СТАТИСТИКА

УДК 331:330.4:338.1
DOI: https://doi.org/10.32782/easterneurope.38-13

МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ: КРИТИЧНИЙ ОГЛЯД

METHODS OF STATISTICAL MODELING OF ECONOMIC PROCESSES: A CRITICAL OVERVIEW

Вдовин М.Л.
кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри статистики,
Львівський національний університет імені Івана Франка
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7699-9744

Vdovyn Mariana
Ivan Franko National University of Lviv

У статті розглянуто різні методи моделювання економічних процесів, зокрема методи багатовимірної статистики, такі як кластерний аналіз, багатовимірне ранжування, таксономічний аналіз, множинна регресія та кореляція, дискримінантний аналіз, багатовимірне шкалювання тощо. Методи статистичного моделювання систематизовано та візуалізовано. Коротко охарактеризовано сутність методів багатовимірної статистики та вказано певні особливості цих методів, передумови до їх використання тощо. Наведено приклад використання одного з методів статистичного моделювання, а саме таксономічного аналізу на регіональному рівні. Здійснено розрахунок таксономічних показників розвитку регіонів України, а також виділено регіони-лідери та регіони-аутсайдери за результатами таксономічного аналізу.

Ключові слова: *статистичне моделювання, економічна система, економічні явища та процеси, методи моделювання, багатовимірна статистика, таксономічний аналіз.*

The article discusses various methods of modeling economic processes, in particular methods of multidimensional statistics, such as cluster analysis, multidimensional ranking, taxonomic analysis, multiple regression and correlation, discriminant analysis, multidimensional scaling, etc. Methods of statistical modeling are systematized and visualized. The variety of methods of modeling economic processes requires their systematization and comparative analysis. A critical overview of multidimensional statistical methods and methods used to analyse one-dimensional economic processes helps researchers understand which modeling method to choose and which prerequisites for using the method should be considered. The essence of the methods of multidimensional statistics is briefly described and certain features of these methods, prerequisites for their use, etc. are indicated. An example of the use of one of the methods of statistical modeling, taxonomic analysis at the regional level, is given. The taxonomic indicators of the development of the regions of Ukraine were calculated, as well as the leader regions and outsider regions were selected based on the results of the taxonomic analysis. The article states that taxonomic analysis can also be attributed to the group of classification methods, since in the process of applying the method, elements are not simply ordered, but also search for distances to the standard vector, which is already a sign of clustering. The taxonomic analysis of the regions of Ukraine was carried out according to such indicators as capital investments, foreign trade turnover, the unemployment rate and the number of active business entities. Standardization of indicators was carried out using the range of variation, taking into account stimulating indicators and destimulating indicators. Thus, it can be clearly seen that the leading regions mostly include those regions that are industrially developed, and the outsider regions are those areas that require additional capital investments. The results and recommendations are presented for the year 2021, since in February 2022 a full-scale russian invasion of the territory of Ukraine took place.

Keywords: *statistical modeling, economic system, economic phenomena and processes, modeling methods, multidimensional statistics, taxonomic analysis.*

Постановка проблеми. Економічні системи є дуже різноманітними і кожна з них має певні особливості. Важливо не лише фахово оцінити чинники впливу на ту, чи іншу систему, показники, які впливають на різні економічні процеси, але й вміти вдало підібрати конкретний метод моделювання, який допоможе дослідити різні статистичні сукупності з урахуванням передумов використання цих методів та особливостей моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням питань моделювання економічних явищ та процесів займалося багато науковців. Зокрема, методи моделювання бізнес-процесів розглянуто у [1], про багатокритеріальне моделювання при ухваленні рішень описано у [2], а про економетричні методи у [3]. Різні методи багатовимірної статистики знайшли своє відображення у низці наукових праць, зокрема метод головних компонент використано у [4], дискримінантний аналіз у [5], багатовимірне ранжування у [6], множинна регресія та множинний кореляційний аналіз у [7; 8], таксономічний аналіз у [9; 10], кластерний у [11; 12]. Слід також зазначити, що велику увагу авторів зосереджено на економічному розвитку країн, регіонів, суб'єктів бізнесу. Панчишин Т. В. у [13] розглядає інвестування в людський капітал як можливість забезпечення сталого економічного зростання країни. Драченко А. та Юрчишина Л. у [14] використали вертикальний, горизонтальний та кореляційно-регресійний аналіз для оцінювання та моделювання діяльності підприємств. Чі-Вей Су та співавтори у [15] описують безробіття, яке є одним з дестимуляторів економічного розвитку, у країнах Європи та вплив COVID-19 на нього. Очевидно, що економічні системи дуже динамічні, а явища і процеси, які відбуваються в економічному житті кран потребують постійного відстеження. На нашу, думку важливо розглянути сукупність методів статистичного моделювання, які допоможуть дослідити функціонування будь-якої економічної системи.

Постановка завдання. Метою дослідження є огляд різних методів моделювання економічних явищ та процесів та їх систематизація. Важливим є також розгляд прикладу застосування одного з методів, таксономічного аналізу, для дослідження та моделювання економічних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтелектуальним інструментом дослідження та моделювання економічних систем є методи багатовимірної статистики. Самі ці методи дозволяють аналізувати реальні економічні явища та процеси, які характеризуються великою сукупністю ознак. Ознакова множина для дослідження представлена матрицею, у якій певні об'єкти оцінюють за різними критеріями, показниками тощо. До даної групи методів відносять методи: багатовимірного ранжування та таксономії (інтегральне оцінювання, таксономічний аналіз); багатовимірної класифікації (кластерний аналіз, дискримінантний аналіз); багатовимірного шкалювання; множинної регресії та кореляції; компонентного аналізу (метод головних компонент); дисперсійного аналізу тощо.

Крім методів багатовимірної статистики, серед методів статистичного моделювання виділяють також і методи, які дозволяють аналізувати одновимірні процеси. До них відносять парний кореляційний та регресійний аналізи, однофакторний дисперсійний аналіз, несиметричні кореляційні методи тощо. Візуально систематизацію методів статистичного моделювання можна представити на рис. 1.

Звісно, що кожен з наведених методів має свої переваги і недоліки, а також певні передумови до їх використання. Наприклад, дискримінантний аналіз допомагає віднести нові об'єкти до виділених груп, кластерів чи таксонів, однак його не можна застосовувати, якщо в певному кластері є лише один елемент. На практиці такі ситуації трапляються доволі часто. Це пов'язано з тим, що певні елементи економічні системи суттєво різняться від решти елементів, тому при процедурі кластеризації потрапляють в окремий кластер. Кластеризація з таким результатом проілюстрована у [12]. Очевидно, що є причини, чому Угорщина потратила в окремий кластер серед країн ЦСЄ, але якщо б потрібно було здійснювати дискримінантний аналіз на основі утворених кластерів, то цього не можна було б зробити, бо вимоги до вхідних даних були б не виконані. Тобто, варто пам'ятати, що для різних методів є різні вимоги до вхідних даних і зважати на це при використанні конкретного методу моделювання економічних процесів.

Методи кластеризації важливі тоді, коли економічна система складається з неоднорідних елементів. У такому випадку використання багатьох методів статистичного аналізу є некоректним, а власне процедури кластеризації допомагають вирішити цю проблему, бо розбивають сукупність на певні групи, яким характерна наявність однорідних елементів і можливість застосування методів багатовимірної статистики.

Багатовимірне ранжування дає можливість упорядкувати елементи економічної системи за ступенем важливості враховуючи різні ознаки одночасно. Однак, важто зазначити, що результат дуже залежить від обраного способу стандартизації показників, тому іноді доцільно стандартизувати вхідні дані різними способами та співставляти отримані результати.

Множинна кореляція допомагає визначити тісноту впливу багатьох чинників на результат, а множинна регресія з'ясувати аналітичний вираз моделі, у якій враховано цей вплив. Проблемою є наявність мультиколінеарності,

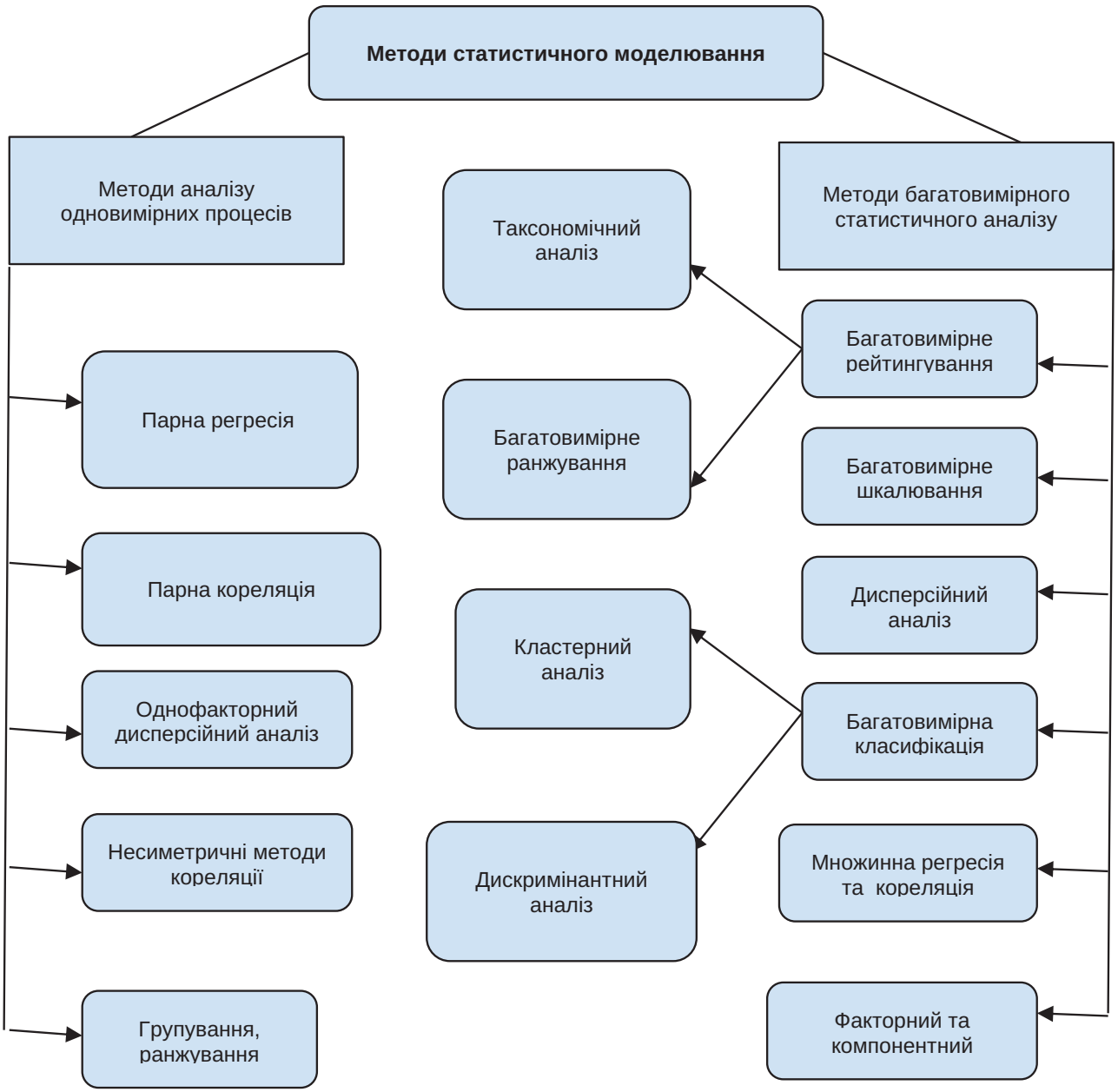

Рис. 1. Систематизація методів статистичного моделювання

Джерело: побудовано автором

тому завжди необхідно перевіряти наскільки чинникові ознаки скорельовані між собою.

Компонетний аналіз, зокрема метод головних компонет, надзвичайно корисний у дослідженні будь-яких економічних процесів, допомагає визначити взаємозв'язки між різними елементами економічної системи та виявляти приховані чинники (фактори), існування лінійних статистичних кореляцій між показниками тощо, однак він не завжди ефективно зменшує розмірність матриці вхідної інформації.

Методи багатовимірного шкалювання використовують для візуалізації віддаленості в просторі, вони дають можливість пошуку схожих елементів економічної системи та дозволять графічно представити зв'язки між ними. Дуже корисні у маркетингових дослідження, що проілюстровано у [16] та мають перевагу над багатьма методами факторного аналізу, бо можуть бути використані для об'єктів будь-якої природи, до різних шкал ознак.

Дисперсійний багатофакторний аналіз допомагає вирішити такі завдання: оцінити відмінності між груповими середніми економічної системи; вивчити можливості взаємодії різних чинників та перевірити істотність відмінностей між парами середніх значень показників економічних процесів. У практичному застосуванні

дисперсійного аналізу важливо обрати правильну його форму, зважаючи на структуру та природу самої економічної системи.

Слід зазначити, що таксономічний аналіз можна відносити і до групи методів класифікації, оскільки у процесі застосування методу елементи не просто впорядковують, але й здійснюють пошук віддалей до вектора-еталону, а це вже ознака кластеризації.

На нашу думку, доцільно представити приклад застосування таксономічного аналізу для ілюстрації використання одного з методів статистичного моделювання. Для аналізу обрано регіони України, які оцінюватимемо за показниками економічного розвитку. Метою дослідження є визначення місця кожного регіону серед інших регіонів України.

Таксономічний аналіз регіонів України здійснено за такими показниками, як капітальні інвестиції (тис. грн), зовнішньоторговельний оборот (тис дол США), рівень безробіття (%) та кількість діючих суб'єктів бізнесу. Стандартизацію показників проведено за допомогою розмаху варіації, причому було враховано, що рівень безробіття – це дестимулятор, решта показників – стимулятори. Відстань до вектора-еталону розраховано за допомогою Евклідової віддалі. Результати таксономічного аналізу по 10 регіонах-лідерах та 10 регіонах аутсайдерах представлено у табл. 1. Щодо решти регіонів, слід зазначити, що Сумська і Харківська посіли 11 та 12 позиції відповідно, Рівненська, Полтавська та Черкаська були 13, 14 та 15 у рейтингу.

Варто зазначити, що Автономна Республіка Крим у дослідженні не врахована, оскільки з 2014 року її анексовано росією. Результати Донецької та Луганської областей представлені без врахування окупованих територій.

Цілком очевидним, було те, що м. Київ став лідером. Іноді дослідники не враховують м. Київ у аналізі економічних систем, оскільки в Україні лише два міста зі спеціальним статусом: Київ та Севастополь, а останнє знаходиться на анексованій території, тому не може бути враховане у статистичних дослідженнях. Однак, на нашу думку, все ж важливо оцінити стан речей і у столиці нашої держави. До топ-5 лідерів також увійшли: Дніпропетровська, Київська, Донецька та Чернівецька області. Вважаємо, що Донецька потрапила через досить велику кількість суб'єктів бізнесу, які були враховані у рейтингуванні, а Чернівецька через відносно низький рівень безробіття, принаймні у порівнянні з іншими регіонами. Серед регіонів аутсайдерів – Херсонська, Луганська, Закарпатська, Житомирська та Вінницька. Вочевидь, очільникам цим регіонів варто звернути увагу на можливості покращення інвестиційного клімату для збільшення обсягу капітальних інвестицій та зменшення рівня безробіття.

Висновки. Різноманітність методів моделювання економічних процесів потребує їх систематизації та компаративного аналізу. Критичний огляд методів багатовимірної статистики та методів, які використовують для аналізу одновимірних економічних процесів, допомагає дослідникам зрозуміти, який конкретно метод моделювання обрати та на які передумови використання методу слід звернути увагу.

Оцінивши стан та розвиток економічного стану регіонів України за допомогою таксономічного аналізу, можна чітко простежити, що до регіонів-лідерів здебільшого увійшли ті регіони, які є промислово розвиненими, а регіони-аутсайдери – це ті області, які потребують додаткових капіталовкладень. Очевидно, що результати представлено за 2021 рік, тому усі рекомендації були б доцільні та корисні, якби у лютому 2022 не відбулось повномасштабне вторгнення росії на територію України. В умовах війни важливо зберегти макроекономічну стабільність, спробувати зменшити тиск на валютному ринку та розробити чіткі плани відбудови держави після завершення війни.

Таблиця 1

Регіони-лідери та регіони-аутсайдери за таксономічними показниками економічного розвитку у 2021 році

Регіони-лідери України	Таксономічний показник	Ранг	Регіони-аутсайдери України	Таксономічний показник	Ранг
Дніпропетровська	0,799	2	Вінницька	0,422	25
Донецька	0,538	4	Волинська	0,474	17
Запорізька	0,497	8	Житомирська	0,447	24
Івано-Франківська	0,488	10	Закарпатська	0,453	22
Київська	0,574	3	Кіровоградська	0,476	16
Львівська	0,493	9	Луганська	0,449	23
Миколаївська	0,507	6	Тернопільська	0,468	18
Одеська	0,499	7	Херсонська	0,453	21
Чернівецька	0,514	5	Хмельницька	0,468	19
м. Київ	1,000	1	Чернігівська	0,465	20

Джерело: побудовано автором за даними [17]

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Параниця Н. В., Параниця С. П., Буличов О. С. Методологія моделювання бізнес-процесів. *Економіка та держава*. 2022. № 3. С. 59–62.

2. Ahmet Selcuk Yalcin, Huseyin Selcuk Kilic, Dursun Delen. The use of multi-criteria decision-making methods in business analytics: A comprehensive literature review. *Technological Forecasting and Social Change*. Volume 174. 2022. 121193. ISSN 0040-1625. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121193.

3. Зомчак Л. М., Рудницька Я. І. Економетричне моделювання залежностей між макроекономічним станом України та обсягами залучених депозитів. *Причорноморські економічні студії*. 2020. Вип. 49. С. 196–200.

4. Гринчак Н. А. Застосування методу головних компонент для визначення факторів розвитку ринку логістичних послуг України. *Комунальне господарство міст*. 2020. Том 7. Вип. 160. С. 40–47.

5. Черкашина Т. С. Оцінка боргової безпеки країн Південно-Східної Європи на основі дискримінантного аналізу. *Галицький економічний вісник*. 2022. № 5.

6. Вдовин М., Міщук Т. Рейтингування регіонів України за показниками добробуту населення. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2022. Вип. (1 (91)). С. 3–9.

7. Каща М. О., Ревенко А. В. Моделювання впливу тіньової економіки на макроекономічні показники України. *Вісник Сумського державного університету. Серія Економіка.* 2022. № 2. С. 98−105. DOI:10.21272/1817-9215.2022.2-11.

8. Pareto, A. A robust method for regression and correlation analysis of socio-economic indicators. Qual Quant. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11135-022-01599-z.

9. Młodak, A. Ocena zmienności cech statystycznych w modelu taksonomicznym. *Wiadomości Statystyczne*. 2005. № 9. P. 5–18.

10. Malina, A. Wielokryterialna taksonomia w analizie porównawczej struktur gospodarczych Polski, [w:] A. Zeliaś (red.) *Przestrzenno-czasowe modelowanie i prognozowanie zjawisk gospodarczych*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie. 2002. P. 305–312.

11. Zomchak L., Drobotii Y. Regional competitiveness: clustering regions of Ukraine. *Modern technologies in the development of economy and human well-being: monograph*. Publishing House of University of Technology, Katowice, 2020. P. 20–27.

12. Вдовин М. Л., Зомчак Л. М., Бондар О.В. Кластеризація країн ЦСЄ за показниками ЗЕД. *Економіка та суспільство*. 2021. Вип. 26. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-77.

13. Панчишин Т. В. Інвестування людського капіталу – запорука модернізації економіки України. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія : Економіка*. 2017. Вип. 1(2). С. 99–104.

14. Драченко А., Юрчишена Л. Концептуальний підхід до моделювання впливу фінансових показників на прибуток підприємства. *Економіка та суспільство*. 2022. № 44. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-44.

15. Chi-Wei Su, Ke Dai, Sana Ullah &Zubaria Andlib (2022). COVID-19 pandemic and unemployment dynamics in European economies. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*. Volume 35, Issue 1, pp. 1752–1764.

16. Батутіна А. П., Коропій Н. А. Можливість застосування методів багатомірного шкалювання в маркетингу. *Вісник Хмельницького національного університету.* 2010. № 6. Т 4. С. 89–93.

17. Офіційний сайт Державної служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 23.12.2022).

REFERENCES:

1. Paranytsia N. V., Paranytsia S. P., Bulychov O. S. (2022). Metodolohiia modeliuvannia biznes-protsesiv [Business process modeling methodology]. *Ekonomika ta derzhava*. № 3/2022, pp. 59–62.

2. Ahmet Selcuk Yalcin, Huseyin Selcuk Kilic, Dursun Delen (2022). The use of multi-criteria decision-making methods in business analytics: A comprehensive literature review. *Technological Forecasting and Social Change*. Volume 174. 121193. ISSN 0040-1625.

3. Zomchak L. M., Rudnytska Ya. I. (2020). Ekonometrychne modeliuvannia zalezhnostei mizh makroekonomichnym stanom Ukrainy ta obsiahamy zaluchenykh depozytiv [Econometric modeling of dependences between macroeconomic conditions of Ukraine and deposits volumes]. *Black Sea Economic Studies*, vol. 49, pp. 196–200.

4. Hrynchak N. A. (2020). Zastosuvannia metodu holovnykh komponent dlia vyznachennia faktoriv rozvytku rynku lohistychnykh posluh Ukrainy [Application of the method of main components to determine the development factors of the logistics services market of Ukraine]. *Komunalne hospodarstvo mist*. T 7. Vol. 160, pp. 40–47.

5. Cherkashyna T. S. (2022). Otsinka borhovoi bezpeky krain Pivdenno-Skhidnoi Yevropy na osnovi dyskryminantnoho analizu [Assessment of debt security of the countries of South-Eastern Europe based on discriminant analysis]. *Halytskyi ekonomichnyi visnyk*. № 5.

6. Vdovyn M., Mishchuk T. (2022). Reitynhuvannia rehioniv Ukrainy za pokaznykamy dobrobutu naselennia [Ranking of the regions of Ukraine according to indicators of population well-being]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, vol. (1 (91)), pp. 3–9.

7. Kashcha M. O., Revenko A. V. (2022). Modeliuvannia vplyvu tinovoi ekonomiky na makroekonomichni pokaznyky Ukrainy [Modeling the impact of the shadow economy on macroeconomic indicators of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho derzhavnoho universytetu*. *Seriia Ekonomika*. № 2, pp. 98−105.

8. Pareto, A. (2022). A robust method for regression and correlation analysis of socio-economic indicators. *Qual Quant*. DOI: https://doi.org/10.1007/s11135-022-01599-z.

9. Młodak, A. (2005). Ocena zmienności cech statystycznych w modelu taksonomicznym [Evaluation of the variability of statistical features in a taxonomic model]. *Wiadomości Statystyczne*, № 9, pp. 5–18.

10. Malina, A. (2002). Wielokryterialna taksonomia w analizie porównawczej struktur gospodarczych Polski [Multi-criteria taxonomy in comparative analysis of economic structures in Poland], [w:] A. Zeliaś (red.) *Przestrzenno-czasowe modelowanie i prognozowanie zjawisk gospodarczych*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, pp. 305–312.

11. Zomchak L., Drobotii Y. (2020). Regional competitiveness: clustering regions of Ukraine. *Modern technologies in the development of economy and human well-being*. (Monograph 39), (pp. 20–27). Katowice: Publishing House of University of Technology.

12. Vdovyn M. L., Zomchak L. M., Bondar O.V. (2021). Klasteryzatsiya krayin TSSYE za pokaznykamy ZED [Clustering of the CEE countries according to the indicators of foreign economic activity]. *Ekonomika ta suspil'stvo*, № 26.

13. Panchyshyn T. V. (2017). Investuvannia liudskoho kapitalu – zaporuka modernizatsii ekonomiky Ukrainy [Investing in human capital is the key to the modernization of Ukrainian economy]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu*, vol. 1(2), pp. 99–104.

14. Drachenko, A., Yurchyshena, L. (2022). Kontseptualnyi pidkhid do modeliuvannia vplyvu finansovykh pokaznykiv na prybutok pidpryiemstva [Conceptual approach to modeling the impact of financial indicators on the company's profit]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (44).

15. Chi-Wei Su, Ke Dai, Sana Ullah &Zubaria Andlib (2022). COVID-19 pandemic and unemployment dynamics in European economies. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*. Volume 35, Issue 1, pp. 1752–1764.

16. Batutina A. P., Koropii N. A. (2010). Mozhlyvist zastosuvannia metodiv bahatomirnoho shkaliuvannia v marketynhu [The possibility of using multidimensional scaling methods in marketing]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, № 6. T. 4, pp. 89–93.

17. State Statistic Service of Ukraine. URL: https://www.ukrstat.gov.ua (accessed 23 October 2022).