

United Nations (2024). Digital Economy Report 2024: Shaping an Environmentally Sustainable and Inclusive Digital Future. *United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)*. Geneva: United Nations. <https://unctad.org/publication/digital-economy-report-2024>

Zabashanskiy M. M., Rohoviy A. V. & Zabashanska T. V. (2025). Rol finansovoho kontrolinhu v zabezpecheni innovatsiynoho rozvytku ahropromyslovykh pidpriemstv v umovakh tsyfrovoy ekonomiky [The role of financial controlling in ensuring the innovative development of agro-industrial enterprises in the conditions of the digital economy]. *Problemy i perspektyvy ekonomiky ta upravlinnia*, 4(44), 230–238. [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2025-4\(44\)-230-238](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2025-4(44)-230-238)

zakon.rada.gov.ua. (2021, July 15). Zakon Ukrainy «Pro stymuliuvannia rozvytku tsyfrovoy ekonomiky v Ukraini» vid 15.07.2021 r. № 1667-IX [Law of Ukraine "On stimulating the development of the digital economy in Ukraine" dated 15.07.2021 No. 1667-IX]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1667-20#Text>

zakon.rada.gov.ua. (2002, July 4). Zakon Ukrainy «Pro innovatsiynu diialnist» vid 04.07.2002 r. № 40-IV [Law of Ukraine "On innovation activity" dated 04.07.2002 No. 40-IV]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/40-15#Text>

Стаття надійшла до редакції / Received: 09.04.2026
Статтю прийнято до публікації / Accepted: 22.04.2026
Оприлюднено / Published: 03.06.2026

УДК 330.341.1:330.4

JEL: C51; C53; O31; O32

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-4-84-94>

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ТА АНАЛІЗУ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ

©2026 ГУЗЬ О. Б., БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ О. Б., БРІЛЬ М. С.

УДК 330.341.1:330.4

JEL: C51; C53; O31; O32

Гузь О. Б., Білоцерківський О. Б., Бріль М. С. Комплекс моделей оцінки та аналізу інноваційного розвитку галузей

У роботі розглянуто теоретико-методичні засади та практичні аспекти оцінювання інноваційного розвитку галузей економіки в умовах посилення глобальної конкуренції та прискорення технологічних змін. Визначено основні проблеми сучасних підходів до оцінювання інноваційного розвитку, зокрема фрагментарність галузевих показників, обмежене використання інтегральних індексів та складність врахування багатовимірної природи інновацій. Доведено доцільність застосування секторального підходу, який дозволяє врахувати внутрішню неоднорідність економіки та виявити специфіку інноваційних процесів на рівні окремих секторів. Розроблено комплекс моделей оцінки та аналізу інноваційного розвитку, що охоплює повний аналітичний цикл: формування інформаційної бази, оцінювання інноваційної активності секторів на національному рівні, проведення компаративного аналізу країн і здійснення глобального узагальнення результатів. Запропонований підхід включає інструменти багатовимірного позиціонування, кластерного аналізу, побудови інтегрального індексу, а також аналізу конвергенційних процесів, що забезпечує комплексну оцінку та порівняльність результатів. Емпіричні результати підтвердили наявність значної диференціації інноваційного розвитку між секторами економіки та виявили ключову роль сектора послуг у формуванні інноваційної структури. Встановлено неоднорідність міжсекторальних взаємозв'язків і наявність структурних дисбалансів, що проявляються в різному ступені узгодженості розвитку секторів. Запропонований комплекс моделей дозволяє ідентифікувати лідерів і аутсайдерів інноваційного розвитку, оцінювати динаміку змін у часі та формувати обґрунтовані управлінські рішення.

Ключові слова: інноваційний розвиток; секторальний підхід; комплекс моделей; інтегральна оцінка; багатовимірний аналіз; структурні дисбаланси.

Рис.: 1. **Табл.:** 6. **Формул.:** 13. **Бібл.:** 16.

Гузь Остап Богданович – здобувач кафедри підприємництва, торгівлі і логістики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна)

E-mail: Ostap.Huz@emmb.khpi.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0007-5892>

Білоцерківський Олександр Борисович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри підприємництва, торгівлі та логістики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна)

E-mail: Alexander.Belotserkovsky@khpi.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4707-7964>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/G-4236-2016>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57968990100>

Бріль Михайло Сергійович – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри державного управління, публічного адміністрування та економічної політики, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця (просп. Науки, 9а, Харків, 61166, Україна)

E-mail: mihail.bril@hneu.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6529-7747>

Huz O. B., Bilotserkivskiy O. B., Bril M. S. A Complex of Models for Assessing and Analyzing the Innovative Development of Industries

The article considers the theoretical and methodological foundations and practical aspects of assessing the innovative development of economic sectors under conditions of increasing global competition and accelerating technological change. The main problems of modern approaches to assessing innovative development have been identified, in particular, the fragmentation of sectoral indicators, limited use of integrated indices, and the complexity of accounting for the multidimensional nature of innovations. The feasibility of applying a sectoral approach is proven, which allows for consideration of the internal heterogeneity of the economy and identification of the specifics of innovation processes at the level of individual sectors. A complex of models for assessing and analyzing innovative development has been developed, covering the full analytical cycle: forming an information base, assessing the innovative activity of sectors at the national level, conducting comparative country analysis, and carrying out a global summarization of results. The proposed approach includes tools of multidimensional positioning, cluster analysis, construction of an integral index, as well as analysis of convergence processes, which provides a comprehensive assessment and comparability of results. Empirical results confirmed the presence of significant differentiation of innovation development among economic sectors and revealed the key role of the service sector in shaping the innovation structure. Heterogeneity of intersectoral connections and the presence of structural imbalances manifested in varying degrees of sectoral development coherence were identified. The proposed complex of models allows identifying leaders and laggards in innovation development, assessing the dynamics of changes over time, and forming well-founded managerial decisions.

Keywords: innovation development; sectoral approach; complex of models; integral assessment; multidimensional analysis; structural imbalances.

Fig.: 1. **Tabl.:** 6. **Formulae:** 13. **Bibl.:** 16.

Huz Ostep B. – Applicant of the Department of Entrepreneurship, Trade and Logistics, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (2 Kyrpychova Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: Ostep.Huz@emmb.khpi.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0007-5892>

Bilotserkivskiy Oleksandr B. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Entrepreneurship, Trade and Logistics, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (2 Kyrpychova Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: Alexander.Belotserkovsky@khpi.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4707-7964>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/G-4236-2016>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57968990100>

Bril Mykhailo S. – PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of the State Administration, Public Management and Economic Policy, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics (9a Nauky Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: mihail.bril@hneu.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6529-7747>

У сучасних умовах глобальної конкуренції та стрімкого технологічного розвитку інновації виступають ключовим чинником забезпечення сталого економічного зростання та підвищення конкурентоспроможності галузей економіки. Саме інновації визначають здатність галузей до зростання, адаптації до технологічних змін і формування стійких конкурентних переваг. Водночас ефективне впровадження нововведень значною мірою залежить від підходів до управління, які забезпечують трансформацію ідей у конкретні економічні результати. У цьому контексті рівень інноваційної активності, наявність ресурсів для проведення досліджень і розробок, а також інституційне середовище виступають ключовими факторами, що визначають інвестиційну привабливість галузі та її здатність створювати додану вартість у майбутньому.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розроблення комплексних інструментів оцінювання інноваційної привабливості галузей, які дозволяють враховувати не лише рівень інноваційної активності, а й потенціал розвитку, інституційні умови та очікувані економічні ефекти.

Під інноваціями в межах цього дослідження розуміється впровадження нових або суттєво вдо-

сконалених продуктів, процесів, організаційних чи маркетингових рішень, що сприяють підвищенню ефективності діяльності та створенню доданої вартості.

Проблема оцінювання рівня інноваційного розвитку є однією з ключових у сучасній економічній науці та практиці державного управління. Суттєва складність цієї проблеми полягає в тому, що інновації є багатоаспектним і багаторівневим явищем, яке проявляється на різних рівнях економічної системи – від окремого підприємства до національної економіки. У зв'язку з цим прийнято виокремлювати кілька рівнів аналізу: *мікрорівень* (підприємство), *мезорівень* (галузь, регіон) та *макрорівень* (країна). Для кожного з цих рівнів характерні власні підходи до вимірювання інновацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш розвиненим і ґрунтовно дослідженим є рівень оцінювання інноваційного розвитку на рівні країн. Це зумовлено як високою доступністю порівнюваних статистичних даних, так і практичною потребою в міжнародних зіставленнях, необхідних для формування економічної політики та стратегій конкурентоспроможності. У межах цього рів-

ня сформувалися стандартизовані методологічні підходи, розроблені міжнародними організаціями, насамперед Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) та European Commission. Ключову роль у формуванні методології вимірювання інновацій відіграє керівництво Oslo Manual, яке визначає основні принципи збору та інтерпретації даних про інноваційну діяльність [1].

На основі цих методологічних підходів було розроблено комплексні системи індикаторів, що дозволяють кількісно оцінювати рівень інноваційного розвитку країн. Найбільш відомими з них є European Innovation Scoreboard і Global Innovation Index, які використовують широкий набір показників, що охоплюють ресурси, процеси та результати інноваційної діяльності. Як правило, такі системи включають показники витрат на дослідження і розробки, людського капіталу, інноваційної активності підприємств, рівня технологічного розвитку та економічних ефектів від впровадження інновацій [1–5].

Характерною особливістю зазначених підходів є широке застосування композитних індексів, що дозволяють агрегувати велику кількість різнорідних показників в єдиний інтегральний показник. Агрегування здійснюється із використанням процедур нормалізації, зважування та подальшого узагальнення індикаторів. Це забезпечує можливість ранжування країн і проведення порівняльного аналізу, що робить такі індекси зручним інструментом для моніторингу та формування політики. Водночас у науковій літературі відзначаються й обмеження цього підходу, пов'язані із суб'єктивністю вибору ваг, чутливістю результатів до методів нормалізації та ризиком втрати змістовної інформації в процесі агрегування [6–10].

Попри зазначені обмеження, саме макрорівень залишається найбільш методологічно опрацьованим. На відміну від нього, регіональний і галузевий рівні характеризуються меншою мірою стандартизації, а на рівні окремих підприємств оцінювання інновацій має переважно прикладний і управлінський характер. Таким чином, можна говорити про наявність певної ієрархії в розвитку методів вимірювання інновацій, у якій макрорівень займає домінуюче положення, задаючи загальні принципи та підходи для подальших рівнів аналізу [6–10].

У сучасній практиці вимірювання інноваційного розвитку значна увага приділяється галузевому рівню, проте, на відміну від міжкраїнових порівнянь, де широко застосовуються інтегральні індекси, галузеві вимірювання мають переважно дезагрегований характер. Це пов'язано з високою гетерогенністю галузей, відмінностями в типах

інновацій та складністю їх зіставлення. Так, наприклад, OECD свідомо уникає побудови єдиного інтегрального індексу для галузей, віддаючи перевагу так званому «dashboard-підходу», за якого аналіз здійснюється через сукупність показників. Перевагою такого підходу є висока методологічна обґрунтованість і порівнюваність даних, однак його недоліком є складність інтерпретації та неможливість швидкого ранжування галузей.

Ключовим емпіричним джерелом галузевої інформації в Європі є Eurostat через обстеження інноваційної активності підприємств – Community Innovation Survey (CIS). Це обстеження надає детальні дані за галузями (у класифікації NACE) й охоплює такі показники, як частка інноваційно активних підприємств, витрати на інновації, дохід від нових продуктів, форми співпраці та бар'єри інноваційної діяльності. Важливою особливістю CIS є його орієнтація на мікрорівень, що дозволяє аналізувати поведінку підприємств у межах галузей. Однак, як і у випадку з OECD, агрегування обмежується рівнем окремих показників або їх груп, і єдиний галузевий індекс не формується. До переваг CIS належать висока деталізація та міжнародна порівнюваність, тоді як недоліками є опитувальний характер даних, можливі викривлення відповідей і відносно низька частота оновлення.

Спроби побудови агрегованих галузевих показників здійснювалися в межах European Commission, зокрема в дослідженнях, присвячених розрахунку так званих *sectoral innovation coefficients*. У цих роботах застосовується комбінований підхід, що базується на даних CIS і показниках зайнятості в наукоємних видах діяльності (*Knowledge-Intensive Activities*). Підсумковий показник являє собою композитний індекс, який розраховується як функція кількох груп індикаторів, включно з інноваційною активністю і рівнем кваліфікації робочої сили. Цей підхід є однією з небагатьох спроб формалізувати галузеву інноваційність у вигляді єдиного показника. Його сильною стороною є можливість порівняння галузей і кількісної оцінки їх інноваційного потенціалу. Водночас він має низьку обмежень, пов'язаних із вибором ваг, залежністю від використаних змінних та обмеженою поширеністю в міжнародній практиці.

Додаткового розвитку галузеві вимірювання набувають у науковій літературі, де формуються альтернативні підходи, такі як концепція *sectoral innovation systems* та індекси технологічної складності. У межах цих підходів галузь розглядається як система взаємодіючих акторів, а інноваційність визначається не лише кількісними показниками, але й структурними характеристиками, такими як

рівень технологічної спеціалізації, інтенсивність обміну знаннями та позиція у глобальних ланцюгах створення вартості. Як джерела даних використовуються патентна статистика, структура експорту та показники наукової активності. Агрегація в таких моделях часто здійснюється із застосуванням методів факторного аналізу, матричних розкладів та інших інструментів математичної економіки. Незважаючи на високу аналітичну цінність, ці підходи характеризуються значною складністю та обмеженою придатністю для практичного управління.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Проведений аналіз джерел свідчить, що галузеві показники інноваційного розвитку представлені достатньо широко, проте їх агрегування в єдиний індекс має обмежений і фрагментарний характер. Найбільш поширеним залишається dashboard-підхід, заснований на використанні системи показників, тоді як композитні індекси застосовуються переважно в дослідницьких цілях. Основна причина цього полягає у специфіці самих інновацій, які є багатовимірним і неоднорідним явищем, що суттєво відрізняється залежно від галузі. У результаті галузевий рівень аналізу є більш складним і контекстно залежним, що вимагає обережного підходу до інтерпретації та агрегування показників.

Передумови проведення секторального дослідження інноваційного розвитку ґрунтуються на необхідності більш глибокого розуміння структурних особливостей інноваційних процесів в економіці. Традиційні підходи до оцінювання інновацій, що базуються на агрегованих макроекономічних показниках, часто не дозволяють повною мірою врахувати внутрішню неоднорідність економічної системи. У цьому контексті особливого значення набуває секторальний підхід, який передбачає розмежування економіки на укрупнені сегменти, що дає змогу виявити специфіку інноваційної активності в кожному з них.

Метою роботи є розробка комплексу моделей оцінки та аналізу інноваційного розвитку, який втілює секторальний підхід. Це передбачає розмежування економіки на окремі укрупнені сектори, що дає змогу виявити специфіку інноваційної активності в кожному з них.

Виклад основного матеріалу. Комплекс містить такі складові блоки: формування інформаційної бази дослідження, оцінки та аналізу інноваційного розвитку секторів економіки на рівні окремих країн, компаративного аналізу інноваційного розвитку країн, глобального аналізу. Узагальнена схема запропонованого комплексу моделей наведена на *рис. 1*. Розглянемо детально кожний блок та його базові складові.

Призначенням Блоку 1 є формування інформаційної бази дослідження. Пропонується використовувати багатовимірну структуру даних, що поєднує чотири виміри: показники інноваційного розвитку, час, сектори економіки та країни. Така структура дозволяє представити кожне спостереження у вигляді багатовимірної матриці $X = \{X_{i,s,c,t}\}$, де $X_{i,s,c,t}$ – i -й показник s -го сектора економіки в країні c в момент часу t . Безпосередня обробка таких даних викликає значні труднощі, тому для різноманітних цілей дослідження початкові дані підлягають процедурам агрегації. У межах дослідження передбачається реалізація аналізу на двох основних рівнях: внутрішньокраїновому та міжкраїновому.

Призначенням Блоку 2 є оцінка та аналіз рівня інноваційного розвитку секторів економіки на рівні окремих країн. Блок містить таку базову множину моделей: модель позиціонування секторів економіки в багатовимірному просторі ознак, динамічну модель кластерної еволюції секторів, ієрархічну композитну модель інтегрального індексу інноваційного розвитку, модель секторальної конвергенції.

У рамках моделі позиціонування секторів економіки в багатовимірному просторі ознак кожен сектор розглядається як точка в багатовимірному просторі інноваційних показників. На основі сформованої вище системи показників формується матриця відстаней між секторами:

$$d_c(s_k, s_p) = distance(X_{s_k,c}; X_{s_p,c}),$$

де функція *distance* може визначатися за допомогою евклідової, манхеттенської або косинусної метрики. Такий підхід дозволяє оцінити ступінь подібності або відмінності між секторами в межах однієї економіки, а також виявити структурні особливості інноваційного розвитку.

Отримана матриця відстаней є вхідною інформацією для виявлення та подальшого аналізу секторальної структури за допомогою методів класифікації без учителя. Використання алгоритмів класифікації дозволяє дослідити стійкість отриманих груп і перевірити узгодженість результатів. Додатково матриця відстаней може бути використана для побудови дендрограм, що відображають ієрархічні зв'язки між секторами, а також для візуалізації у зниженому просторі вимірів. Це сприяє інтерпретації результатів та виявленню латентних факторів, що визначають інноваційну диференціацію секторів.

Аналіз отриманих кластерів дозволяє:

- ✦ ідентифікувати групи секторів із подібними інноваційними профілями;
- ✦ визначити лідерів та аутсайдерів інноваційного розвитку;

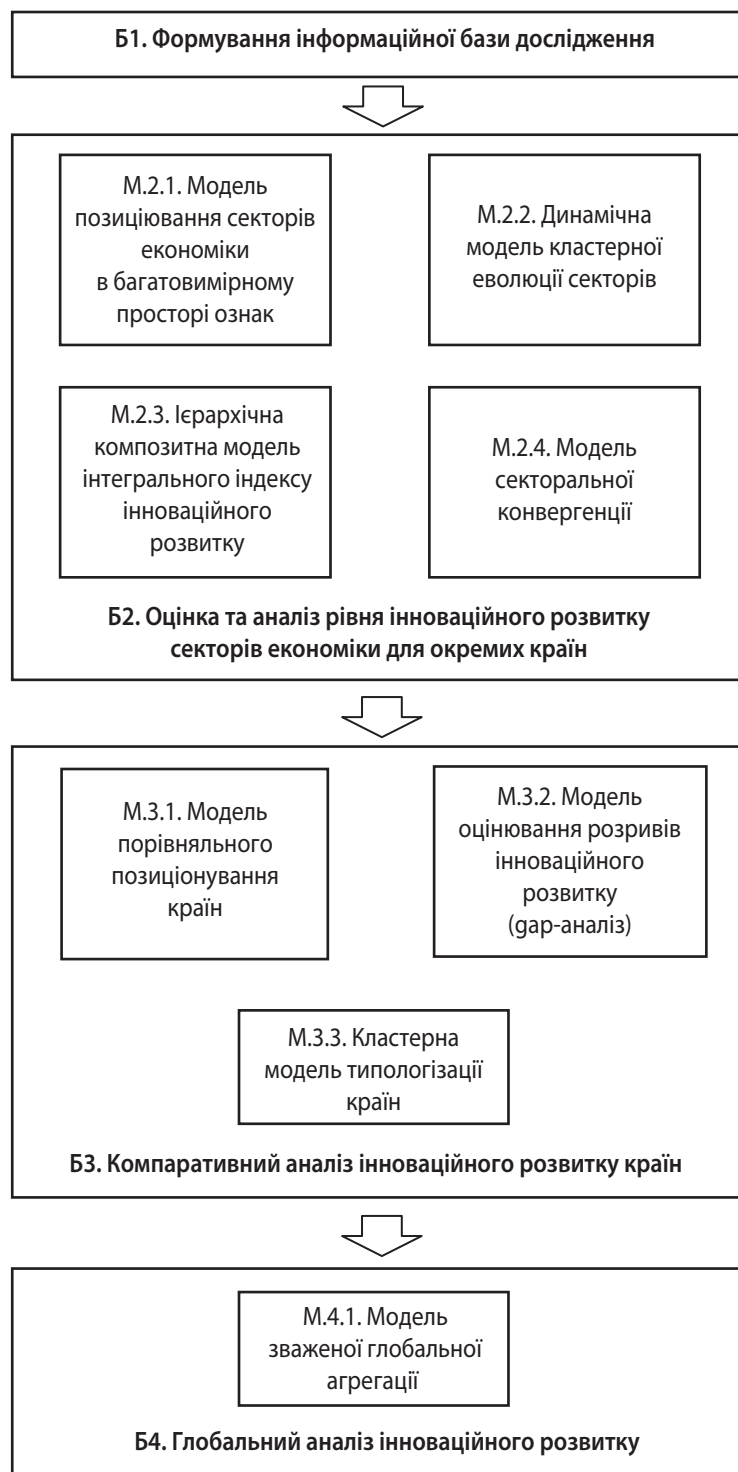


Рис. 1. Комплекс моделей оцінки та аналізу інноваційного розвитку галузей

Джерело: розроблено авторами.

- ✦ виявити потенційні напрями структурної трансформації економіки;
- ✦ сформулювати рекомендації щодо державної інноваційної політики та підтримки окремих секторів.

Динамічна модель кластерної еволюції секторів базується на використанні панельних даних, де

для кожного сектора формується часовий ряд векторів інноваційних характеристик:

$$X_{s,c,t} = (X_{1,s,c,t}, \dots, X_{m,s,c,t}).$$

На кожному часовому зрізі t будується матриця відстаней:

$$d_{c,t}(s_k, s_p) = distance(X_{s_k,c,t}; X_{s_p,c,t}),$$

після чого застосовується обраний метод кластеризації, що дозволяє отримати множину кластерів:

$$K(t) = \{K_1(t), \dots, K_L(t)\}.$$

Ключовою особливістю моделі є аналіз переходів секторів між кластерами в часі. Для цього вводиться функція приналежності:

$$\varphi(s_k, t) = j, \text{ якщо } s_k \in K_j(t).$$

На основі функції φ формується матриця переходів між кластерами:

$$P_{ij} = P(\varphi(s_k, t+1) = j | \varphi(s_k, t) = i),$$

яка відображає ймовірності зміни кластерної належності секторів і дозволяє інтерпретувати процес як марківський.

Модель дає змогу досліджувати такі аспекти:

- ✦ *траєкторії розвитку секторів* – послідовності їх кластерної належності у часі;
- ✦ *конвергенцію* – зближення секторів за інноваційними характеристиками (зменшення міжкластерних відстаней);
- ✦ *дивергенцію* – посилення відмінностей та формування нових кластерів;
- ✦ *стабільність кластерної структури* – через аналіз інтенсивності переходів;
- ✦ *структурні зрушення* – через появу, зникнення або реорганізацію кластерів.

Ієрархічна композитна модель інтегрального індексу інноваційного розвитку – це багатовимірний аналітична модель, призначена для узагальнення різномірних індикаторів інноваційної діяльності в єдиний інтегральний показник на основі поетапної агрегації. Модель базується на принципі ієрархічної декомпозиції, відповідно до якого первинні статистичні показники групуються в тематичні блоки, що відображають окремі аспекти інноваційного розвитку (наприклад, ресурси, процеси, результати, інституційне середовище). На першому рівні здійснюється нормалізація показників з метою забезпечення їх порівнянності:

$$Z_{ics} = \frac{\max_{i,s \in S} X_{ics} - X_{ics}}{\max_{i,s \in S} X_{ics} - \min_{i,s \in S} X_{ics}}.$$

Після цього в межах кожного s -го сектора розраховується відповідний субіндекс як агрегована характеристика, що узагальнює інформацію про даний аспект інноваційного розвитку:

$$I_{cs} = \sum_{j=1}^{K_s} w_{jcs} Z_{jcs},$$

де K_s – загальна кількість вихідних показників у секторі s .

На другому етапі отримані субіндекси агрегуються в єдиний інтегральний індекс інноваційного розвитку країни:

$$I_c = \sum_s v_s I_{cs}.$$

У процесі агрегування в моделі застосовуються вагові коефіцієнти, які в базовому варіанті визначаються за допомогою методів експертного оцінювання. Водночас варто зазначити, що на обох рівнях агрегування використано адитивні функції, однак модель зберігає гнучкість і допускає можливість застосування мультиплікативних форм агрегування.

Модель дозволяє:

- ✦ комплексно оцінювати рівень інноваційного розвитку країни;
- ✦ здійснювати порівняння на макро- та мезорівні;
- ✦ виявляти сильні та слабкі сторони інноваційної системи через аналіз субіндексів;
- ✦ проводити моніторинг динаміки інноваційного розвитку в часі;
- ✦ забезпечувати аналітичну основу для формування та оцінки ефективності інноваційної політики.

Таким чином, ієрархічна композитна модель виступає універсальним інструментом інтеграції багатовимірної інформації, що забезпечує як узагальнену оцінку, так і можливість деталізованого аналізу структури інноваційного розвитку.

Модель секторальної конвергенції. Секторальна конвергенція розглядається як аналіз зближення рівнів інноваційного розвитку між різними секторами економіки однієї країни в динаміці:

$$\sigma_{sc}(t) = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{s=1}^S (I_{cs}(t) - \overline{I_{sc}}(t))^2},$$

$$\overline{I_{sc}}(t) = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^S I_{cs}.$$

Модель дозволяє дослідити, чи скорочуються диспропорції між секторами за рівнем інноваційного розвитку з часом. Для цього оцінюється варіація показників інноваційності між секторами в кожному часовому періоді. Зменшення розкиду значень свідчить про формування більш збалансованої секторальної структури та наявність конвергенційних процесів, тоді як зростання варіації вказує на посилення секторальної нерівномірності (дивергенцію). Модель дозволяє ідентифікувати сектори-лідери та аутсайди; ступінь структурної збалансованості інноваційного розвитку; напрямки структурних зрушень у секторальній системі економіки.

Метою блоку 3 є проведення багатовимірного порівняння на основі єдиної системи індикаторів, що дозволяє оцінити позиції країн, виявити структурні відмінності, типологізувати економіки та дослідити динаміку їхнього зближення або розходження. У базовий перелік компонент блоку входять: модель порівняльного позиціонування країн, модель оцінювання розривів інноваційного розвитку (gap-аналіз), кластерна модель типологізації країн.

Модель порівняльного позиціонування країн базується на результатах, отриманих у Блоці 2, та дозволяє формувати рейтинги країн як у цілому, так і в розрізі окремих секторів; визначити лідерів та аутсайдерів; оцінювати позиції країн відносно еталонного рівня.

Модель оцінювання розривів інноваційного розвитку (gap-аналіз) базується на результатах Блоку 2 та використовує обрані еталонні значення (країни-лідери або середні значення групи) для оцінки розривів між країнами за інтегральним індексом та його складовими. Модель дозволяє розраховувати абсолютні та відносні відхилення, аналізувати структурні дисбаланси та ідентифікувати напрями відставання або переваг.

Кластерна модель типологізації країн застосовується для виявлення однорідних груп країн за рівнем і структурою інноваційного розвитку на основі багатовимірного простору показників.

Аналіз проводиться окремо для кожного сектора економіки, що дозволяє врахувати специфіку його інноваційного розвитку та сформувати секторально-диференційовану типологію країн. Для кожного сектора формується відповідна матриця ознак, після чого визначаються відстані між країнами $d_s(C_k, C_p) = distance(X_{s,c_k}; X_{s,c_p})$ та застосовуються методи кластеризації. У результаті формуються кластери країн зі схожими інноваційними характеристиками, що дозволяє виявляти типи інноваційного розвитку в межах кожного сектора.

У динамічному аспекті модель передбачає повторне виконання кластеризації для різних періодів часу та аналіз трансформації кластерної структури. Це дозволяє відстежувати:

- ✦ переходи країн між кластерами;
- ✦ стабільність або зміну їхнього типу розвитку;
- ✦ процеси конвергенції або дивергенції в межах кожного сектора.

Блок 4 містить модель зваженої глобальної агрегації, яка базується на переході від індивідуальних країн до глобального рівня з урахуванням їхньої значущості через вагові коефіцієнти. Таким чином можна отримати глобальні інтегральні показники рівня інноваційного розвитку як по окремих секторах, так і по економіці в цілому. Напри-

клад, агрегований світовий показник може бути розрахований як зважене середнє, де вагові коефіцієнти визначаються на основі економічної значущості країн, наприклад їх частки у світовому ВВП (GDP_c) і чисельності населення (P_c):

$$I^{global} = \sum_c W_c I_c,$$

$$W_c = \alpha \frac{GDP_c}{\sum_c GDP_c + (1 - \alpha) \frac{P_c}{\sum_c P_c}}.$$

Далі наведено деякі результати реалізації моделей запропонованого комплексу для статистичних даних з джерела [11], відповідно до якого досліджено три секторальні групи, а саме: сектор обробної промисловості, сектор ключових послуг і сектор інших видів діяльності. Таке секторальне розмежування передбачає групування видів економічної діяльності в укрупнені сектори зі схожими характеристиками інноваційних процесів, технологічної бази та джерел формування знань. Йдеться не про детальний галузевий поділ, а про узагальнення економіки до кількох великих блоків.

Сектор обробної промисловості охоплює галузі виробництва матеріальної продукції. Для нього характерні висока інтенсивність досліджень і розробок, активне впровадження технологічних інновацій і патентна діяльність. Інновації тут переважно мають технічний характер і спрямовані на створення або вдосконалення товарів і виробничих процесів.

Сектор ключових послуг включає види діяльності, де інновації мають здебільшого нематеріальну природу – ІКТ, фінансові, професійні, наукові та технічні послуги. Тут вони проявляються через цифрові рішення, нові бізнес-моделі, платформи та організаційні інновації, а ключову роль відіграють знання та дані.

Сектор інших видів діяльності об'єднує галузі з нижчою інноваційною активністю або обмеженим характером інновацій. Хоча інноваційні зміни тут також відбуваються, вони, як правило, є менш масштабними та системними.

Далі наведено результати реалізації моделі позиціонування секторів економіки в багатовимірному просторі ознак. Для множини країн побудовано матриці відстаней між зазначеними трьома секторами та проаналізовано отримані результати (табл. 1 – табл. 4).

У табл. 1 – табл. 4 наведено приклади отриманих відстаней для чотирьох країн. Попередньо дані нормовані, тому відстані представлені в безрозмірних одиницях виміру. Отримані результати дозволяють оцінити поточну ситуацію в межах кожної окремої країни, а саме: подивитись на сту-

пень її однорідності в розрізі секторів економіки. Так, наприклад, з табл. 1 бачимо, що відстань ситуації попарно – між сектором обробної промисловості та сектором інших видів діяльності та між сектором обробної промисловості та сектором ключових послуг – приблизно однакова та суттєво більша в порівнянні з парою ключові послуги – інші послуги. Аналізуючи інші наведені таблиці, бачимо, що тенденції можуть буди цілком різноманітні [13–16].

У табл. 5 наведено узагальнену інформацію щодо відносних часток присутності максимальних та мінімальних відстаней.

Як бачимо з табл. 5, найчастіше максимальна різниця в інноваційному розвитку спостерігається між парами секторів обробна промисловість – ключові послуги, або інші види діяльності – ключові послуги. Максимальні значення показників з цієї таблиці інтерпретуються як ситуація максимальної відмінності в зазначених секторах. Трохи інша ситуація спостерігається по відношенню до мінімальної різниці: найчастіше схожість ситуації з точки зору інноваційного розвитку спостерігається поміж парою секторів обробна промисловість – інші види діяльності.

Таблиця 1

Матриця евклідових відстаней, USA

	Сектор інших видів діяльності	Сектор ключових послуг	Сектор обробної промисловості
Сектор інших видів діяльності	0,00	2,73	6,77
Сектор ключових послуг	2,73	0,00	6,54
Сектор обробної промисловості	6,77	6,54	0,00

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 2

Матриця евклідових відстаней, Turkey

	Сектор інших видів діяльності	Сектор ключових послуг	Сектор обробної промисловості
Сектор інших видів діяльності	0,00	6,47	4,28
Сектор ключових послуг	6,47	0,00	9,15
Сектор обробної промисловості	4,28	9,15	0,00

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 3

Матриця евклідових відстаней, Sweeden

	Сектор інших видів діяльності	Сектор ключових послуг	Сектор обробної промисловості
Сектор інших видів діяльності	0,00	7,44	6,76
Сектор ключових послуг	7,44	0,00	5,00
Сектор обробної промисловості	6,76	5,00	0,00

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 4

Матриця евклідових відстаней, Poland

	Сектор інших видів діяльності	Сектор ключових послуг	Сектор обробної промисловості
Сектор інших видів діяльності	0,00	6,66	5,69
Сектор ключових послуг	6,66	0,00	8,20
Сектор обробної промисловості	5,69	8,20	0,00

Джерело: розроблено авторами.

Розподіл відстаней поміж секторами в багатовимірному просторі

Сектор 1	Сектор 2	Максимальна відстань	Мінімальна відстань
Сектор обробної промисловості	Сектор ключових послуг	36,36%	27,27%
Сектор обробної промисловості	Сектор інших видів діяльності	27,27%	63,64%
Сектор ключових послуг	Сектор інших видів діяльності	36,36%	9,09%

Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 6

Деякі статистичні характеристики рядів евклідових відстаней

Показник	Сектор обробної промисловості – Сектор ключових послуг	Сектор обробної промисловості – Сектор інших видів діяльності	Сектор ключових послуг – Сектор інших видів діяльності
Максимум	9,15	8,14	8,32
Середнє	6,48	5,84	6,37
Медіана	6,44	5,77	6,47
Мінімум	4,41	4,28	2,73
Дисперсія	2,28	1,21	1,96
Розмах	4,74	3,86	5,60
Міжквартильний розмах	3,20	2,09	1,66

Джерело: розроблено авторами.

У табл. 6 наведено деякі статистичні характеристики для отриманих рядів значень евклідових відстаней, які дозволяють зробити низку важливих висновків.

З точки зору центральної тенденції, середні значення та медіани для всіх трьох змінних є досить близькими між собою. Це свідчить про відсутність суттєвої асиметрії в розподілах. Найвищі типові значення спостерігаються для відстані в пари «Сектор обробної промисловості – Сектор ключових послуг» (середнє 6,48) та в пари «Сектор ключових послуг – Сектор інших видів діяльності» (6,37), тоді як пара «Сектор обробної промисловості – Сектор інших видів діяльності» має дещо нижчий рівень (5,84). Отже, перші два показники в середньому характеризуються вищими значеннями.

Аналіз варіації показує, що найбільшу мінливість має показник для пари «Сектор обробної промисловості – Сектор ключових послуг» (дисперсія 2,28), що свідчить про значний розкид значень відносно середнього. Натомість пара «Сектор обробної промисловості – Сектор інших видів діяльності» демонструє найменшу варіативність

(1,21), тобто є найбільш стабільним показником. Пара «Сектор ключових послуг – Сектор інших видів діяльності» займає проміжне положення за рівнем варіації.

Розмах варіації підтверджує ці висновки: найбільший розмах має пара «Сектор ключових послуг – Сектор інших видів діяльності» (5,60), що зумовлено, зокрема, дуже низьким мінімальним значенням (2,73). Це може вказувати на наявність екстремальних спостережень. Відстань для пари «Сектор обробної промисловості – Сектор ключових послуг» має помірний розмах (4,74), а для пари «Сектор обробної промисловості – Сектор інших видів діяльності» – найменший (3,86).

Міжквартильний розмах (IQR) дає додаткове уявлення про концентрацію центральних 50% даних. Найбільше значення IQR у пари «Сектор обробної промисловості – Сектор ключових послуг» (3,20), що свідчить про значний розкид навіть у середині розподілу. В пари «Сектор обробної промисловості – Сектор інших видів діяльності» цей показник менший (2,09), а у пари «Сектор ключових послуг – Сектор інших видів діяльності» – найменший (1,66), що означає високу концентрацію основної маси значень навколо медіани.

Таким чином, відстань для пари «Сектор обробної промисловості – Сектор інших видів діяльності» можна охарактеризувати як найбільш однорідний і стабільний показник. Відстань для пари «Сектор обробної промисловості – Сектор ключових послуг» відзначається найбільшою варіативністю. Відстань для пари «Сектор ключових послуг – Сектор інших видів діяльності», попри відносно компактний центральний розподіл, має значний загальний розмах, що може свідчити про наявність викидів або екстремальних значень.

ВИСНОВКИ

У роботі розроблено комплекс моделей оцінки та аналізу інноваційного розвитку економіки, який базується на секторальному підході та дозволяє інтегрувати багатовимірну інформацію про інноваційні процеси на різних рівнях економічної системи. Запропонована структура охоплює повний аналітичний цикл від формування інформаційної бази до глобального узагальнення результатів.

Обґрунтовано, що наявні підходи до оцінювання інноваційного розвитку є найбільш розвинутими на макрорівні, тоді як галузевий рівень характеризується фрагментарністю та відсутністю уніфікованих інтегральних показників. Це зумовлює необхідність розробки комплексних моделей, здатних враховувати специфіку секторів економіки та забезпечувати їх порівнянність.

Запропонований комплекс моделей включає інструменти багатовимірного позиціонування секторів, кластерного аналізу, побудови інтегрального індексу, аналізу конвергенції, а також забезпечує можливості порівняльного аналізу країн і глобальної агрегації. Його використання дозволяє ідентифікувати структурні особливості інноваційного розвитку, виявляти лідерів і аутсайдерів, а також оцінювати динаміку змін у часі.

Результати емпіричного аналізу підтвердили значну диференціацію інноваційного розвитку між секторами економіки. Найбільші відмінності спостерігаються за участю сектора ключових послуг, що свідчить про його специфічну роль у формуванні інноваційної структури. Водночас встановлено, що взаємозв'язки між окремими секторами мають неоднорідний характер і залежать від особливостей конкретних країн. Аналіз варіації відстаней між секторами показав, що найбільш стабільною є пара «обробна промисловість – інші види діяльності», тоді як найбільша мінливість характерна для пари «обробна промисловість – ключові послуги». Це свідчить про різний ступінь узгодженості інноваційного розвитку між секторами та наявність структурних дисбалансів.

У цілому запропонований підхід забезпечує більш глибоке розуміння секторальної структури інноваційного розвитку та створює аналітичну основу для формування ефективної інноваційної політики.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розвиток підходів до визначення вагових коефіцієнтів у композитних індексах інноваційного розвитку. Зокрема, доцільним є застосування методів машинного навчання, багатокритеріальної оптимізації та статистичного навчання для формування обґрунтованих вагових схем. Це дозволить підвищити об'єктивність інтегральних оцінок, зменшити залежність результатів від експертних суджень та забезпечити більшу стійкість моделей до змін вхідних даних.

Важливим напрямом є також поглиблення дослідження динамічних аспектів інноваційного розвитку. Особливу увагу доцільно приділити моделюванню траєкторій переходів секторів між кластерами в часі, аналізу стійкості та еволюції кластерної структури, а також виявленню закономірностей структурних зрушень. Подальший розвиток цих підходів створює передумови для прогнозування змін у секторальній структурі економіки та підвищення обґрунтованості управлінських рішень у сфері інноваційної політики. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4th ed. *OECD & Eurostat*. 2018. URL: <https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>
2. European innovation scoreboard 2025. *European Commission*. 2025. URL: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en
3. Global innovation index 2023: Innovation in the face of uncertainty. *World Intellectual Property Organization*. 2023. URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023/
4. Measuring Innovation: A New Perspective. Organisation for Economic Co-operation and Development. 2010. 130 p. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2010/05/measuring-innovation_g1ghc903/9789264059474-en.pdf
5. Community innovation survey (CIS): Methodological guidelines. *Eurostat*. 2020. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/microdata/community-innovation-survey>
6. Alqararah K. Assessing the robustness of composite indicators: The case of the Global Innovation Index. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 2023. Vol. 12. Iss. 1. Art. 61. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13731-023-00332-w>
7. Singh A. P., Garg S. Measuring innovation: A composite index of innovation volume at firm level. *Sci-*

- entometrics*. 2026. Vol. 131. Iss. 2. P. 1067–1118.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-026-05555-8>
8. Ma X., Hao Y., Li X., et al. Evaluating global intelligence innovation: An index based on machine learning methods. *Technological Forecasting and Social Change*. 2023. Vol. 194. Art. 122736.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122736>
 9. Mayer J., Jochem R. Capability Indices for Digitized Industries: A Review of Machine Learning Applications. *Processes*. 2024. Vol. 12. Iss. 8. Art. 1730.
DOI: <https://doi.org/10.3390/pr12081730>
 10. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M., Torrissi G. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. *Social Indicators Research*. 2019. Vol. 141. Iss. 1. P. 61–94.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
 11. OECD Business Innovation Indicators 2023 edition. OECD. November 2023. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/content/dam/oecd/en/data/datasets/business-innovation-statistics-and-indicators/business-innovation-indicators-2023-highlights.pdf>
 12. Giménez-Medina M., Enríquez J. G., Domínguez-Mayo F. J. A systematic review of capability and maturity innovation assessment models: Opportunities and challenges. *Expert Systems with Applications*. 2023. Vol. 213. Part B. Art. 118968.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118968>
 13. Audretsch D. B., Belitski M. The role of R&D and knowledge spillovers in innovation and productivity. *European Economic Review*. 2020. Vol. 123. Art. 103391.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2020.103391>
 14. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4th ed. Paris: OECD Publishing, 2020. 258 p.
DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
 15. Hidalgo A., Albors J. Innovation management techniques and tools: a review from theory and practice. *R&D Management*. 2021. Vol. 38. Iss. 2. P. 113–127.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2008.00503.x>
 16. Koval V., Olczak P., Vdovenko N., et al. Ecosystem of Environmentally Sustainable Municipal Infrastructure in Ukraine. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. Iss. 18. Art. 10223.
DOI: <https://doi.org/10.3390/su131810223>

REFERENCES

- Alqararah K. (2023). Assessing the robustness of composite indicators: The case of the Global Innovation Index. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(12), 61.
<https://doi.org/10.1186/s13731-023-00332-w>
- Audretsch D. B. & Belitski M. (2020). The role of R&D and knowledge spillovers in innovation and productivity. *European Economic Review*, 123. Art. 103391.
<https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2020.103391>
- ec.europa.eu. (2020). Community innovation survey (CIS): Methodological guidelines. *Eurostat*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/microdata/community-innovation-survey>
- Giménez-Medina M., Enríquez J. G. & Domínguez-Mayo F. J. (2023). A systematic review of capability and maturity innovation assessment models: Opportunities and challenges. *Expert Systems with Applications*, 213. Part B. Art. 118968.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118968>
- Greco S., Ishizaka A., Tasiou M. & Torrissi G. (2019). On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. *Social Indicators Research*, 1(141), 61–94.
<https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
- Hidalgo A. & Albors J. (2021). Innovation management techniques and tools: a review from theory and practice. *R&D Management*, 2(38), 113–127.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2008.00503.x>
- Koval V., Olczak P. & Vdovenko N. (2021). Ecosystem of Environmentally Sustainable Municipal Infrastructure in Ukraine. *Sustainability*, 18(13), 10223.
<https://doi.org/10.3390/su131810223>
- Ma X., Hao Y. & Li X. (2023). Evaluating global intelligence innovation: An index based on machine learning methods. *Technological Forecasting and Social Change*, 194. Art. 122736.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122736>
- Mayer J. & Jochem R. (2024). Capability Indices for Digitized Industries: A Review of Machine Learning Applications. *Processes*, 8(12), Art. 1730.
<https://doi.org/10.3390/pr12081730>
- OECD Publishing (2020). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*. (4th ed). Paris: OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- oecd-ilibrary.org. (2023). OECD Business Innovation Indicators 2023 edition. OECD. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/dam/oecd/en/data/datasets/business-innovation-statistics-and-indicators/business-innovation-indicators-2023-highlights.pdf>
- oecd.org. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. 4th ed. OECD & Eurostat. <https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>
- oecd.org. (2010). *Measuring Innovation: A New Perspective*. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2010/05/measuring-innovation_g1ghc903/9789264059474-en.pdf
- research-and-innovation.ec.europa.eu. (2025). European innovation scoreboard 2025. *European Commission*. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en
- Singh A. P. & Garg S. (2026). Measuring innovation: A composite index of innovation volume at firm level. *Scientometrics*, 2(131), 1067–1118.
<https://doi.org/10.1007/s11192-026-05555-8>
- wipo.int. (2023). Global innovation index 2023: Innovation in the face of uncertainty. *World Intellectual Property Organization*. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023/

Стаття надійшла до редакції / Received: 05.04.2026
Статтю прийнято до публікації / Accepted: 18.04.2026
Оприлюднено / Published: 03.06.2026