

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГРУПУВАННЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

ГРИГОРУК Павло¹, ТКАЧЕНКО Іван², ПЕТРУШАНСЬКИЙ Нікіта³

¹Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-2732-5038>

e-mail: hryhorukpm@khmnu.edu.ua

²Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-0085-292X>

e-mail: ivan.tkachenko@gmail.com

³Хмельницький національний університет

e-mail: XMEJbHU4AHUH@ukr.net

Стаття присвячена питанням групування областей України за показниками інноваційного розвитку. Вирішення завдання оцінювання інноваційної діяльності та інноваційної активності є одним із найбільш важливих завдань дослідження економічних систем на всіх рівнях їх функціонування. Отримані оцінки можуть бути використані для аналізу стану інноваційного сектору на регіональному рівні, провести ранжування окремих регіонів, оцінити їх інноваційний потенціал, інноваційну та технічну конкурентоспроможність. Дане дослідження присвячене питанням групування областей України за показниками інноваційного розвитку. В якості аналітичного інструментарію обраний дискримінантний аналіз. Враховуючи обмеженість доступності вихідних даних, для дослідження обрані показники, що відображають потенціал організації і проведення наукових досліджень. Отримані результати дозволили сформулювати висновок, що переважна більшість областей характеризується низькою інноваційною активністю підприємств, що свідчить про недоліки регіональної політики інноваційного розвитку. Отримані результати рекомендується урахувати при перегляді регіональних стратегій розвитку.

Ключові слова: модель, інноваційний розвиток, регіональні стратегії, економічні системи, групування.

<https://doi.org/10.31891/mdes/2024-11-45>

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Вирішення глобальних завдань розвитку кожної країни актуалізує виключну роль інноваційної діяльності. Така діяльність виступає одним з основних рушіїв економічного зростання на всіх рівнях економічної системи. Впровадження технологічних новацій, нових розробок продукції та послуг, розвиток інтелектуального капіталу значною мірою забезпечують конкурентні переваги суб'єктів господарювання як на внутрішніх ринках, так і у глобальному масштабі.

Інноваційність є сутнісною характеристикою сучасного бізнесу, яка відображає орієнтацію на імплементацію нових ідей, реалізацію технологій, виготовлення нових продуктів та надання послуг, пошук нових ринкових сегментів, Інновації є фундаментом, що забезпечує утримання високого рівня конкурентоспроможності та ефективності суб'єктів господарювання.

Інвестування в інновації забезпечує створення високотехнологічної структури економіки, тому активізація інноваційної діяльності є одним із найбільш важливих завдань економічного розвитку. Результатом таких трендів став перехід світової економіки до укладу «Industry 4.0», орієнтованого на автоматизоване виробництво з широким використанням цифрових технологій в усіх виробничих та управлінських процесах.

Серед найбільш важливих завдань національної регіональної політики потрібно відзначити орієнтацію на розвиток регіонів України на основі повсюдного впровадження інновацій. Для досягнення цієї мети необхідно урахувати типологію регіонів за інноваційною проблемністю та розробити комплекс заходів стосовно кожного типу регіонів. Як зазначено в Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року [1], необхідно «...визначити регіональні пріоритетні напрями на основі підходів смарт-спеціалізації та запустити пілотні проекти, спрямовані на створення системи взаємозв'язків та взаємопідтримки регіонів із різним рівнем промислового розвитку».

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні реалії розвитку національної економічної системи актуалізують питання повоєнного відновлення економіки країни, зокрема, і в напрямку активізації інноваційної діяльності. Ми погоджуємось з думкою І. Яцкевич [2], що «у повоєнний період інноваційна діяльність України має інтегруватися з інвестуванням в інноваційні процеси на основі реалізації інноваційної політики. Ця політика має активізувати інновації та реалізовувати системні інструменти модернізації економіки в умовах кризи, на базі фундаментальних положень

економічної науки та активізації внутрішніх і зовнішніх факторів соціально-економічного розвитку країни при взаємодії із європейською інноваційною екосистемою».

Вирішення питань інноваційного розвитку регіонів України відображають дослідження вітчизняних науковців, зокрема, Г.М. Мельниченко, С.П. Білоус [3], С.А. Яремко [4], Довба І.М. [5] та багато інших. В них розглядаються питання обґрунтування моделей інноваційного розвитку регіонів, підходи до розроблення інноваційних стратегій розвитку, проблеми, що перешкоджають запровадженню інноваційних моделей розвитку на сучасному етапі. Значна увага в роботах науковців приділяється застосуванню сучасного аналітичного інструментарію при дослідженні інноваційних процесів на регіональному рівні, зокрема, для вирішення завданні групування регіонів на показники інноваційного розвитку [6-12]. Разом з тим, високо оцінюючи отримані цими науковцями результати, відзначимо, що питанням використання методів багатомірного статистичного аналізу, зокрема, дискримінантного аналізу, приділено недостатньо уваги.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою дослідження є групування регіонів України за результатами інноваційної діяльності шляхом застосування дискримінантного аналізу.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

При дослідженні економічних процесів та явищ, які описуються сукупністю показників у багатомірному просторі, важлива роль належить класифікації. Вона сприяє від емпіричного накопичення знань на рівень теоретичного синтезу. Під класифікацією розуміють систему знань, поняття якої означають впорядковані групи, за якими розподілені об'єкти деякої предметної області на підставі їх схожості за певними властивостями [13]. При цьому вирішуються такі завдання: перше – це представлення у зручному для огляду і розпізнавання вигляді об'єкти досліджуваної сукупності; друге – зберегти основу інформації про них та їх взаємне розташування у багатомірному просторі показників.

Використаємо метод класифікації для групування областей України за показниками інноваційного розвитку. Інформаційною базою слугуватимуть матеріали Державної служби статистики України [14]/ При цьому обмежимося даними за два останні періоди, відібрані для дослідження, а саме за 2021 рік і 2022 рік. В якості класифікаційних показників оберемо такі: X_1 – показник кількості осіб, зайнятих у наукових дослідженнях, і X_2 – показник обсягу витрат на наукові дослідження. Враховуючи неповноту наявних даних для всіх областей, використаємо такий підхід. Для тих областей, для яких наявні всі дані відібраних показників, здійснимо класифікацію, використовуючи візуальний аналіз даних їх розташування у двовимірному просторі. Для областей, для яких мають місце пропуски, здійснимо екстраполяцію даних за допомогою методу середнього темпу росту. В якості цього означення оберемо середній темп росту відповідного показника за сукупними даними по Україні. Подальшу класифікацію цих областей здійснимо за методом дискримінантного аналізу, використовуючи в якості навчальної вибірки результати класифікації областей з наявними всіма даними. При цьому вилучимо Донецьку і Луганську області, оскільки на даний час значна частина їх територій знаходиться під окупацією; і Запорізьку область, для якої повністю відсутні дані за другим показником.

Вихідні дані для проведення розрахунків для областей з наявними всіма даними – занесемо до таблиці 1, для областей з екстрапольованими даними – до таблиці 2, а стандартизовані дані для кожної з груп областей – до таблиць 3 та 4 відповідно. Для вилучення впливу одиниць вимірювання показників на результати групування проведемо процедуру стандартизації показників, використовуючи основні характеристики вибіркової сукупності даних – вибіркоче середнє і вибіркоче середньоквадратичне відхилення. Стандартизацію використаємо за правилом [13]:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{X}_j}{s_j}, \quad (1)$$

де y_{ij} – стандартизоване значення показника, виміряне за j -тим показником для i -тої області;

x_{ij} – вихідне значення показника, виміряне за j -тим показником для i -тої області;

\bar{X}_j – середнє значення за j -тою вихідним показником;

s_j – стандартне відхилення j -того показника.

Перетворені за формулою (1) показники будуть мати вибіркове середнє, рівне 0, і стандартне відхилення, рівне 1.

Для зручності відображення даних на діаграмах кожній з областей, які включені для дослідження, присвоїмо відповідний код. Ці позначені кодів включимо в таблиці 1 і 2. В усіх подальших таблицях будемо використовувати лише коди областей.

Таблиця 1

Вихідні дані для областей з наявними всіма даними

Область	Код області	Значення показників			
		2021 р.		2022 р.	
		X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
Вінницька	Обл_1	457	67,5	444	76,8
Волинська	Обл_2	106	11,3	99	10,7
Дніпропетровська	Обл_3	6314	2091,7	5765	1831,1
Житомирська	Обл_4	334	26,9	597	30,5
Закарпатська	Обл_5	511	117,8	494	83,4
Івано-Франківська	Обл_6	376	58,6	324	39,6
Київська	Обл_7	1382	328,2	1219	285,0
Львівська	Обл_8	4177	661,0	3567	512,4
Миколаївська	Обл_9	1581	435,7	1235	165,2
Одеська	Обл_10	1926	345,9	1714	284,0
Полтавська	Обл_11	397	45,9	320	43,3
Рівненська	Обл_12	165	14,9	179	15,9
Сумська	Обл_13	1097	176,8	933	134,8
Тернопільська	Обл_14	458	41,7	425	36,0
Харківська	Обл_15	7763	1929,3	3829	1250,2
Черкаська	Обл_16	514	122,3	438	66,0
Чернівецька	Обл_17	467	134,8	451	112,5
Чернігівська	Обл_18	278	79,0	254	55,1

Таблиця 2

Вихідні дані для областей з екстрапольованими даними

Область	Код області	Значення показників			
		2021 р.		2022 р.	
		X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
Кіровоградська	Обл_19	78	13,1	69	13,2
Хмельницька	Обл_20	353	19,4	310	19,6
Херсонська	Обл_21	209	68,7	209	69,1

Таблиця 3

Стандартизовані дані для областей з наявними всіма даними

Код області	Значення показників			
	2021 р.		2022 р.	
	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂
Обл_1	-0,50	-0,52	-0,51	-0,44
Обл_2	-0,66	-0,61	-0,73	-0,58
Обл_3	2,13	2,74	2,90	3,17
Обл_4	-0,56	-0,58	-0,41	-0,54
Обл_5	-0,48	-0,44	-0,48	-0,43
Обл_6	-0,54	-0,53	-0,58	-0,52
Обл_7	-0,09	-0,10	-0,01	-0,01
Обл_8	1,17	0,44	1,49	0,45
Обл_9	0,00	0,07	0,00	-0,26
Обл_10	0,16	-0,07	0,30	-0,02
Обл_11	-0,53	-0,55	-0,59	-0,51
Обл_12	-0,63	-0,60	-0,68	-0,57
Обл_13	-0,21	-0,34	-0,20	-0,32
Обл_14	-0,50	-0,56	-0,52	-0,53
Обл_15	2,78	2,48	1,66	1,97
Обл_16	-0,48	-0,43	-0,51	-0,46
Обл_17	-0,50	-0,41	-0,50	-0,37
Обл_18	-0,58	-0,50	-0,63	-0,49

Таблиця 4

Стандартизовані дані для областей з екстрапольованими даними

Код області	Значення показників			
	2021 р.		2022 р.	
	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂
Обл_19	-0,67	-0,53	-0,75	-0,75
Обл_20	-0,55	-0,53	-0,59	-0,59
Обл_21	-0,61	-0,43	-0,66	-0,66

Графічно області України в просторі відібраних показників відображені на рисунках 1. (2021 рік) і 2 (2022 рік). З рисунків видно, що можна виділити два скупчення областей: до першого належать Дніпропетровська і Харківська області, а до другого – всі інші області. При цьому Львівська область розташована між скупченнями і візуально неможливо визначити, до якого скупчення її варто віднести. Тому при проведенні подальшої класифікації іншої сукупності областей України за допомогою дискримінантного аналізу включимо в цю сукупність і Львівську область.

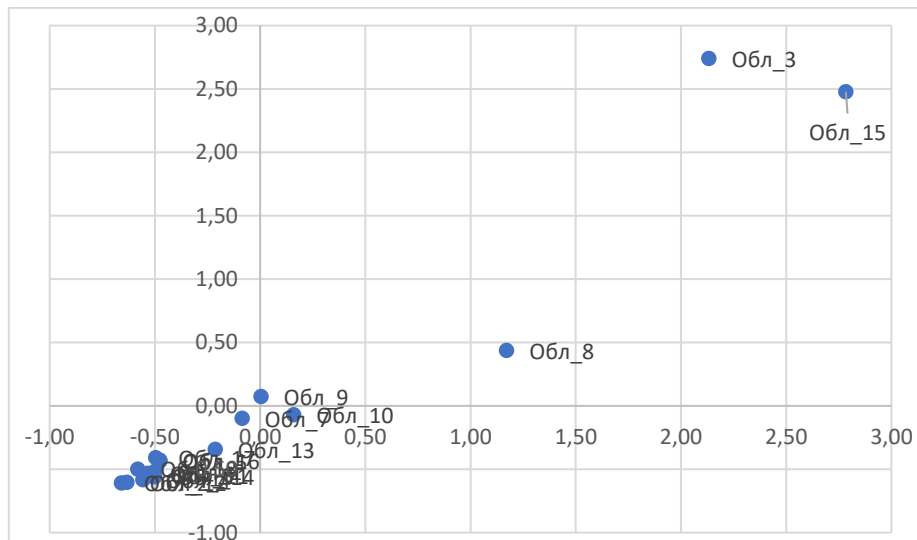


Рис. 1. Розташування областей України в просторі стандартизованих показників за даними 2021 р.

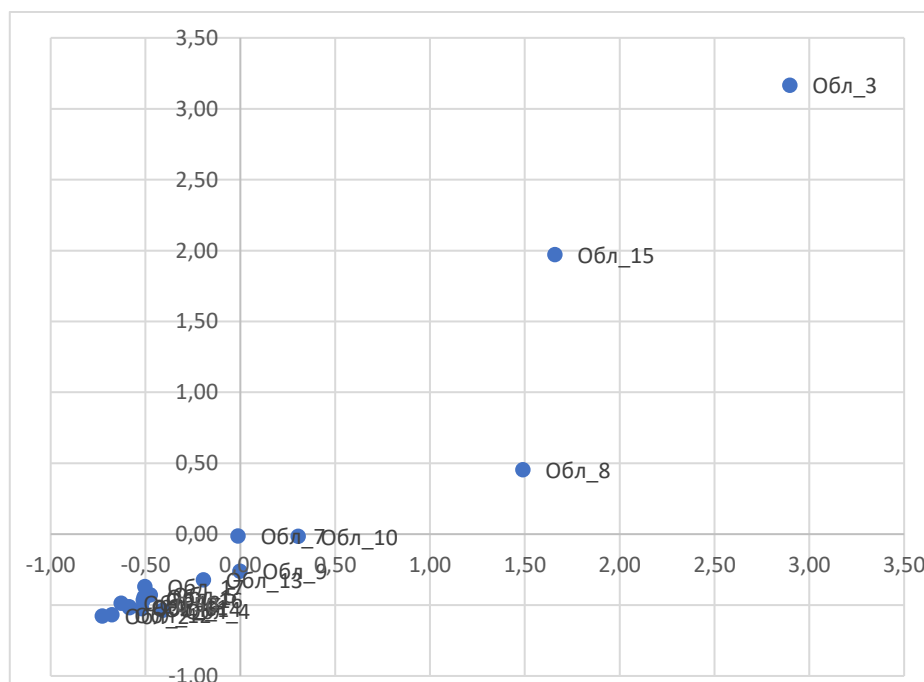


Рис. 2. Розташування областей України в просторі стандартизованих показників за даними 2022 р.

Дискримінантну функцію будемо шукати у вигляді:

$$f(y) = a_1 Y_1 + a_2 Y_2, \quad (2)$$

де a_1 і a_2 – коефіцієнти дискримінантної функції;

Y_1 та Y_2 – стандартизовані дискримінантні змінні.

Коефіцієнти дискримінантної функції знайдемо за формулою [10]:

$$A = S^{-1} (\bar{Y}^{(1)} - \bar{Y}^{(2)}), \quad (3)$$

де S^{-1} – матриця, обернена до узагальненої коваріаційної матриці стандартизованих показників;

$\bar{Y}^{(1)}$ та $\bar{Y}^{(2)}$ – середні значення стандартизованих показників для кожного скупчення областей.

Класифікацію нових областей проведемо за такою процедурою. Спочатку визначимо межу, яка розділить виділені сукупності. В ролі величини, що визначає цю межу, може бути значення функції, рівновіддалене від середніх значень функції дискримінації для кожного скупчення областей \bar{f}_1 та \bar{f}_2 :

$$c = \frac{\bar{f}_1 + \bar{f}_2}{2}. \quad (4)$$

Величина c називається константою дискримінації. На наступному кроці обчислюються значення дискримінантної функції для областей з другої групи, які потрібно класифікувати. Якщо ці значення більші за c , то нова область відноситься до скупчення з більшими середніми значеннями показників, інакше до іншого.

В даному випадку значення узагальненої коваріаційної матриці та оберненої до неї наведені в таблицях 5 та 6.

Таблиця 5

Узагальнена коваріаційна матриця та обернена до неї за даними 2021 р.

Узагальнена коваріаційна матриця		Обернена матриця до узагальненої коваріаційної матриці	
0,976778	0,99654	30,93798	-29,321
0,996542	1,0515	-29,3209	28,7394

Таблиця 6

Узагальнена коваріаційна матриця та обернена до неї за даними 2022 р.

Узагальнена коваріаційна матриця		Обернена матриця до узагальненої коваріаційної матриці	
0,92375	0,97243	42,7518	-39,583
0,97243	1,05027	-39,583	37,6017

Різниці середніх значень по кожному з досліджуваних стандартизованих показників по кожному виділеному скупченню областей України занесемо до таблиці 7.

Таблиця 7

Середні значення показників

2021 рік		2022 рік	
$\bar{Y}^{(1)}$	$\bar{Y}^{(2)}$	$\bar{Y}^{(1)}$	$\bar{Y}^{(2)}$
2,86	3,02	0,42	0,45

В результаті отримаємо такі дискримінантні функції:

для 2021 року: $f_{2021} = 0,032 Y_1 + 0,032 Y_2$;

для 2022 року: $f_{2022} = 0,063 Y_1 + 0,064 Y_2$.

Значення констант дискримінації відповідно дорівнюють:

$$c_{2021} = 0,068;$$

$$c_{2021} = -0,02$$

Класифікуємо нові області до скупченням. Для цього обчислимо значення дискримінантної функції за значеннями відібраних показників і порівняємо з константою дискримінації. Якщо значення функції вище за значення константи дискримінації, то відповідну область віднесемо до першого скупчення, інакше – до другого. Результати класифікації відобразимо в таблиці 8.

Таблиця 8

Код області, що класифікується	2021 р.		2022 р.	
	Значення функції	Скупчення	Значення функції	Скупчення
Обл_8	0,051	2	0,124	1
Обл_19	-0,038	2	-0,085	2
Обл_20	-0,034	2	-0,074	2
Обл_21	-0,033	2	-0,071	2

Таким чином, у 2021 році всі нові області варто віднести до групи областей з низьким значенням дискримінантної функції, а отже, і низкою інноваційною активністю. У 2022 році Львівську область потрібно віднести до групи регіонів з високою інноваційною активністю, а Кіровоградську, Хмельницьку, Херсонську – до областей з низькою інноваційною активністю.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

В статті проведено групування областей України шляхом застосування дискримінантного аналізу. Результати розрахунків показали, що переважна більшість областей, крім Дніпропетровської та Харківської, відносяться до регіонів з низькою інноваційною активністю підприємств. Це свідчить про певні недоліки регіональної політики, а також «перекося» в реалізації інноваційних програм розвитку.

Застосування запропонованого авторами інструментарію для економіко-математичного моделювання інноваційної діяльності розширює науково-методичний інструментарій щодо оцінювання розвитку інноваційних процесів на регіональному рівні, виявлення поточних та стратегічних проблем організації інноваційної діяльності. Отримані результати бути використані органами державного управління при перегляді програм інноваційного регіонального розвитку та оновленні Стратегій розвитку областей України.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Стратегія розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/526-2019-%D1%80#Text>
2. Яцкевич І. Інноваційна політика України у післявоєнний період. *Економіка та суспільство*. 2022. № 39. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-53>
3. Мельниченко Г.М., Білоус С.П. Інноваційний розвиток регіону як складова частина загальної стратегії національного розвитку. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2020. Т. (70). № 1. С. 170-174. URL: https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/31_70_1/31.pdf
4. Яремко С.А. Інноваційний розвиток регіону та шляхи його забезпечення. Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України. 2020. Вип. 6 (146). С. 76-82. URL: [https://ird.gov.ua/sep/sep20206\(146\)/sep20206\(146\)_076_YaremkoL,YaremkoS.pdf](https://ird.gov.ua/sep/sep20206(146)/sep20206(146)_076_YaremkoL,YaremkoS.pdf)
5. Довба І.В. Теоретичні основи інноваційного розвитку регіону. Причорноморські економічні студії. 2018. Вип. 30-1. С. 135-139. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/26153>
6. Григорук П., Пайонк О., Хрущ В. Інноваційно орієнтовані соціально-економічні системи як об'єкт моделювання. *Modeling the development of the economic systems*. 2022. №3. с. 146-152. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2022-3-17>. URL: <https://mdes.khmn.edu.ua/index.php/mdes/article/view/43/35>
7. Горященко Ю.Г. Застосування кластерного аналізу для оцінки інноваційного розвитку соціально-економічних систем. *Entrepreneurship and Trade*. 2021. № 30, С. 25-32. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/pidpr-torgi/article/view/938/889>

8. Іртищева І.О., Стегней М.І., Михайлов М.С. Методичні підходи до оцінки рівня інноваційного розвитку регіону. *Економіка і суспільство*. 2018. Вип. 16. С. 586-593. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/16_ukr/89.pdf
9. Лісовська Л. С. Кластерний аналіз показників співпраці з питань інновацій в Україні. *Економічні науки*. Серія «Регіональна економіка». 2020. Вип. 17. С. 137-150. DOI: [10.36910/2707-6296-2020-17\(67\)-15](https://doi.org/10.36910/2707-6296-2020-17(67)-15)
10. Щур Р. І., Плець І. І., Микитюк О. В. Кластерний аналіз розподілу регіонів України за рівнем інноваційного розвитку. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2017. Вип. 13(1). С. 111-122. DOI: [10.15330/apred.1.13.111-122](https://doi.org/10.15330/apred.1.13.111-122)
11. Yermak S. O. Cluster analysis of the regions of Ukraine according to key indicators of the level of innovative development. *Development economics*. 2017. № 1, 3 (83), Pp. 34-43. DOI: [10.31767/su.4\(83\)2018.04.04](https://doi.org/10.31767/su.4(83)2018.04.04)
12. Григоруку П.М., Хрущ Н. А. Інтегральне оцінювання рівня та динаміки інноваційного потенціалу регіону. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2016. №3. С. 109-129. ISSN 2218-4511 . URL: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2016/3/109-129>
13. Григоруку П. М. Теоретико-методологічні засади економіко-математичного моделювання процесів прийняття маркетингових рішень : монографія. Хмельницький : ХмЦНП, 2014. 344 с. ISBN 978-617-683-027-6.
14. Державна служба статистики України URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

REFERENCES:

1. Stratehija rozvytku sfery innovacijnoji dijajlnosti na period do 2030 roku. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/526-2019-%D1%80#Text>
2. Yatskevych I. Innovacijna polityka Ukrajinu u pisljavojenyj period. *Ekonomika ta suspil'stvo*. 2022. № 39. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-53>
3. Mel'nychenko H.M., Bilous S.P. Innovacijnyj rozvytok rehionu jak skladova chastyna zahal'noї stratehii nacional'nogo rozvytku. Vcheni zapysky TNU imeni V. I. Vernads'kogo. Seriya: Ekonomika i upravlinnya. 2020. T. (70). № 1. S. 170-174. URL: https://www.econ.vernadskyjournals.in.ua/journals/2020/31_70_1/31.pdf
4. Yarebko S.A. Innovacijnyj rozvytok rehionu ta shlyakhy joho zabezpechennya. *Sotsial'no-ekonomichni problemy suchasnogo periodu Ukrajinu*. 2020. Vyp. 6 (146). S. 76-82. URL: [https://ird.gov.ua/sep/sep20206\(146\)/sep20206\(146\)_076_YarebkoL,YarebkoS.pdf](https://ird.gov.ua/sep/sep20206(146)/sep20206(146)_076_YarebkoL,YarebkoS.pdf)
5. Dovba I.V. Teoretychni osnovy innovacijnoho rozvytku rehionu. *Prychornomors'ki ekonomichni studii*. 2018. Vyp. 30-1. S. 135-139. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/26153>
6. Hryhoruk P., Pajonk O., Khrushch V. Innovacijno orientovani sotsial'no-ekonomichni systemy jak ob'ekt modeljuvannya. *Modeling the development of the economic systems*. 2022. №3. s. 146-152. DOI: DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2022-3-17>. URL: <https://mdes.khmnpu.edu.ua/index.php/mdes/article/view/43/35>
7. Horjans'ko Y.H. Zastosuvannya klasternoho analizu dlya otsinky innovacijnoho rozvytku sotsial'no-ekonomichnykh system. *Entrepreneurship and Trade*. 2021. № 30, S. 25-32. URL: <http://journals-lute.lviv.ua/index.php/pidpr-torgi/article/view/938/889>
8. Irtysheva I.O., Stehnej M.I., Mykhajlov M.S. Metodychni pidkhody do otsinky rivnya innovacijnoho rozvytku rehionu. *Ekonomika i suspil'stvo*. 2018. Vyp. 16. S. 586-593. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/16_ukr/89.pdf
9. Lisovska L.S. Klasternyj analiz pokaznykiv spivpratsi z pytan' innovacij v Ukrajinu. *Ekonomichni nauky*. Seriya «Rehional'na ekonomika». 2020. Vyp. 17. S. 137-150. DOI: [10.36910/2707-6296-2020-17\(67\)-15](https://doi.org/10.36910/2707-6296-2020-17(67)-15)
10. Shchur R.I., Plets' I.I., Mykytjuk O.V. Klasternyj analiz rozpodilu rehioniv Ukrajinu za rivnem innovacijnoho rozvytku. *Aktual'ni problemy rozvytku ekonomiky rehionu*. 2017. Vyp. 13(1). S. 111-122. DOI: [10.15330/apred.1.13.111-122](https://doi.org/10.15330/apred.1.13.111-122)
11. Yermak S. O. Cluster analysis of the regions of Ukraine according to key indicators of the level of innovative development. *Development economics*. 2017. № 1, 3 (83), Pp. 34-43. DOI: [10.31767/su.4\(83\)2018.04.04](https://doi.org/10.31767/su.4(83)2018.04.04)
12. Hryhoruk P.M., Khrushch N.A. Integral'ne otsynuyvannya rivnya ta dynamiky innovacijnoho potentsialu rehionu. *Marketing i menedzhment innovatsij*. 2016. №3. S. 109-129. ISSN 2218-4511. URL: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2016/3/109-129>
13. Hryhoruk P.M. Teoretyko-metodolohichni zasady ekonomiko-matematychnogo modeljuvannya protsesiv priinyattya marketyngovykh rishen': monohrafiya. *Khmel'nyts'kyj: KhmITSNII*, 2014. 344 s. ISBN 978-617-683-027-6.
14. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrajinu URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

MATHEMATICAL MODEL OF CLUSTERING UKRAINIAN REGIONS BY INNOVATIVE DEVELOPMENT INDICATORS

HRYHORUK Pavlo, TKACHENKO Ivan, PETRUSHANSKY Nikita
Khmelnitskyi National University

The article is dedicated to solving the problem of clustering the regions of Ukraine based on innovative development indicators, which is an important tool for assessing economic processes at the regional level. Evaluating innovation activity and the innovative performance of enterprises is a key element in the study of economic systems, as these aspects directly influence competitiveness, economic growth, and sustainable development. The article discusses the main approaches to classifying regions by their level of innovative development, and analytical methods are applied, including discriminant analysis, which allows identifying the most significant innovative factors for each region.

Discriminant analysis was chosen due to its ability to classify units (in this case, regions) based on several variable indicators. A number of indicators were selected to represent scientific and technological potential, investment in innovation, and the effectiveness of innovation activity of enterprises. However, given the limited access to data, indicators reflecting the potential for conducting scientific research and implementing innovations in the regions of Ukraine were prioritized.

The results of the analysis revealed that most Ukrainian regions are characterized by low innovation activity among enterprises, which points to significant issues in the system supporting innovative development. Specifically, this indicates deficiencies in regional innovation development strategies, which are not always effective in stimulating enterprises to implement the latest technologies and developments. It was determined that regions with high innovation potential have significant disparities in the levels of support for innovation activity, which requires adjustments in state and regional policies to enhance innovation activity at the local level.

The conclusions drawn allow for the formulation of recommendations to improve regional development strategies, focusing them on creating favorable conditions for innovation activity, increasing scientific and technological potential, and stimulating enterprises to implement innovations. These proposals are based on a detailed analysis and justification of innovation priorities for each region of Ukraine, which will contribute to increasing the effectiveness of economic policies at the regional level.

Keywords: *model, innovative development, regional strategies, economic systems, clustering.*