

УДК 331.526:330

Артеменко А. В.,
a.artemenko89@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-7375-9911,
ст. викл. кафедри комп'ютерних наук, прикладної та вищої математики,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

ОСОБЛИВОСТІ СЦЕНАРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ КЛАСТЕРНИХ СТРУКТУР

Анотація. Сценарне моделювання регіонального розвитку кластерних структур є ефективним інструментом для визначення оптимальних шляхів підвищення конкурентоспроможності регіонів, зміцнення їх економічної самостійності та інтеграції у глобальні ринки. У статті розглядаються ключові аспекти та підходи до розробки сценарного моделювання для розвитку кластерних структур у контексті регіональної економіки. Основна увага приділяється аналізу взаємозв'язків між економічними, соціальними та інституційними факторами, які впливають на формування та ефективність функціонування кластерів. Запропоновано методичні підходи до побудови сценаріїв, що включають аналіз внутрішніх і зовнішніх умов розвитку, оцінку потенціалу регіону, а також моделювання впливу різних стратегій управління на розвиток кластерних структур. Особливу увагу приділено питанням формування синергетичного ефекту у межах кластерів, що досягається завдяки співпраці підприємств, наукових установ та органів влади. У статті розглядається роль інновацій у забезпеченні сталого розвитку кластерів, а також аналізуються можливості впровадження цифрових технологій у процес управління та прогнозування. Запропоновані сценарії розвитку кластерів враховують глобальні тренди, такі як екологізація економіки, цифровізація та інтеграція до міжнародних ринків. Важливим аспектом є врахування ризиків та невизначеностей, пов'язаних із зовнішніми та внутрішніми факторами, що впливають на розвиток кластерів. Для цього використано методи SWOT-аналізу, PESTEL-аналізу та багатофакторного моделювання, які дозволяють формувати адаптивні стратегії розвитку. У статті представлено результати практичного застосування розроблених підходів на прикладі конкретного регіону, що демонструють можливість досягнення позитивних змін за умов реалізації запропонованих сценаріїв. Загалом результати дослідження підкреслюють необхідність комплексного підходу до сценарного моделювання, що враховує специфіку регіону, його ресурсний потенціал, а також динамічні зміни зовнішнього середовища. Це сприятиме створенню стійких і конкурентоспроможних кластерних структур, здатних забезпечити довгостроковий соціально-економічний розвиток регіонів.

Ключові слова: регіональний розвиток, кластерні структури, сценарне моделювання, економічний потенціал, інновації, синергетичний ефект, SWOT-аналіз, PESTEL-аналіз, цифрові технології, стратегічне планування.

Artemenko A. V.,
a.artemenko89@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-7375-9911,
Senior Lecturer, Department of Computer Science, Applied and Higher Mathematics, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

FEATURES OF SCENARIO MODELING OF REGIONAL DEVELOPMENT OF CLUSTER STRUCTURES

Abstract. Scenario modeling of regional development of cluster structures is an effective tool for identifying optimal ways to enhance regional competitiveness, strengthen economic independence, and integrate into global markets. This article examines the key aspects and approaches to developing scenario modeling for cluster structure development in the context of regional economies. The focus is on analyzing the interconnections between economic, social, and institutional factors influencing the formation and operational efficiency of clusters. Methodological approaches to scenario building are proposed, including the analysis of internal and external development conditions, assessment of regional potential, and modeling the impact of various management strategies on the development of cluster structures. Special attention is given to the formation of synergetic effects within clusters achieved through collaboration among enterprises, research institutions, and governmental bodies. The article explores the role of innovation in ensuring sustainable cluster development and analyzes the opportunities for integrating digital technologies into management and forecasting processes. The proposed development scenarios for clusters consider global trends such as economic greening, digitalization, and integration into international markets. A significant aspect is the consideration of risks and uncertainties associated with external and internal factors affecting cluster development. For this purpose, SWOT analysis,

PESTEL analysis, and multifactor modeling methods were applied, enabling the creation of adaptive development strategies. The article presents the results of the practical application of the proposed approaches using the example of a specific region, demonstrating the potential for achieving positive changes under the implementation of suggested scenarios. Overall, the study highlights the necessity of a comprehensive approach to scenario modeling that takes into account regional specifics, resource potential, and dynamic changes in the external environment. This will contribute to the creation of sustainable and competitive cluster structures capable of ensuring the long-term socio-economic development of regions.

Keywords: regional development, cluster structures, scenario modeling, economic potential, innovation, synergetic effect, SWOT analysis, PESTEL analysis, digital technologies, strategic planning.

JEL Classification: C02; C51; L51; M21; O22

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2025-81-16>

Постановка проблеми. Сучасний розвиток регіонів дедалі більше залежить від здатності ефективно використовувати їхній економічний, соціальний та інноваційний потенціал. У цьому контексті формування кластерних структур постає як один із найефективніших механізмів забезпечення стійкого зростання та підвищення конкурентоспроможності регіонів. Кластери сприяють створенню нових робочих місць, розвитку локальних ринків та інтеграції регіонів у глобальні економічні процеси.

Сценарне моделювання виступає важливим інструментом стратегічного управління, яке дозволяє прогнозувати наслідки впровадження різних стратегій розвитку кластерів. Воно дає змогу враховувати численні економічні, соціальні, політичні та екологічні фактори, що впливають на регіональну економіку. Завдяки цьому інструменту можна розробляти адаптивні стратегії, які здатні реагувати на виклики сучасного середовища.

У статті увагу зосереджено на дослідженні особливостей сценарного моделювання розвитку кластерних структур у регіональному контексті. Автори прагнуть не лише проаналізувати основні підходи до моделювання, а й запропонувати ефективні рішення для подолання існуючих проблем та розробити методологічну основу для формування перспективних стратегій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Попередні дослідження свідчать про значний інтерес до кластерного підходу як ефективного механізму регіонального розвитку. Зокрема, роботи М. Портера заклали теоретичні основи кластерного аналізу, які використовуються для визначення конкурентних переваг регіонів. Дослідники вказують на важливість співпраці між бізнесом, наукою та владою для досягнення синергетичного ефекту.

У вітчизняних та міжнародних наукових працях розглядаються різні аспекти кластерного розвитку, зокрема його вплив на інноваційний потенціал регіонів [3, 4, 6, 8, 9]. Однак більшість досліджень зосереджена на теоретичних аспектах, тоді як практичне застосування залишається менш розробленим. Це створює розрив між науковими рекомендаціями та реальними потребами регіональної політики.

Крім того, значна кількість досліджень зосереджується на аналізі окремих кластерів, що

обмежує можливість узагальнення результатів. У той же час існує потреба у розробці універсальних підходів до сценарного моделювання, які враховували б специфіку різних регіонів та дозволяли інтегрувати їх у глобальні економічні системи.

Виділення раніше не вирішених частин проблеми. Незважаючи на значний інтерес до кластерного підходу в регіональному розвитку, багато аспектів цього питання залишаються недостатньо дослідженими. Зокрема, відсутні чіткі методологічні підходи до сценарного моделювання, які б враховували специфіку окремих регіонів, їхні ресурсні можливості та вплив зовнішніх факторів. Це ускладнює процес прийняття рішень на рівні регіональної політики.

Також недостатньо досліджено роль цифрових технологій та інновацій у розвитку кластерних структур, зокрема у контексті моделювання їхнього впливу на ефективність та конкурентоспроможність [7]. Іншим важливим аспектом є адаптація до глобальних викликів, таких як екологізація економіки та інтеграція в міжнародні ринки, що вимагає комплексного підходу до сценарного планування.

Постановка завдання. Метою статті є розробка методологічних підходів до сценарного моделювання регіонального розвитку кластерних структур, що враховують особливості регіональних умов, глобальні економічні тренди та інноваційні можливості. Це дозволить забезпечити стале економічне зростання та підвищення конкурентоспроможності регіонів. Автори прагнуть створити універсальний інструмент, який стане основою для формування адаптивних стратегій регіонального розвитку. Увага зосереджена на використанні цифрових технологій та інноваційних рішень у сценарному моделюванні. Також досліджуються ризики та невизначеності, які можуть впливати на функціонування кластерів. Таким чином, робота спрямована на вирішення актуальних проблем у плануванні та управлінні кластерними структурами. Важливим завданням є забезпечення практичної придатності запропонованих підходів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розвиток кластерних структур стає ключовим інструментом у регіональній політиці. Завдяки синергетичному ефекту кластери сприяють

підвищенню продуктивності, впровадженню інновацій та створенню нових робочих місць. Вони об'єднують підприємства, наукові установи та органи влади задля досягнення спільних цілей. Особливо важливою є їх роль у регіонах із недостатньо диверсифікованою економікою, де кластери можуть стати основою для розвитку нових секторів. Стратегічне значення кластерів полягає також у здатності інтегрувати локальні ринки у глобальні економічні системи. Це забезпечує сталий розвиток регіонів та підвищує їх конкурентоспроможність. Водночас ефективність функціонування кластерів залежить від стратегічного планування їх розвитку [1].

Сценарне моделювання дозволяє прогнозувати наслідки різних підходів до управління розвитком кластерних структур. Основою цього підходу є ідентифікація ключових факторів впливу, таких як економічні, соціальні та технологічні умови. Завдяки моделюванню можна оцінити як короткострокові, так і довгострокові наслідки реалізації стратегій. Наприклад, аналіз може включати прогноз змін у зайнятості або ефективності використання ресурсів у межах кластеру. Це дозволяє формувати стратегії, що враховують можливі ризики та невизначеності. Важливо також оцінювати вплив зовнішніх факторів, таких як економічні кризи чи геополітичні зміни. Отже, сценарне моделювання стає інструментом стратегічного управління кластерними структурами.

Розробка сценаріїв потребує комплексного підходу, який включає оцінку ресурсного потенціалу регіону. До ключових ресурсів належать природні, людські, фінансові та інституційні можливості. Наприклад, регіони з високим рівнем наукового потенціалу мають переваги у створенні інноваційних кластерів. Водночас у регіонах із недостатньою інфраструктурою можуть виникати обмеження, які впливають на ефективність кластерів. Тому сценарії повинні враховувати реальні умови та потенціал розвитку. Це забезпечить їх адаптивність до

змін у середовищі. Важливо також враховувати конкурентні переваги регіону, які можуть стати основою для побудови кластерної стратегії.

Цифрові технології відіграють важливу роль у розвитку кластерних структур. Вони дозволяють оптимізувати процеси управління, аналізу та прогнозування. Зокрема, технології великих даних допомагають досліджувати ринкові тренди та виявляти перспективні напрямки розвитку. Використання штучного інтелекту здатне підвищити ефективність прийняття рішень у межах кластерів. Також важливими є платформи для співпраці, які полегшують обмін інформацією між учасниками кластерів. Це сприяє підвищенню рівня інноваційності та створенню нових продуктів. Усі названі інструменти дозволяють значно підвищити ефективність функціонування кластерів у динамічному середовищі [3].

Розглянемо дії з варіантів використання у межах управління розвитком кластерних структур:

– Подання запиту – звернення учасника кластеру до координатора для ініціації нового проекту чи отримання консультації.

– Обробка запиту – аналіз отриманого запиту, перевірка відповідності критеріям кластерної взаємодії та внесення до загального реєстру проектів.

– Внесення даних – створення профілю учасника кластеру або оновлення інформації в базі даних, включаючи економічні показники та опис проекту.

– Визначення умов співпраці – залежно від масштабу проекту та можливостей учасників узгоджуються фінансові, організаційні та технологічні умови співпраці.

– Реалізація проекту – учасники кластеру отримують необхідні ресурси, фінансування чи підтримку для виконання запланованих заходів.

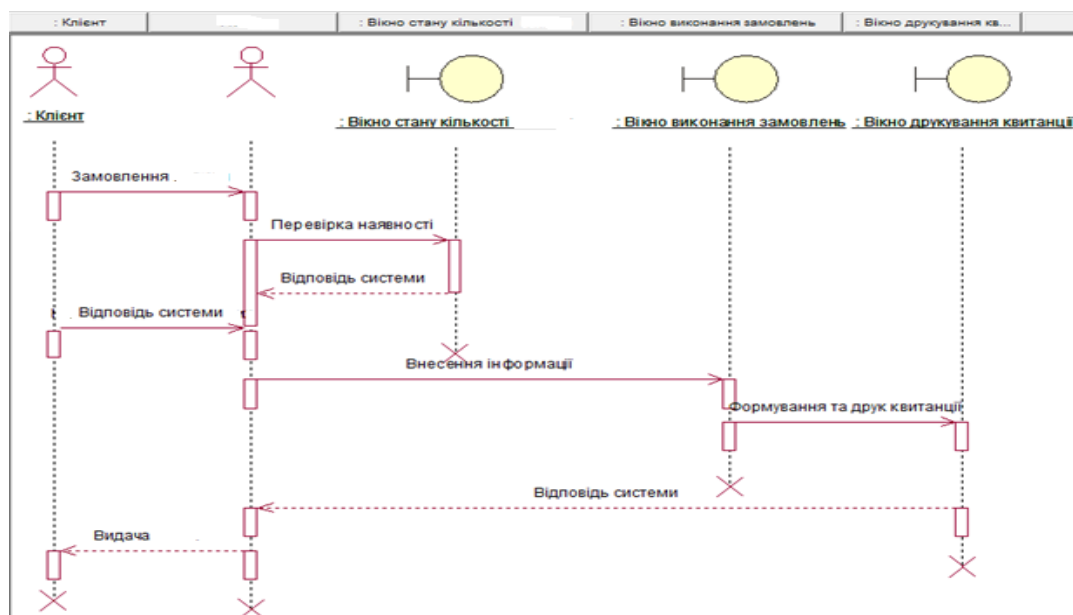


Рис. 1. Діаграма послідовностей

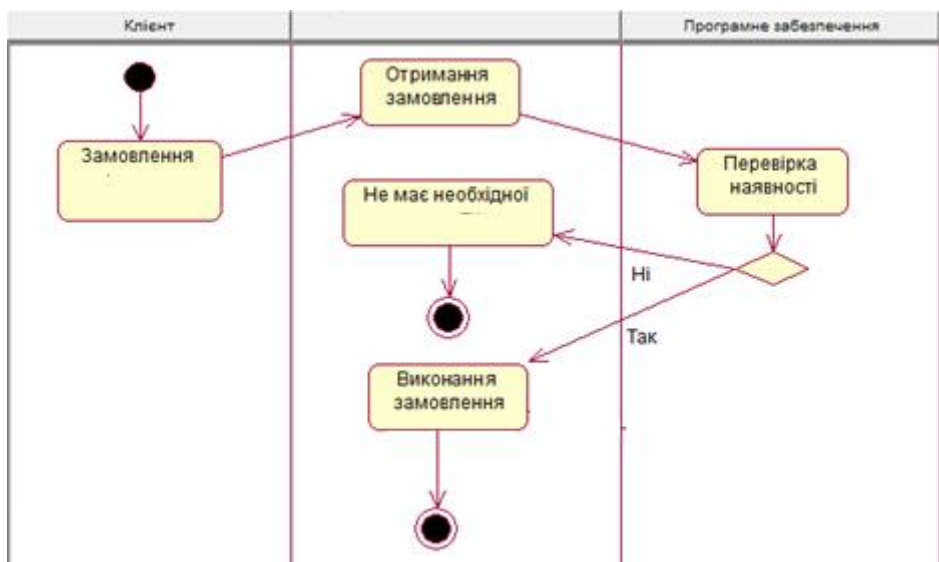


Рис. 2. Діаграма діяльності

Діаграма розгортання призначена для візуалізації елементів і компонентів програми, які існують лише на етапі її виконання. При цьому подаються тільки компоненти-екземпляри програми, що є виконавчими файлами або динамічними бібліотеками [2].

Діаграма розгортання містить графічні зображення процесорів, пристроїв, процесів і зв'язків між ними. На відміну від діаграм логічного відображення, діаграма розгортання є єдиною для системи в цілому, оскільки повинна повністю відображати особливості її реалізації. Ця діаграма, по суті, завершує процес проектування для конкретної програмної системи і її розробка, як правило, є останнім етапом специфікації моделі. Основні цілі розробки діаграми розгортання:

- визначити розподіл компонентів системи по її фізичних вузлах;
- показати фізичні зв'язки між усіма вузлами реалізації системи на етапі її виконання;
- виявити вузькі місця системи і реконфігурувати її топологію для досягнення необхідної продуктивності.

Окрім внутрішніх чинників, сценарне моделювання повинно враховувати глобальні виклики. Наприклад, екологізація економіки стає важливим напрямом для багатьох регіонів. Створення зелених кластерів може бути основою для впровадження інноваційних екологічних рішень. Це не лише підвищує стійкість регіонів до екологічних загроз, але й сприяє інтеграції у глобальні екологічні ініціативи. Іншим важливим викликом є цифровізація економіки, яка змінює підходи до управління та виробництва. Тому сценарії розвитку кластерів повинні враховувати технологічні тренди. Це дозволить адаптувати кластери до вимог сучасного ринку.

Методологічно сценарне моделювання базується на поєднанні кількісних та якісних методів аналізу. SWOT-аналіз допомагає оцінити сильні та

слабкі сторони кластерів, а PESTEL-аналіз – врахувати зовнішні чинники. Разом ці методи дають змогу формувати комплексне уявлення про перспективи розвитку кластерів. Зокрема, результати аналізу можуть бути використані для розробки стратегій, спрямованих на подолання ключових викликів. Крім того, це дозволяє оцінювати ефективність управлінських рішень. Важливо, щоб методи моделювання були адаптивними та враховували зміни в середовищі. Це дозволить створювати більш стійкі та конкурентоспроможні кластери.

Практичне застосування сценарного моделювання вже демонструє позитивні результати. Наприклад, успішна реалізація кластерної стратегії в інноваційних секторах допомагає стимулювати розвиток регіонів. Також це сприяє залученню міжнародних інвестицій та інтеграції регіонів у глобальні ринки. Успіх таких стратегій залежить від здатності ефективно управляти взаємодією учасників кластерів. Це особливо важливо для регіонів, які стикаються з економічними та соціальними викликами. Завдяки правильному підходу сценарне моделювання може стати важливим інструментом регіонального розвитку.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Результати дослідження підтвердили, що сценарне моделювання є важливим інструментом для формування ефективних стратегій розвитку кластерних структур у регіональному контексті. Воно дозволяє враховувати численні економічні, соціальні, технологічні та екологічні чинники, які впливають на функціонування кластерів. Використання цього підходу сприяє підвищенню конкурентоспроможності регіонів, забезпечує раціональне використання ресурсів та підтримує стійкий економічний розвиток. Особливу увагу слід приділяти врахуванню специфіки регіонів та їх потенціалу для створення адаптивних стратегій.

Одним із ключових висновків є необхідність інтеграції інновацій та цифрових технологій у процес управління кластерними структурами. Це дозволяє підвищити ефективність функціонування кластерів, оптимізувати виробничі процеси та розширити можливості для співпраці. Використання інструментів аналізу великих даних, штучного інтелекту та платформ для взаємодії учасників кластерів забезпечує більш якісне прогнозування та швидке реагування на зміни у зовнішньому середовищі. Всі ці фактори стають важливими складовими успішного розвитку кластерів.

Подальші дослідження повинні зосередитися на розробці універсальних методик сценарного моделювання, які можна адаптувати до специфіки різних регіонів. Крім того, важливим напрямом є оцінка впливу глобальних викликів, таких як екологізація економіки та цифровізація, на функціонування кластерів. Практичне застосування результатів дослідження сприятиме не лише розвитку окремих регіонів, а й інтеграції їх у глобальні економічні процеси. Це забезпечить створення конкурентоспроможних кластерних структур, здатних сприяти сталому розвитку на довгострокову перспективу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Негляд А. В., Бабічев А. В. Кластерні структури як організаційна основа здійснення стратегічної реорганізації підприємств. *Проблеми економіки*. 2023. № 2(56). С. 156-167.
2. Bai W. H., Xi J. Q., Zhu J. X., Huang S. W. Performance analysis of heterogeneous data centers in cloud computing using a complex queuing model. *Mathematical Problems in Engineering*. 2015. No. 2015. P. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/980945>.
3. Hu C., Deng Y., Yang L. T., Zhao Y. Estimating the resource demand in power-aware clusters by regressing a linearly dependent relation. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*. 2019. No. 6(3). P. 385-397. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSUSC.2019.2894708>.
4. Meisner D., Wenisch T. F. Stochastic queuing simulation for data center workloads. *Proceedings of the Exascale Evaluation and Research Techniques Workshop*. 2010. No. 16. P. 1-9.
5. Van der Boor M., Comte C. Load balancing in heterogeneous server clusters: Insights from a product-form queueing model. *Proceedings of the 2021 IEEE/ACM 29th International Symposium on Quality of Service (IWQOS)*. 2021. P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1109/IWQOS52092.2021.9521355>.
6. Kutsyk P., Boiko R. Imperatives for improving the investment environment of the Lviv region of Ukraine in the conditions of war. *International independent scientific journal*. 2024. № 68. P. 11-15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14420452>.
7. Куцик П., Ковтун О. Визначення перспективного бізнесу та моделювання оптимальних стратегічних наборів для підприємств з використанням можливостей штучного інтелекту. *Цифрова*

економіка та економічна безпека. 2024. № (5 (14)). С. 127-136. <https://doi.org/10.32782/dees.14-20>.

8. Бойко Р. В. Можливості імплементації світового досвіду реалізації механізмів державної інвестиційної політики на регіональному рівні. *Причорноморські економічні студії*. 2024. № 88. С. 12-18. <https://doi.org/10.32782/bses.88-2>.

9. Семак Б., Бойко Р. Ідентифікація стратегічних орієнтирів формування інтегрованого інвестиційного клімату та залучення інвестицій в економіку і відбудову регіону. *Підприємництво і торгівля*. 2024. № (43). С. 92-101. <https://doi.org/10.32782/2522-1256-2024-43-12>.

10. Fleychuk M., Mytsenko V., Babets I., Mytsenko I., Dorosh-Kizym M. The Impact of Ukraine's Involvement in Global Value Chains on the Development of the Processing Industry. *Management and Production Engineering Review*. 2024, 15(2), pp. 99-111 https://journals.pan.pl/Content/132161/PDF/1041_int.pdf?handler=pdf. DOI: 10.24425/mper.2024.151134 (Scopus).

REFERENCES

1. Nehliad, A. V. and Babichev, A. V. (2023), Klasterni struktury iak orhanizatsijna osnova zdijnsennia stratehichnoi reorhanizatsii pidpriemstv. *Problemy ekonomiky*, № 2(56), s. 156-167.
2. Bai, W. H. Xi, J. Q. Zhu, J. X. and Huang, S. W. (2015), Performance analysis of heterogeneous data centers in cloud computing using a complex queuing model. *Mathematical Problems in Engineering*, No. 2015, p. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/980945>.
3. Hu C., Deng Y., Yang, L. T. and Zhao Y. (2019), Estimating the resource demand in power-aware clusters by regressing a linearly dependent relation. *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, No. 6(3), p. 385-397. DOI: <https://doi.org/10.1109/TSUSC.2019.2894708>.
4. Meisner D. and Wenisch, T. F. (2010), Stochastic queuing simulation for data center workloads. *Proceedings of the Exascale Evaluation and Research Techniques Workshop*, No. 16, p. 1-9.
5. Van der Boor M. and Comte C. (2021), Load balancing in heterogeneous server clusters: Insights from a product-form queueing model. *Proceedings of the 2021 IEEE/ACM 29th International Symposium on Quality of Service (IWQOS)*, p. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1109/IWQOS52092.2021.9521355>.
6. Kutsyk P. and Boiko R. (2024), Imperatives for improving the investment environment of the Lviv region of Ukraine in the conditions of war. *International independent scientific journal*, № 68, p. 11-15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14420452>.
7. Kutsyk P. and Kovtun O. (2024), Vyznachennia perspektyvnoho biznesu ta modeliuвання optymal'nykh stratehichnykh naboriv dlia pidpriemstv z vykorystanniam mozhlyvostej shtuchnoho intelektu. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, № (5 (14)), s. 127-136. <https://doi.org/10.32782/dees.14-20>.

8. Bojko, R. V. (2024), *Mozhlyvosti implementatsii svitovoho dosvidu realizatsii mekhanizmiv derzhavnoi investytsijnoi polityky na rehional'nomu rivni. Prychornomors'ki ekonomichni studii*, № 88, s. 12-18. <https://doi.org/10.32782/bses.88-2>.

9. Semak B. and Bojko R. (2024), *Identyfikatsiia stratehichnykh oriientyriv formuvannia intehrovanoho investytsijnoho klimatu ta zaluchennia investytsij v ekonomiku i vidbudovu rehionu. Pidpryiemnytstvo i torhivlia*, № (43), s. 92-101. <https://doi.org/10.32782/2522-1256-2024-43-12>.

10. Fleychuk M., Mytsenko V., Babets I., Mytsenko I., Dorosh-Kizym M. (2024), *The Impact of Ukraine's Involvement in Global Value Chains on the Development of the Processing Industry. Management and Production Engineering Review*, 15(2), pp. 99-111 https://journals.pan.pl/Content/132161/PDF/1041_int.pdf?handler=pdf. DOI: 10.24425/mper.2024.151134 (Scopus).

Стаття надійшла до редакції 07 січня 2025 року