

УДК 656.078:004.6:005.52:330.131.5  
DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.210.395-400>

**Корюгін А.В.**  
кандидат економічних наук  
Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова  
**Koruihin Andrii**  
PhD in Economic Sc.  
Khmelnyskyi Leonid Yuzkov University of Management and Law  
<https://orcid.org/0000-0003-3408-1905>

**Задачін Д.О.**  
Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова  
**Zadachin Denys**  
Khmelnyskyi Leonid Yuzkov University of Management and Law  
<https://orcid.org/0009-0002-0672-6104>

## ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Розвиток транспортно-логістичного ринку супроводжується зростанням волатильності попиту, витрат на паливо й персонал, а також ускладненням сервісних моделей, що підвищує вимоги до оперативного та стратегічного контролю економічної ефективності. Традиційні підходи, які спираються на фрагментарні фінансові показники або розрізнені Key Performance Indicators (далі KPI), не забезпечують узгодженості даних, порівнюваності підрозділів і прозорого зв'язку між витратами, сервісом та результатом. У статті обґрунтовано концепцію інформаційно-аналітичної системи (ІАС) оцінювання ефективності транспортно-логістичних підприємств на основі інтегрованого сховища даних, панелі KPI та моделей відносної ефективності (DEA) у поєднанні зі стратегічною логікою Balanced Scorecard. Запропоновано склад показників, принципи якості даних і алгоритм формування інтегрального індексу ефективності для управлінських рішень.*

**Ключові слова:** інформаційно-аналітична система; бізнес-аналітика; KPI; економічна ефективність; транспортно-логістичні підприємства; сховище даних; DEA; Balanced Scorecard.

## INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR ASSESSING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF TRANSPORT AND LOGISTICS ENTERPRISES

*The transport and logistics market is facing growing demand volatility, fuel and labour cost pressure, and increasingly complex service models that require reliable, timely and comparable performance assessment across branches, fleets and routes. In practice, managerial decisions are often based on heterogeneous data sources (TMS/WMS/ERP, telematics, accounting modules and spreadsheet reports), which produces inconsistent KPI definitions and weak traceability from operational drivers to economic results. This extended abstract presents the concept of an information and analytical system (IAS) for assessing the economic efficiency of transport and logistics enterprises. The IAS integrates operational and financial data into a unified analytical environment (data warehouse + semantic KPI layer) supported by standardized ETL/ELT procedures and data quality controls (completeness, timeliness, reference data harmonization, deduplication and anomaly checks). The system combines (i) a KPI dashboard/scorecard to monitor cost efficiency, profitability, asset utilization, process productivity, service quality and working-capital indicators, (ii) an integrated efficiency index for quick cross-unit ranking and managerial focus, and (iii) Data Envelopment Analysis (DEA) to benchmark decision-making units (branches, fleets, warehouses or route clusters) against a best-practice frontier without ex-ante weighting of indicators. The paper outlines key data objects, calculation rules and «KPI passports» that fix formulas, owners, granularity and target thresholds, ensuring transparency and reproducibility of results. The practical value of the proposed IAS is threefold: it reduces reporting latency, increases comparability of performance across units, and supports evidence-based actions by revealing the drivers of deviations (e.g., empty miles, dwell time, service failures, claims and penalties). The approach is applicable for continuous improvement programmes and for strategic alignment*

of operational decisions with profitability and service-level commitments.

**Keywords:** information and analytical system; business intelligence; KPI; economic efficiency; transport and logistics enterprises; data warehouse; DEA; Balanced Scorecard.

**JEL classification:** L91, L92, C44, O32.

**Постановка проблеми.** Економічна ефективність транспортно-логістичних підприємств формується під впливом багатьох взаємопов'язаних чинників: структури витрат (паливо, ремонт, амортизація, оплата праці), рівня завантаження активів (тягач/причіп, склади), продуктивності персоналу, надійності виконання сервісних зобов'язань та якості планування. Управлінські рішення у практичній діяльності підприємств часто приймаються на основі несумісних джерел даних (TMS/WMS/ERP, телематика, бухгалтерські модулі, Excel-звіти), що унеможливує єдині визначення KPI, контроль якості даних та коректні порівняння між філіями/колонами/маршрутами. Як підкреслюється у підходах performance management, некоректно визначені метрики здатні спричинити «непередбачувані наслідки» і стимулювати не ті дії, що потрібні для реалізації стратегії, тому виникає необхідність в узгодженій архітектурі метрик і даних, зокрема через сховище даних і керувану панель показників [1, 2, 5]. Відповідно актуальним є формування інформаційно-аналітичної системи оцінювання, яка одночасно забезпечує інтеграцію та верифікацію даних, систему KPI, пов'язану зі стратегією, та аналітичні моделі для міжоб'єктного бенчмаркінгу ефективності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичною основою системного вимірювання результативності в менеджменті виступають підходи стратегічного контролю, зокрема Balanced Scorecard, запропонована Р. Капланом і Д. Нортеном, що наголошує на необхідності поєднання фінансових і нефінансових показників у єдиній логіці управління [8, с. 71–79]. На рівні організації «performance management» сучасні дослідження вимірювання результативності у контексті Supply Chain/Logistics 4.0 (зокрема К. Govindan та співавт.; Р. Varadejsatitwong, R. Banomyong, P. Julagasigorn; М. Neves) підкреслюють роль «інтегрованих даних і метрик» та багаторівневої архітектури (від джерел до сховищ і візуалізації), де KPI виступають «стрижнем» зв'язку бізнес- та технічної архітектури [1, 2, 5]. На рівні логістичної діяльності організації значний пласт досліджень присвячено побудові систем вимірювання логістичної результативності, вибору індикаторів та їх стандартизації (зокрема в ланцюгах постачання та 3PL (third-party logistics)); відповідні підходи обґрунтовані в роботах К. Govindan та співавт., Р. Varadejsatitwong та співавт., а також у прикладних оцінках ефективності 3PL-компаній (С.-С. Yang, С.-N. Wang, Т.-Т. Ngo) [1, 2, 7]. У прикладних галузевих дослідженнях щодо впровадження BI-інструментів та KPI-дашбордів (зокрема М. Gonçalves, L. Teixeira; V. Václav та співавт.; М. Neves) наголошено на необхідності PMS (Performance Measurement System) та аналітичної підтримки управлінських рішень [3, 4, 5]. Водночас роботи з бізнес-аналітики доводять, що успішність BI (Business Intelligence)

залежить від базових технологічних можливостей (якість даних, доступ, інтеграція з іншими системами) і від того, як BI налаштована під середовище прийняття рішень [3, 5].

Окремий напрям – кількісне порівняльне оцінювання ефективності через моделі відносної ефективності. Базовою для цього є методологія Data Envelopment Analysis (DEA), запропонована А. Charnes, W. Cooper, E. Rhodes, яка формалізує вимірювання ефективності об'єктів (DMU) за множинними входами/виходами та дозволяє будувати фронтір «кращих практик» [9, с. 429–444]. Подальші огляди (W. Cook, L. Seiford) підкреслюють розвиток DEA як інструменту бенчмаркінгу та управління продуктивністю [10, с. 1–17].

Разом з тим, у прикладній площині для транспортно-логістичних підприємств невирішеною залишається наступна проблема інтеграції: як поєднати стратегічну логіку KPI/scorecard, операційні дані з різних IT-контурів, моделі DEA/індексування в єдину інформаційно-аналітичну систему з чіткими правилами якості даних і прозорою інтерпретацією результатів для менеджменту.

**Мета статті** – обґрунтувати концепцію та складові інформаційно-аналітичної системи оцінювання економічної ефективності транспортно-логістичних підприємств, що забезпечує інтеграцію даних, систему KPI та кількісне бенчмаркінгове оцінювання з формуванням інтегрального індексу ефективності.

**Методи дослідження.** Методичну основу дослідження становлять загальнонаукові методи. Зокрема, метод аналізу та синтезу застосовано для уточнення сутності інформаційно-аналітичної системи оцінювання ефективності та структурування її компонентів (джерела даних, інтеграція, сховище, аналітика, візуалізація); системний підхід використано для побудови концептуальної моделі ІАС як цілісного комплексу, у якому поєднуються управлінська логіка показників та технологічний контур даних; методи порівняння та узагальнення застосовано для систематизації підходів до формування KPI та їх групування за управлінськими задачами (витратна ефективність, прибутковість, використання активів, продуктивність процесів, сервіс, оборотний капітал, якість даних); елементи економіко-математичного моделювання використано для формалізації процедури інтегральної оцінки ефективності (нормалізація показників, агрегування результатів) та для обґрунтування можливості порівняльного оцінювання об'єктів за сукупністю входів/виходів на основі підходу DEA (Data Envelopment Analysis); графічний метод застосовано для подання концептуальної моделі ІАС і логіки взаємозв'язків між її шарами.

**Виклад основних результатів дослідження.** Інформаційно-аналітичну систему оцінювання ефективності транспортно-логістичного підприємства доцільно розглядати як комплекс, у якому управлінська

логіка KPI та технічна логіка даних працюють як єдине ціле. У відповідності до підходів performance management, ядром такої системи виступають метрики/KPI, які «зшивають» стратегічні цілі, процеси та технічну архітектуру даних (джерела, інтеграція, сховища, візуалізація/аналітика) [1, 2, 5]. Тому результатом проектування ІАС має бути не лише дашборд, а

узгоджена модель: що вимірюємо, як рахуємо, звідки беремо дані, як гарантуємо якість, як інтерпретуємо.

Концептуальна модель ІАС оцінювання економічної ефективності транспортно-логістичних підприємств наведена на рис. 1.



Рис. 1. Концептуальна модель ІАС оцінювання економічної ефективності транспортно-логістичних підприємств  
Джерело: розроблено авторами.

Запропонована концепція ІАС оцінювання економічної ефективності транспортно-логістичного підприємства передбачає виділення чотирьох шарів: шар джерел даних (TMS/WMS/ERP, бухгалтерія, телематика/GPS, CRM, зовнішні довідники тарифів і цін), інтеграційний шар (ETL/ELT, нормалізація, довідники, правила якості), аналітичне сховище даних і семантичний шар KPI, шар прикладної аналітики (дашборди, scorecard, DEA-модуль, сценарний аналіз). Така побудова забезпечує перехід від розрізнених «метрик у звітах» до керованої системи показників, узгодженої зі стратегією та управлінськими рішеннями [1, 2, 5].

Концептуальна модель ІАС оцінювання економічної ефективності транспортно-логістичного підприємства передбачає, що дані з операційних і фінансових контурів мають бути зведені в єдиний аналітичний простір для однозначного розрахунку KPI та подальшого бенчмаркінгу. Така система вирішує наступні типи проблем для підприємств: різні визначення показників у підрозділах, відсутність єдиних довідників (клієнти/напрями/типи витрат), дублювання документів, різні часові зрізи, а також «ручну аналітику», яка

не забезпечує повторюваності результатів і контролю якості. Практично ІАС повинна реалізувати принцип: одне джерело істини для KPI з прозорою формулою, власником метрики та фіксацією правил формування.

З огляду на потребу узгодження оперативних і фінансових показників із цілями підприємства, доцільно використовувати логіку Balanced Scorecard, яка інтегрує фінансові та нефінансові індикатори в єдину систему вимірювання результативності [8, с. 71–79]. З позиції транспортно-логістичної специфіки, базовий набір KPI має охоплювати витратну ефективність, продуктивність ресурсів, завантаження активів і сервісні показники (SLA/OTIF), які прямо впливають на економічний результат, що узгоджується з логікою систем показників у середовищі ланцюгів постачання [1, 2].

Для забезпечення стандартизації оцінювання пропонується ядро показників економічної ефективності транспортно-логістичного підприємства, структуроване за перспективами BSC та управлінськими задачами (табл. 1).

Таблиця 1

## Ядро KPI для оцінювання економічної ефективності транспортно-логістичного підприємства

Група	KPI (приклад)	Управлінський зміст / інтерпретація
Витратна ефективність	Собівартість 1 км / 1 замовлення; витрати на паливо на 100 км; частка непродуктивних витрат (простої/штрафи/повернення)	Виявлення драйверів витрат і зон перевитрат; контроль «ціни простою» та штрафних витрат
Прибутковість	Маржа/операційний прибуток по напрямку (lane), клієнту, типу сервісу; contribution margin	Порівняння рентабельності напрямків/контракти; оптимізація портфеля сервісів
Використання активів	Завантаження парку (utilization), частка порожніх пробігів, оборотність причепів/контейнерів	Ефективність використання основних засобів; потенціал підвищення виробітку
Продуктивність процесів	Час циклу замовлення; час простою на завантаженні/розвантаженні; продуктивність складу (рядків/год, палет/год)	Вузькі місця процесів; вплив часу на собівартість та SLA
Сервіс і якість	On-time/OTIF; рівень рекламацій/пошкоджень; частота зривів; середній час реакції на запит	Ефект сервісу на економіку: штрафи, утримання клієнта, повторні замовлення
Оборотний капітал	DSO (дні дебіторки), частка простроченої дебіторки; вартість претензій	Фінансова стійкість, ліквідність, ризик касових розривів
Дані та компласнс	Повнота/своєчасність первинних даних; частка замовлень із повним пакетом документів	Якість даних як умова коректності KPI та зниження управлінських помилок

Джерело: сформовано автором на основі узагальнення підходів BSC та SCM performance measurement [8, с. 71–79; 1; 2].

Після визначення ядра KPI ключовим елементом ІАС є “паспорт показника” (метадані KPI), який запобігає різночитанням і забезпечує відтворюваність розрахунків. Паспорт KPI доцільно формалізувати як стандартну картку, що містить такі елементи: назву показника та код; бізнес-визначення; формулу; джерела даних і перелік полів; правила очищення/фільтрації (наприклад, виключення тестових замовлень, сторнування); періодичність; рівень деталізації (рейс/замовлення/день/філія/клієнт); відповідального власника; ціль і пороги (green/yellow/red); тип метрики (стимулятор/дестимулятор). Така паспортизація безпосередньо підтримує принцип BSC про необхідність зв'язку показників із цілями та управлінськими діями [8, с. 71–79].

Далі система має забезпечити якість даних як передумову достовірності оцінювання. Для транспортно-логістичного підприємства мінімально необхідні правила контролю якості: перевірка повноти (чи заповнені ключові поля рейсу/замовлення), контроль своєчасності (коли дані потрапляють у сховище), узгодження довідників (клієнти/контракти/напрями/витрати), дуплікація документів, контроль аномалій (нульові пробіги, нереалістичні часи простоїв), а також аудит змін (хто/коли скоригував). Практично це реалізується через ETL-процедури та «data quality checks», які формують журнал помилок і частку некоректних записів для кожного джерела.

Для комплексної оцінки економічної ефективності в ІАС пропонується формування інтегрального індексу, який дозволяє порівнювати підрозділи/філії/напрями в єдиній шкалі. Алгоритм включає: відбір набору KPI з табл. 1; нормалізацію показників до

безрозмірного вигляду (0...1) із урахуванням стимуляторів/дестимуляторів; вагове згортання (ваги задаються стратегічно: наприклад, під час фази зростання більша вага сервісу, під час оптимізації — витрат і використання активів); формування загального балу та декомпозицію внеску кожного KPI для управлінського впливу. Інтегральний індекс доцільно використовувати не як заміну деталізованих метрик, а як «компас»: швидке ранжування об'єктів оцінювання і фокусування менеджменту на причинах відхилень.

Однак інтегральна оцінка має обмеження: результат залежить від встановлених ваг, а в багатьох ситуаціях менеджмент прагне об'єктивного бенчмаркінгу без попереднього «ручного» зважування. У такому випадку ІАС доцільно доповнювати DEA-модулем (Data Envelopment Analysis), який оцінює відносну ефективність об'єктів (DMU) за множиною входів і виходів та формує фронтір «кращих практик» [9, с. 429–444]. Метод DEA дозволяє, спираючись на фактичні дані, визначати “ефективні” підрозділи та оцінювати, наскільки інші відстають, показуючи потенціал покращення для досягнення фронтиру. При цьому ваги показників у класичній постановці визначаються ендогенно — з даних, що підсилює аналітичну цінність для управління [9, с. 429–444].

Для транспортно-логістичних підприємств як DMU можуть розглядатися: філії, автоколони, склади, класери маршрутів, клієнтські сегменти. Типовий приклад вибору змінних: inputs — паливні витрати, фонд оплати праці, кількість транспортних засобів/години роботи, пробіг; outputs — кількість виконаних доставок, тонно-км, валовий дохід/маржа, показники сервісу (наприклад, частка доставок «on-time»). Подальший

аналіз DEA включає визначення референтних (еталонних) DMU та рекомендації: які входи слід зменшити або які виходи збільшити для наближення до фронтиру. Систематизацію розвитку DEA як інструменту управління продуктивністю та бенчмаркінгу узагальнено в оглядах, що підкреслюють його прикладну цінність у менеджменті ефективності [10, с. 1–17].

В межах ІАС DEA доцільно реалізовувати аналітичний сценарій, що запускається за період (місяць/квартал), з автоматичною підготовкою матриці входів/виходів зі сховища даних і формуванням звіту про:

- (1) рейтинг відносної ефективності;
- (2) набір «пір» (peer set) для неефективних об'єктів;
- (3) потенціали покращення;
- (4) фактори відставання (високі простой, високі порожні пробіги, знижений рівень on time, тощо).

Таким чином, ІАС забезпечує перехід від описового контролю до керованого вдосконалення на основі порівняльного аналізу.

Узагальнюючи, запропонована ІАС формує єдиний контур оцінювання економічної ефективності: KPI-ядро (табл. 1); стандарти метрик (паспорт KPI); якість даних (ETL/контроль); інтегральний індекс (для швидкого ранжування); DEA (для об'єктивного бенчмаркінгу). Логіка системи відповідає підходу BSC щодо зв'язку показників із цілями та управлінськими діями [8, с. 71–79] і сучасним підходам до вимірювання

результативності в ланцюгах постачання [1, 2].

**Висновки.** Запропонована у статті концепція інформаційно-аналітичної системи оцінювання економічної ефективності транспортно-логістичних підприємств ґрунтується на поєднанні інтегрованого контуру даних (*ETL* → *сховище* → *семантичний шар KPI* → *аналітика/візуалізація*) та методичного контуру оцінювання (*KPI-scorecard* + *інтегральне індексування* + *DEA-бенчмаркінг*). Такий підхід забезпечує узгодження фінансових і нефінансових показників у логіці стратегічного управління та підвищує порівнюваність результатів між філіями, автоколонунами, складами або кластерами маршрутів. Практична цінність ІАС полягає у стандартизації визначень KPI через «паспорт показника», підвищенні якості даних і відтворюваності розрахунків, скороченні часу підготовки управлінської аналітики та зниженні ризику помилкових рішень через фрагментарність інформації. Використання DEA як доповнення до інтегральної оцінки дозволяє отримувати об'єктивніший бенчмаркінг (без попереднього ручного зважування) та формувати рекомендації щодо наближення неефективних об'єктів до фронтиру «кращих практик». Подальші дослідження доцільно спрямувати на формалізацію процедур визначення ваг KPI (АНР/ентропійні методи), розширення сценарного аналізу (паливо, попит, простой, SLA), а також на розроблення регламентів якості даних і автоматичного контролю аномалій у логістичних показниках.

#### Список використаних джерел:

1. Govindan, K., et al. (2022). Supply Chain 4.0 performance measurement... *Transportation Research Part E*. Vol. 164. Art. 102725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102725>
2. Varadejsatitwong, P., Banomyong, R., & Julagasigorn, P. (2022). A proposed performance-measurement system for enabling supply-chain strategies. *Sustainability*, No. 14(19). Art. 11797. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141911797>
3. Gonçalves, M., & Teixeira, L. (2025). Decision support system for port terminals: Design and development of a business intelligence tool. *Procedia Computer Science*, Vol. 253. Pp. 2438–2447. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.304>
4. Václav, C., et al. (2021). Utilization of Business Intelligence Tools in Cargo Control. *Transportation Research Procedia*, Vol. 53. Pp. 212–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.028>
5. Neves, M.D.L.G. (2025). Leveraging Business Intelligence for Sustainable Operations... *Sustainability*, Vol. 17(18). Art. 8120. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17188120>
6. Petrović, N., et al. (2025). Logistics Companies' Efficiency Analysis and Ranking by the DEA-Fuzzy AHP Approach. *Applied Sciences*, Vol. 15(17). Art. 9549. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15179549>
7. Yang, C.-C., Wang, C.-N., & Ngo, T.-T. (2024). Evaluating the relative efficiency of third-party logistics companies using DEA... *Research in Transportation Business & Management*, No. 56. Art. 101181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101181>
8. Kaplan, R.S., & Norton, D.P. (1992). The Balanced Scorecard—Measures That Drive Performance. *Harvard Business Review*, Vol. 70(1). Pp. 71–79. URL: [https://www.researchgate.net/publication/298043780\\_The\\_Balanced\\_Scorecard\\_measures\\_that\\_drive\\_performance](https://www.researchgate.net/publication/298043780_The_Balanced_Scorecard_measures_that_drive_performance)
9. Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, Vol. 2(6). Pp. 429–444. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
10. Cook, W.D., & Seiford, L.M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, Vol. 192(1). Pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032>

#### References:

1. Govindan, K., et al. (2022). Supply Chain 4.0 performance measurement... *Transportation Research Part E*. Vol. 164. Art. 102725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102725> [in English].
2. Varadejsatitwong, P., Banomyong, R., & Julagasigorn, P. (2022). A proposed performance-measurement system for enabling supply-chain strategies. *Sustainability*, No. 14(19). Art. 11797.

DOI: <https://doi.org/10.3390/su141911797> [in English].

3. Gonçalves, M., & Teixeira, L. (2025). Decision support system for port terminals: Design and development of a business intelligence tool. *Procedia Computer Science*, Vol. 253. Pp. 2438–2447. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.304> [in English].

4. Václav, C., et al. (2021). Utilization of Business Intelligence Tools in Cargo Control. *Transportation Research Procedia*, Vol. 53. Pp. 212–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.028> [in English].

5. Neves, M.D.L.G. (2025). Leveraging Business Intelligence for Sustainable Operations... *Sustainability*, Vol. 17(18). Art. 8120. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17188120> [in English].

6. Petrović, N., et al. (2025). Logistics Companies' Efficiency Analysis and Ranking by the DEA-Fuzzy AHP Approach. *Applied Sciences*, Vol. 15(17). Art. 9549. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15179549> [in English].

7. Yang, C.-C., Wang, C.-N., & Ngo, T.-T. (2024). Evaluating the relative efficiency of third-party logistics companies using DEA... *Research in Transportation Business & Management*, No. 56. Art. 101181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101181> [in English].

8. Kaplan, R.S., & Norton, D.P. (1992). The Balanced Scorecard—Measures That Drive Performance. *Harvard Business Review*, Vol. 70(1). Pp. 71–79. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/298043780\\_The\\_Balanced\\_Scorecard\\_measures\\_that\\_drive\\_performance](https://www.researchgate.net/publication/298043780_The_Balanced_Scorecard_measures_that_drive_performance) [in English].

9. Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, Vol. 2(6). Pp. 429–444. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8) [in English].

10. Cook, W.D., & Seiford, L.M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, Vol. 192(1). Pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032> [in English].

Дата надходження статті: 02.02.2026 р.

Дата прийняття статті до друку: 25.02.2026 р.

Дата публікації (оприлюднення) статті: 11.03.2026 р.

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