

DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-55-58>

УДК 005.521

Добрицький Дмитро Олександрович

аспірант,

Український державний університет науки і технологій

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9512-4652>**Dmytro Dobrytskyi**

Ukrainian State University of Science and Technology

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ АНР–TOPSIS ДЛЯ ВІДБОРУ ПРОЄКТІВ АУТСОРСИНГОВИХ ІТ-КОМПАНІЙ

APPLYING AN INTEGRATED MULTI-CRITERIA AHP–TOPSIS METHODOLOGY FOR PROJECT SELECTION IN IT OUTSOURCING COMPANIES

Анотація. У статті запропоновано інтегровану методику АНР–TOPSIS для відбору клієнтських проєктів аутсорсингової ІТ-компанії. Сформовано чітку систему критеріїв: фінансова привабливість, ресурсна здійсненність, стратегічна відповідність, ризиковий профіль і компетентнісна синергія. Методика апробована на реальному портфелі із параметрами контрактів (100–300 тис. дол.) та ринковими рейтинговими ставками. Результати TOPSIS показали пріоритет проєктів, що поєднують помірний NPV із низьким CVaR і високою компетентісною синергією. Практичний внесок полягає у прозорій процедурі, яка підтримує групове ухвалення рішень і підвищує стратегічну узгодженість розвитку компанії. Реалізація в decideXpert забезпечує паралельне введення оцінок і автоматичний контроль узгодженості, підвищуючи відтворюваність результатів.

Ключові слова: ІТ-аутсорсинг, відбір проєктів, багатокритеріальне прийняття рішень, АНР, TOPSIS, аналіз чутливості, decideXpert.

Summary. This paper presents an integrated AHP–TOPSIS method for project selection in IT outsourcing, where each engagement both generates revenue and shapes capabilities. We operationalize five pillars – financial attractiveness, resource feasibility, strategic alignment, risk profile, and competence synergy – on a common scale, combining expert judgments with quantitative data. Financials include expected NPV and target margin adjusted for tail risk via CVaR; resources reflect total effort and the load on critical roles; strategic alignment covers roadmap support and access to new markets; risk spans technical, contractual, and regulatory exposures; competence synergy quantifies reinforcement or extension of core skills. Weights are derived via AHP with consistency checks and then applied in TOPSIS to compute closeness to positive and negative ideal solutions. A realistic simulated portfolio (USD 100–300k contracts; market billing rates) evaluates four projects on ten sub-criteria. Results prioritize options with moderate NPV, low CVaR, and strong competence synergy, while resource-intensive projects with weaker strategic fit are penalized despite higher gross returns. Sensitivity tests show that top ranks remain stable under plausible weight variations, indicating robustness for group decision making. Managerially, the framework speeds evidence-based portfolio decisions, reduces ad-hoc bias, limits portfolio drift, and aligns intake with long-term capability building. A decideXpert implementation enables parallel expert input and automatic consistency feedback, improving reproducibility and governance. The contribution is a practical adaptation of established MCDM techniques to the service context with explicit treatment of tail risk and competence effects. Limitations concern the scale of the illustration and static inputs; future research should extend datasets across firms and add fuzzy and learning-based weight updates to capture uncertainty and dynamics. We also detail implementation parameters – normalization choice, benefit/cost handling, aggregation rules, and reporting templates – to facilitate replication in corporate settings and auditing of decisions.

Keywords: IT outsourcing, project selection, multi-criteria decision making, AHP, TOPSIS, sensitivity analysis, decideXpert.

Постановка проблеми. Світовий ринок ІТ-аутсорсингу зростає швидко, однак активніша конкуренція робить вирішальним не стільки обсяг підписаних контрактів, скільки збалансованість портфеля, що формує довгострокову стійкість компанії. Комплексні огляди показують, що нехтування стратегічною відповідністю та ресурсними обмеженнями послаблює рентабельність у тривалій перспективі [1, с. 135–137], але на практиці відбір проєктів досі ґрунтується переважно на простих фінансових показниках.

Для України питання критичне: у 2023 році експорт ІТ-послуг сягнув 6,7 млрд дол. США [2], тож ефективне розподілення контрактів безпосередньо впливає на економічні показники галузі. Класична портфельна рамка Арчера і Гасемзаде підкреслює, що рішення має враховувати одночасно вартість, ризик і ресурси [3, с. 210], проте в реальних ІТ-аутсорсингових компаніях така багатовимірна логіка ще не набрала системної форми. Бракує прикладної методики, яка б у єдиній схемі інтегрувала фінансові, компетентнісні, ресурсні

та ризикові чинники, що й зумовлює актуальність дослідження, представленого у цій статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Література з IT-аутсорсингу накопичила значний обсяг праць, однак більшість з них зосереджена на короткостроковій економії витрат: бібліографічний огляд Ласіті, Хана та Вілкокса показав, що приблизно три чверті досліджень аналізують лише цінові аспекти контрактів, тоді як стратегічний ефект і розвиток компетенцій висвітлюються недостатньо [1, с. 137]. Тим часом у сфері управління інноваціями давно доведено користь формалізованого портфельного підходу: дослідження Купера, Еджетта і Кляйншмідта засвідчило, що компанії, які застосовують системний скринінг проєктів, отримують вищу рентабельність НДДКР і швидше виводять продукти на ринок [4]. Водночас переважна частина сервісних IT-компаній лише починає впроваджувати такі підходи у щоденну практику. Тому досі бракує узгодженого інструментарію, який би одночасно охоплював фінансові показники, стратегічну значущість, ресурсні обмеження й ризики під час оцінювання клієнтських контрактів.

Мета статті полягає у розробці й практичному тестуванні інтегрованої методики АНР–TOPSIS, яка дозволяє стратегічно збалансовано відбирати клієнтські проєкти, одночасно враховуючи фінансові, ресурсні, компетентнісні та ризикові чинники розвитку IT-аутсорсингової компанії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для сервісної IT-компанії кожен клієнтський контракт виконує подвійну функцію: з одного боку, забезпечує поточний дохід, а з іншого – формує і розвиває ядро компетенцій, від якого залежатиме доступ до майбутніх ринкових ніш [5]. Як показує ресурсно-компетентнісний підхід, проєкт, що поглиблює спеціалізовані знання команди, під-

вищує довгострокову стійкість бізнесу; навпаки, випадкові договори можуть «розмити» професійний профіль і знизити маржинальність у перспективі. Оптимізаційна модель Чіана й Нуньєса підтверджує цю тезу на портфельному рівні: додавання критерію стратегічної відповідності збільшує сукупну вартість портфеля на 8–12 % порівняно зі сценарієм, де рішення ґрунтуються лише на фінансових показниках [6, с. 148]. Отже, вибір контрактів має спиратися не на максимізацію виручки за кожним окремим проєктом, а на збалансоване поєднання цінності, ризику та впливу на компетентнісну базу компанії. Огляд останніх двадцяти років досліджень засвідчує, що у портфельному менеджменті сервісних IT-фірм вирішальними є чотири групи факторів – фінансові, ресурсні, ризикові та стратегічні. При цьому стратегічні й ризикові аспекти послідовно недооцінюються [7]. Такий дисбаланс призводить до того, що короткострокова прибутковість нейтралізує поступ у компетенціях, а портфель стає вразливим до коливань попиту чи втрати ключових фахівців. Отже, виникає потреба у багатокритеріальній системі оцінювання, яка синхронізує короткострокову дохідність з довгостроковою вартістю компетенцій і враховує ресурсні та ризикові межі. Така сформована багатокритеріальна система дасть змогу збалансувати короткострокову ліквідність і довгостроковий розвиток, інтегруючи у рішення фінансові, стратегічні, ресурсні та ризикові міркування. В Таблиці 1 наведена схема багатокритеріальної системи оцінювання.

Методологія дослідження спирається на поєднання двох перевірених технік багатокритеріального аналізу – ієрархічного процесу аналізу (АНР) та методу подібності до ідеального розв’язку (TOPSIS). Порівняльний огляд 268 робіт показав, що така зв’язка забезпечує найкращий баланс

Таблиця 1 – Схема багатокритеріальної системи оцінювання проєктного портфелю аутсорсингових IT-компаній

Критерій	Опис
Стратегічна відповідність	Виступає першим провідним критерієм: контракт повинен або посилювати наявні компетенції, або відкривати нову нішу з синергією до поточного портфеля. Модель мультипроєктної синергії показала, що такі проєкти збільшують портфельну вартість навіть за помірного фінансового ефекту [8].
Фінансова привабливість	Оцінюється не лише через NPV чи IRR, а й через мінімізацію «хвостових» втрат: CVaR-орієнтована оптимізація зміщує пріоритет до стабільніших потоків, навіть якщо їхня номінальна дохідність нижча [9, с.17].
Ресурсна здійсненність	Відстежує обсяг людино-годин і завантаження ключових ролей; нехтування цим фактором може коштувати компанії до 15 % маржі через овертайми чи простій суміжних проєктів.
Ризиковий профіль	Охоплює технічні, контрактні та регуляторні загрози; для якісних ризиків застосовують лінгвістичні шкали з нечіткою агрегацією, що підвищує стабільність оцінок за обмеженої кількості експертів.
Компетентнісний і репутаційний ефект	Вимірює, наскільки контракт розвиває знання й підсилює бренд: включення цього показника підвищує точність прогнозу довгострокової цінності до 10% у порівнянні з суто фінансовими моделями [8].

Джерело: сформовано автором

між прозорістю експертних оцінок і стійкістю кінцевого ранжування проєктів [10, с. 13056]. У межах АНР спочатку вибудовують трирівневу структуру: вершина – мета відбору оптимальних аутсорсингових проєктів; далі п'ять критеріїв (фінанси, ресурси, стратегія, ризик, компетенції); під ними – конкретні показники, наприклад, очікуваний NPV чи годинне навантаження ключових фахівців. Схематично ієрархію критеріїв оцінки проєктного портфелю представлено на рис. 1.

П'ятеро експертів (CEO, СТО, фінансовий директор, операційний директор та HR-partner) порівнюють елементи попарно за дев'ятибальною шкалою Сааті. Алгоритм обраховує локальні ваги, перетворює їх на глобальні через «ланцюгове» множення та перевіряє логічну узгодженість за індексом CR; якщо $CR < 0,10$, матриця вважається прийнятною, інакше судження уточнюють. Усі математичні деталі цієї процедури наведено в оригінальній роботі Т. Сааті, яка досі слугує базовим посиланням для застосувань АНР [11, с. 86]. У подальшому вектор ваг передається до процедури TOPSIS: усі показники підлягають нормуванню та зважуванню, після чого формуються позитивно-ідеальний і негативно-ідеальний еталони-відповідно, максимальне значення для критеріїв-вигоди і мінімальне для критеріїв-витрат. Евклідова відстань проєкту до цих двох точок дає S^+ та S^- ; їхнє відношення $S^-/(S^++S^-)$ утворює коефіцієнт наближеності C_i , за яким формують ранг [12, с. 805-809]. У підсумку формується прозора, кількісно обґрунтована ієрархія контрактів, що поєднує суб'єктивні експертні

пріоритети з об'єктивними показниками кожного проєкту.

Емпіричне випробування інтегрованої моделі проведено на матеріалі української аутсорсингової компанії Mind Studios. Наприкінці другого кварталу 2025 р. портфель можливостей складався з чотирьох клієнтських ініціатив, різних за доменом, тривалістю й масштабом. Базові дані (планові грошові потоки, потреба в ключових ролях, технологічна новизна, ризики регуляторної відповідності) збирав бізнес-аналіз департамент; стратегічні – ступінь посилення доменних компетенцій і потенціал виходу на нові ринки – оцінював топ-менеджмент.

Для експертних ваг було сформовано п'ятиособову комісію (CEO, СТО, фінансовий директор, HR-partner і COO). Для забезпечення колективної участі стейкхолдерів обчислювальний алгоритм реалізовано у середовищі decideXpert, що підтримує паралельне введення експертних даних і автоматичний розрахунок CR та C_i -індексів; платформу, побудовану на Java Spring Boot + Angular стеку, описали Saoud та співавтори [13]. Після первинного збору даних система миттєво сигналізує, якщо CR будь-якої матриці перевищує поріг, що дає змогу експертам одразу уточнити розбіжні оцінки; фінальна зважена матриця передається у TOPSIS-модуль, де обчислені коефіцієнти C_i формують рейтинг контрактів. Таке поєднання забезпечує одночасно методологічну строгість і практичну зручність, що особливо важливо для швидкого, але обґрунтованого прийняття рішень у динамічному середовищі IT-аутсорсингу.

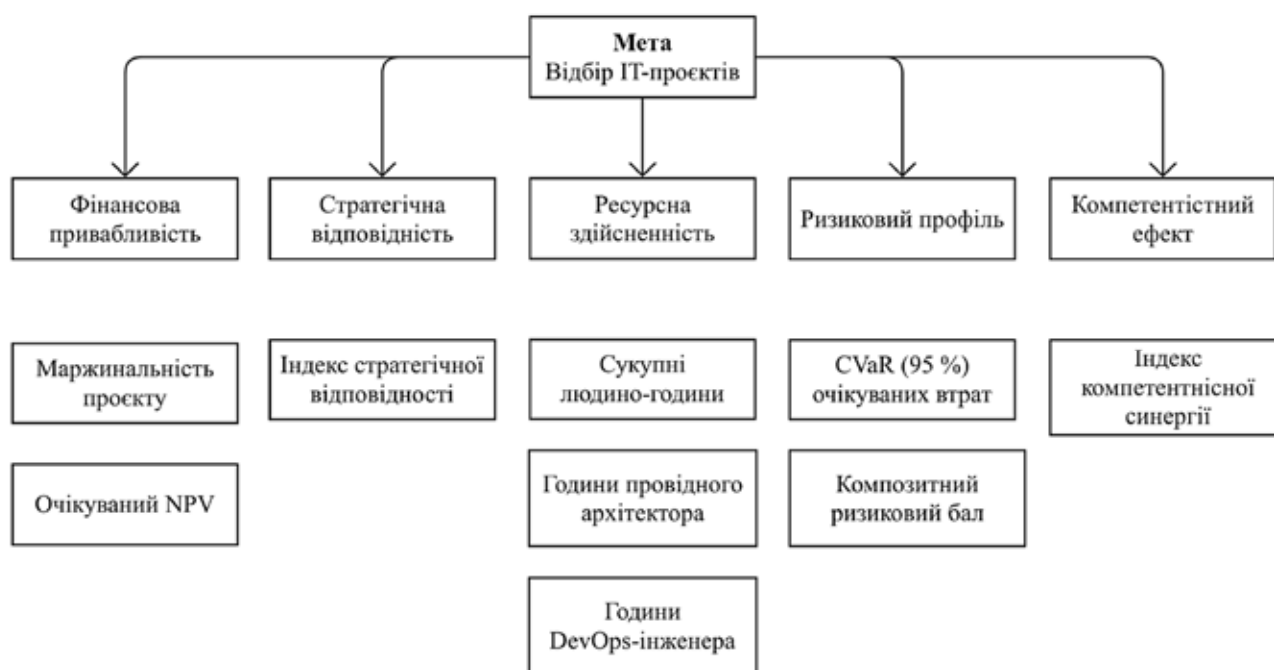


Рисунок 1 – Структура критеріїв оцінки проєктного портфелю

Джерело: сформовано автором

Матриця прийняття рішень містила 10 показників: NPV, CVaR, ставка маржі, завантаження провідних архітекторів і DevOps-інженерів, індекс стратегічної синергії за методикою Ванга [8] та зведений ризиковий бал трьох категорій. Повний прелік показників наведений в Таблиці 2.

Парні порівняння, внесені до платформи decideXpert, дали показник узгодженості $CR = 0,07$, що підтверджує прийнятність матриць. Глобальні пріоритети отримані після нормалізації критеріїв та обваження наведені в таблиці 3.

Результати фінальних розрахунків TOPSIS наведені в таблиці 4.

Після розрахунків TOPSIS перше місце посів проєкт P3 із коефіцієнтом наближеності $C_i \approx 0,64$. Його перевага зумовлена поєднанням високої компетентнісної синергії (індекс 4,8 із 5), кращої маржинальності (30 %) та помірного навантаження на критичні ролі; за CVaR він не є найнижчим, однак «хвіст» ризику лишається прийнятним щодо отримуваної цінності. Другим став P4 ($C_i \approx 0,52$): найбільший серед альтернатив NPV (≈ 280 тис. дол.) і сильна стратегічна складова роблять його дуже

пріоритетним варіантом, але це частково нівелюється найвищими трудовими витратами й підвищенням CVaR, через що відстань до негативно-ідеального еталона скорочується повільніше. Третьою залишилася P1 ($C_i \approx 0,48$): за більшістю показників вона демонструє «середній» профіль – прийнятний ризик і навантаження, проте нижчий NPV і слабша, ніж у лідерів, компетентнісна віддача. Найменш привабливою виявилася P2 ($C_i \approx 0,39$) через значний обсяг людино-годин, високу зайнятість ключових спеціалістів і нижчі стратегічні бали, що разом зумовлює більшу близькість до негативно-ідеального еталона.

Розрив між P3 та P4 ($\approx 0,12$) є відчутним і свідчить, що саме баланс стратегічної й компетентнісної цінності з помірним ризиком забезпечує лідерство першого проєкту за умов заданих ваг. Водночас P1 і P4 перебувають у «середній зоні», де зміни ваг окремих критеріїв можуть призводити до локальних перестановок, тоді як позиція P2 є стабільно нижчою через поєднання слабкої стратегічної відповідності та ресурсоемності. Сукупно ранжування демонструє обрану логіку:

Таблиця 2 – Вхідна матриця показників оцінювання

Критерії оцінки	P1	P2	P3	P4
NPV, тис. USD	110	170	230	280
Маржа, %	25	27	30	28
Людино-години загалом	3000	4250	5750	7000
Години архітектора	150	200	260	300
Години DevOps	120	160	210	240
Індекс компетенцій (0-5, експертний бал)	4.0	3.2	4.8	4.0
CVaR- 95%, тис. USD	25	35	45	60
Сумарний ризик (0-5, експертний бал)	2.5	3.0	3.2	3.8
Новий ринок (0-5, експертний бал)	3.5	2.5	4.5	4.0
Підтримка roadmap (0-5, експертний бал)	4.0	3.0	4.0	4.4

Джерело: сформовано автором

Таблиця 3 – Нормалізовані критерії оцінки проєкту

Проєкт	Фінансова привабливість	Ресурсна здійсненість	Компетентнісна синергія	Ризиковий профіль	Стратегічна відповідність
P1	0.101	0.059	0.119	0.058	0.059
P2	0.126	0.080	0.095	0.075	0.043
P3	0.154	0.105	0.143	0.087	0.067
P4	0.166	0.123	0.119	0.110	0.066

Джерело: сформовано автором

Таблиця 4 – Фінальні розрахунки TOPSIS для проєктного портфелю

Проєкт	S^+ (відстань до ідеалу)	S^- (відстань до анти-ідеалу)	Коефіцієнт наближеності C_i	Rank
P1	0.06394383580529377	0.059880575143319514	0.48359265095288645	3
P2	0.06605611580638661	0.04238629840918854	0.3908645774422529	4
P3	0.038690818280698355	0.06910516073505804	0.6410736408354993	1
P4	0.059182197623079115	0.0646152921271413	0.5219434760552263	2

Джерело: сформовано автором

фінансовий ефект важливий, але без підтримки компетенцій і контролю ризику не гарантує пріоритету в портфелі.

Висновки. У статті запропоновано й апробовано інтегровану методику АНР–TOPSIS для стратегічного відбору клієнтських проєктів ІТ-аутсорсингової компанії. Сформовано узгоджену систему критеріїв, що поєднує фінансову привабливість, ресурсну здійсненність, стратегічну відповідність, ризиковий профіль і компетентнісну синергію, та показано її роботу на змодельованому портфелі з реалістичними параметрами контрактів. Результати засвідчили, що контракти з помірним NPV можуть отримувати

пріоритет за рахунок кращої синергії компетенцій і стабільнішого ризикового профілю (CVaR), а прозора процедура зважування й ранжування зменшує ймовірність «портфельного дрейфу» та підвищує стратегічну узгодженість.

Дослідження надає аутсорсинговим ІТ-компаніям прозору й відтворювану процедуру відбору контрактів, яка одночасно враховує фінансові, ресурсні, ризикові та компетентнісні чинники, зменшуючи «портфельний дрейф» і підвищуючи стратегічну узгодженість. Це дає змогу швидше ухвалювати обґрунтовані рішення щодо розподілу ресурсів і формувати портфель, що підтримує довгострокове зростання.

Список використаних джерел:

1. Lacity M. C., Khan S. A., Willcocks L. P. A review of the IT outsourcing literature: Insights for practice. *Journal of Strategic Information Systems*, 2009. Vol. 18. No. 3. P. 130–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2009.06.002>.
2. Статистична інформація Національного Банку України. URL: https://bank.gov.ua/files/ES/BOP_y.pdf (дата звернення: 09.09.2024).
3. Archer N. P., Ghasemzadeh F. An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, 1999. Vol. 17. No. 4. P. 207–216. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00032-5).
4. Cooper R. G., Edgett S. J., Kleinschmidt E. J. Portfolio management for new product development: Results of an industry practices study. *R&D Management*, 2001. Vol. 31. No. 4. P. 361–380. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-9310.00225>.
5. Prahalad C. K., Hamel G. The core competence of the corporation. In: *Strategic Management: Competitiveness and Globalization*. 1990. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7223-8.50003-4>.
6. Chiang I. R., Núñez M. A. Strategic alignment and value maximization for IT project portfolios. *Information Technology & Management*, 2013. Vol. 14. No. 2. P. 143–157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10799-012-0126-9>.
7. Mim J. F., Asadujjaman M. A. Project selection criteria: A review of literature from the last 20 years. *Business Analytics*, 2024. Vol. 7. Article 0065. DOI: <https://doi.org/10.46254/BA07.20240065>.
8. Wang Z. H., Esangbedo M. O., Bai S. Project portfolio selection based on multi-project synergy. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 2023. Vol. 19, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.3934/jimo.2021177>.
9. Dixit V., Tiwari M. K. Project portfolio selection and scheduling optimization based on risk measure: A conditional value at risk approach. *Annals of Operations Research*, 2020. Vol. 285, No. 1–2. P. 9–33. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03214-1>.
10. Behzadian M., Otaghsara S. K., Yazdani M., Ignatius J. A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 2012. Vol. 39. No. 17. P. 13051–13069. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>.
11. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 2008. Vol. 1. No. 1. P. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>.
12. Shih H.-S., Shyur H.-J., Lee E. S. An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 2007. Vol. 45. No. 7–8. P. 801–813. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2006.03.023>.
13. Saoud A., Lachgar M., Hanine M., та ін. decideXpert: Collaborative system using AHP–TOPSIS and fuzzy techniques for multicriteria group decision-making. *SoftwareX*, 2025. Vol. 29. Article 102026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2024.102026>.

References:

1. Lacity M. C., Khan S. A., Willcocks L. P. (2009). A review of the IT outsourcing literature: Insights for practice. *Journal of Strategic Information Systems*, vol. 18(3), pp. 130–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2009.06.002>
2. Statystychna informatsiia Natsionalnoho Banku Ukrainy [Statistical information of the National Bank of Ukraine]. Available at: https://bank.gov.ua/files/ES/BOP_y.pdf (дата звернення: 09.09.2024).
3. Archer N. P., Ghasemzadeh F. (1999). An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, vol. 17(4), pp. 207–216. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00032-5)
4. Cooper R. G., Edgett S. J., Kleinschmidt E. J. (2001). Portfolio management for new product development: Results of an industry practices study. *R&D Management*, vol. 31(4), pp. 361–380. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-9310.00225>
5. Prahalad C. K., Hamel G. (1990). The core competence of the corporation. In *Strategic Management: Competitiveness and Globalization*. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7223-8.50003-4>
6. Chiang I. R., Núñez M. A. (2013). Strategic alignment and value maximization for IT project portfolios. *Information Technology & Management*, vol. 14(2), pp. 143–157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10799-012-0126-9>
7. Mim J. F., Asadujjaman M. A. (2024). Project selection criteria: A review of literature from the last 20 years. *Business Analytics*, no. 7, article 0065. DOI: <https://doi.org/10.46254/BA07.20240065>

8. Wang Z. H., Esangbedo M. O., Bai S. (2023). Project portfolio selection based on multi-project synergy. *Journal of Industrial and Management Optimization*, vol. 19(1). DOI: <https://doi.org/10.3934/jimo.2021177>
9. Dixit V., Tiwari M. K. (2020). Project portfolio selection and scheduling optimization based on risk measure: A conditional value at risk approach. *Annals of Operations Research*, vol. 285(1–2), pp. 9–33. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03214-1>
10. Behzadian M., Otaghsara S. K., Yazdani M., Ignatius J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, vol. 39(17), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
11. Saaty T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, vol. 1(1), pp. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
12. Shih H.-S., Shyur H.-J., Lee E. S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 45(7–8), pp. 801–813. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2006.03.023>
13. Saoud A., Lachgar M., Hanine M. (2025). decideXpert: Collaborative system using AHP–TOPSIS and fuzzy techniques for multicriteria group decision-making. *SoftwareX*, vol. 29, 102026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2024.102026>

Стаття надійшла до редакції 13.08.2025