelling technical condition, serviceability and recovery processes. *Science, education and technology in the 21st century: Integration and innovation for addressing global challenges: Conference proceedings* (February 12, 2026). San Francisco, USA: Golden Quill Publishing. pp. 99–103.
48.Ratnikov, D. (2026). Instrumental and analytical system for assessing the digital maturity and economic adaptability of a construction enterprise. *Modern science: Trends, challenges, solutions: Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference* (2-4 March, 2026). Liverpool, United Kingdom: Cognum Publishing House. pp. 206–214.
49.Ратніков Д. Г. Інноваційно-аналітична модель оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств в умовах невизначеності. Матеріали VI Міжнар. наук. практ. інтернет-конф. тези доповідей *Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку:* Київ, (15-17 квітня 2026 року). С. 100-104.

25.03.2026 № 68

ДОВІДКА
про впровадження результатів дисертаційного дослідження

ТОВ БФ «Альфа-Сервіс» підтверджує, що результати дисертаційного дослідження **Ратнікова Дмитра Геннадійовича** на тему **«Інтегративна діагностика економічної спроможності підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту»**, поданого на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)», впроваджено у практичну діяльність підприємства для оцінювання його економічної спроможності, виявлення обмежень функціонування та обґрунтування пріоритетних напрямів розвитку.

У практичній діяльності використано запропонований інтегрований підхід до діагностики економічної спроможності, що враховує фінансово-економічні, виробничі, управлінські, кадрові та логістично-організаційні характеристики підприємства. Методичні положення щодо формування системи показників і застосування нечітко-логічного моделювання дають змогу систематизувати різнорідні дані, оцінити позицію підприємства та його готовність до участі в будівельних проєктах.

Також у роботі підприємства застосовано методичні підходи до визначення вагомості критеріїв методом аналізу ієрархій, порівняння стратегічних альтернатив за допомогою методів TOPSIS і PROMETHEE та перевірки стійкості оцінок і ризиків управлінських рішень засобами імітаційного моделювання Монте-Карло. Отримані результати використовуються для обґрунтування управлінських рішень під час планування діяльності та розподілу ресурсів.

ТОВ БФ «Альфа-Сервіс» засвідчує практичну цінність використаних наукових положень і рекомендацій для діагностування економічного стану підприємства, визначення пріоритетів його розвитку та прийняття рішень в умовах невизначеності.

Заступник директора
канд. економ. наук А.М. Кравченко

Architectural
Construction
Innovations

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
"АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ НОВАЦІЇ"

код ЄДРПОУ 30552654 *Київ, Новокостянтинівська, 4Б 04080*
https://www.bau.com.ua/f/aci/ тел. +380 44 537 6444

Проректору з наукової роботи КНУБА
к.т.н., с.н.с. Ковальчуку О.Ю.

ДОВІДКА
про впровадження результатів дисертаційного дослідження

ТОВ «Архітектурно-будівельні новації» підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Ратнікова Дмитра Геннадійовича на тему «Інтегративна діагностика економічної спроможності підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту», поданого на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)», впроваджено у практичну діяльність підприємства.

У діяльності підприємства використано інтегрований підхід до діагностики економічної спроможності, систему показників фінансово-економічної, виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної складових, а також нечітко-логічне моделювання для узагальнення різнорідної інформації. Ці розробки застосовуються для оцінювання стану підприємства, виявлення обмежень його функціонування та визначення готовності до реалізації будівельних проєктів.

Методичні положення щодо використання методу аналізу ієрархій, багатокритеріальних методів TOPSIS і PROMETHEE та імітаційного моделювання Монте-Карло застосовуються для обґрунтування критеріїв, порівняння стратегічних альтернатив і оцінювання стійкості управлінських рішень в умовах невизначеності.

Практичне використання результатів дослідження дає змогу обґрунтовувати пріоритети розвитку підприємства, планувати діяльність і розподіл ресурсів з урахуванням його економічної спроможності та готовності до участі в будівельних проєктах.

ТОВ «Архітектурно-будівельні новації» відзначає практичну цінність запропонованих науково-методичних положень для вдосконалення економічного управління підприємством і підвищення обґрунтованості рішень щодо його розвитку.

Директор
ТОВ «Архітектурно-будівельні
новації» С.М. Архіпенко

Громадська організація
«АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ»
ПРЕЗИДІЯ
02000, м. Київ 002, вул. Освіти, 4

№ 12/07.2026/21 від 14 січня 2026 р.

Проректору з наукової
роботи КНУБА
к.т.н., с.н.с.
Ковальчуку О.Ю.

ДОВІДКА
про використання результатів дисертаційного дослідження у науково-експертній діяльності

Академія будівництва України підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Ратнікова Дмитра Геннадійовича на тему «Інтегративна діагностика економічної спроможності підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту», поданого на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)», використано у науково-методичній, експертно-аналітичній та консультативній діяльності Академії.

Наукові результати дослідження стали підґрунтям для вдосконалення методичних підходів до інтегрованого оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств, формування системи показників і виявлення критичних обмежень їхнього функціонування. У роботі Академії використано положення щодо оцінювання готовності підприємств до реалізації будівельних проєктів і визначення пріоритетних напрямів їхнього розвитку.

Експертно-аналітична діяльність Академії спирається також на запропоноване в дослідженні нечітко-логічне моделювання, метод аналізу ієрархій для визначення вагомості критеріїв, методи TOPSIS і PROMETHEE для порівняння стратегічних альтернатив та імітаційне моделювання Монте-Карло для оцінювання стійкості результатів і ризиків управлінських рішень. Це розширило методичні можливості комплексного аналізу підприємств будівельного девелопменту в умовах невизначеності.

Академія будівництва України відзначає наукову обґрунтованість і практичну цінність розроблених положень та рекомендацій для експертного оцінювання економічної спроможності підприємств, зіставлення альтернатив розвитку й підготовки обґрунтованих рекомендацій щодо функціонування будівельної галузі та її участі у відновленні.

Довідку видано для пред'явлення спеціалізованій вченій раді із захисту дисертації.

Президент Академії будівництва України,
доктор технічних наук, професор _____ Іван НАЗАРЕНКО

ІНСТИТУТ МІСЦЕВОГО РОЗВИТКУ
КОНСУЛЬТАТИВНІ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ЕКСПЕРТНІ ПОСЛУГИ
М. КИЇВ, ВУЛ. ІГОРІВСЬКА 14А, ТЕЛ.: (044) 428-76-10

27.03.2026 № 56

ДОВІДКА
ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ
Ратнікова Дмитра Геннадійовича
на тему: «Інтегративна діагностика економічної спроможності підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту»

Цією довідкою підтверджується, що результати дисертаційного дослідження Ратнікова Д.Г. впроваджено в практичну діяльність Інституту місцевого розвитку як методичну основу для оцінювання економічної спроможності будівельних підприємств, виявлення обмежень їхнього функціонування та обґрунтування напрямів розвитку в умовах невизначеності.

У практичній діяльності Інституту використано запропонований інтегрований підхід до діагностики, систему показників фінансово-економічної, виробничої, управлінської, кадрової та логістично-організаційної складових, а також нечітко-логічне моделювання для узагальнення різнорідних даних. Ці розробки застосовуються для комплексного оцінювання стану підприємств, визначення їхніх критичних обмежень і готовності до участі в будівельних проєктах.

Методичні положення щодо застосування методу аналізу ієрархій, багатокритеріальних методів TOPSIS і PROMETHEE та імітаційного моделювання Монте-Карло використовуються для обґрунтування вагомості критеріїв, порівняння альтернатив розвитку й оцінювання стійкості управлінських рішень. Результати дослідження враховуються під час визначення пріоритетних напрямів розвитку та планування розподілу ресурсів.

Інститут місцевого розвитку відзначає практичну цінність розробленого інструментарію для підготовки аналітичних і методичних матеріалів, пов’язаних з оцінюванням економічної готовності будівельних підприємств до реалізації проєктів розвитку та відновлення. Запропоновані підходи можуть бути використані для вдосконалення критеріїв відбору учасників відповідних програм і підвищення обґрунтованості рішень щодо розвитку територій.

Довідку видано для подання до Київського національного університету будівництва і архітектури з метою підтвердження практичного впровадження результатів дисертаційного дослідження.

Виконавчий директор,
доктор економічних наук, доцент **Руслан ТОРМОСОВ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Повітрофлотський пр-т., 31, м. Київ-37, 03037, тел.: (044) 241-55-80, факс (044) 248-32-65
E-mail: knuba_admin@ukr.net, web: htpp://www.knuba.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070909

15.05.2026 р. № 12/54-21/3/26

ДОВІДКА
ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Київський національний університет будівництва і архітектури підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Ратнікова Дмитра Геннадійовича на тему «Інтегративна діагностика економічної спроможності підприємств у мультипроєктному середовищі будівельного девелопменту», поданого на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)», використано в освітньому процесі університету під час підготовки здобувачів вищої освіти.

Науково-методичні положення, інструментарій і прикладні матеріали дослідження застосовано під час викладання навчальних дисциплін «Економіка будівництва», «Економічна діагностика підприємства», «Оптимізаційні методи та моделі». Зокрема, вони використовуються для опрацювання підходів до діагностування економічної спроможності підприємств будівельного девелопменту, аналізу її складових і обґрунтування управлінських рішень у мультипроєктному середовищі.

Результати дослідження також використано під час розроблення навчально-методичного забезпечення та виконання науково-дослідних робіт. Їх упровадження сприяє посиленню прикладної складової підготовки здобувачів вищої освіти та залученню сучасних методів економічного аналізу до навчальної та наукової діяльності університету.

Проректор з навчально-методичної роботи А.В. Шпаков