РОЗДІЛ 8. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 311.1:519.2

Погорєлова Т. В.,
к.е.н., доцент кафедри статистики та математичних методів в економіці,
Одеський національний економічний університет,
ORCID: 0000-0003-1045-3244
Pohorielova Tetiana,
Odesa National Economic University

СТАТИСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ В УПРАВЛІННІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ: ТЕОРЕТИЧНИЙ АСПЕКТ

STATISTICAL TOOLS IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT: THEORETICAL ASPECTS

У статті узагальнено науково-методологічний досвід комплексного статистичного оцінювання бізнес-процесів за допомогою сумісного використання класичних та більш складних багатовимірних методів. Розроблено алгоритм застосування методів факторного аналізу (методу головних компонент) та регресійно-кореляційного аналізу, який складається з трьох ключових етапів: апріорного аналізу бізнес-даних; побудови загальних факторів (головних компонент) та моделювання зв'язків на їхній основі. Висвітлено власні методологічні характеристики кожного етапу. Доведено, що скорочення бази вихідних даних про бізнес-процеси методом головних компонент та факторного аналізу подає результативну ознаку невеликою кількістю найбільш інформативних факторних ознак. Запропонована методика оцінювання бізнес-процесів дозволяє ефективно здійснювати групування, класифікацію та моделювання складних систем, що сприяє

прийняттю обґрунтованих управлінських рішень для успішного проведення бізнесу.
Ключові слова: *багатовимірний аналіз, факторний аналіз, метод головних компонент, метрика відстані, регресія, кореляція, латентні показники, інтегральна оцінка, бізнес-процеси.*

The article highlights the issue of transforming statistical approaches to collecting and processing information on the state and development of the business environment in the context of modern economic transformations. It is argued that modern business processes are characterized by multidimensionality and complexity, which reduces the quality of their adequate assessment using a limited number of indicators. The latent nature of key characteristics of business life is highlighted, which has made it possible to develop and propose a comprehensive approach to the assessment of business processes based on multidimensional statistical methods. To this end, scientific and methodological tools have been generalized and a systematic approach to the combined use of traditional and modern statistical methods has been proposed, which allows for a reliable integrated assessment of business processes even when individual factor characteristics are not very informative. During the study, an algorithm for comprehensive analysis of business processes was developed, covering three key stages: 1) a priori analysis and standardization of initial data; 2) construction and interpretation of main components (common factors) with analysis of the factor loadings matrix; 3) modeling of relationships based on the obtained components with verification of the model for significance according to statistical criteria. It has been proven that the use of the principal component method allows not only to reduce the informative dimension of data, but also to eliminate multicollinearity, which is critically important for building reliable regression models. The conditions for the effective application of the comprehensive methodology have been identified, including the presence of multiple linear dependence and the possibility of aggregating features without losing more than 10-20% of the total variance. The

theoretical provisions and algorithms formed create a reliable basis for improving the business activity monitoring system. The practical implementation of the proposed methodology allows enterprises to objectively classify objects, identify hidden growth reserves, and make strategically sound management decisions in conditions of high market uncertainty.
Key words: *multivariate analysis, factor analysis, principal component method, distance metric, regression, correlation, latent indicators, integral assessment, business processes.*

Постановка проблеми. Сучасний розвиток суспільства вимагає від статистики кардинально нових підходів до збирання, обробки та подання цифрової інформації про рівень та можливості бізнесу. Статистичні дані про бізнес-процеси стають визначальними орієнтирами стратегічних перетворень національної економіки. В цих умовах вирішальна роль відводиться комплексному оцінюванню бізнесу, виявленню його причинно-наслідкових зв'язків.

Людство 21 століття характеризується багатомірністю, складністю економічних, соціальних, політичних процесів, які в більшості випадків неможливо описати декількома ознаками. Більш того, деякі бізнес-процеси не підлягають безпосередньому вимірюванню, а проявляються через інші показники. Наприклад, ефективність бізнесу неможливо оцінити одним показником, але вона проявляється через прибутковість, рентабельність, продуктивність праці і таке інше. Розв'язання означеної проблеми за допомогою тільки традиційних одновимірних статистичних методів ускладняється через втрату значних обсягів інформації. Тому під час реальних статистичних досліджень бізнесу чи то на макро-, чи то на мікрорівні доцільно використовувати складні алгоритми математико-статистичних методів, розроблені як вітчизняними, так і зарубіжними вченими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Статистичні дослідження бізнесу доволі часто виконують класифікацію чи кількісно оцінюють

невимірювані внутрішні, латентні характеристики бізнесу, котрі на поверхні з'являються у вигляді зовнішніх факторів-симптомів. Алгоритми багатопараметричних описів бізнесу доведені в інтелектуальних дослідженнях Р. Тріона, С. Уілкса, М. Жамбю, Р. В. Хеммінга, О. Г. Янкового [1], В. С. Єременко, М. Б. Осінцевої [2], Т. С. Клебанової, Л. С. Гур'янової [3], Б. Г. Міркіна, Н. В. Гибкіна, О. В. Стороженко [4], О. Г. Тижненко, О. О. Єгоршина та інших [5; 6]. В їх наукових працях практичне використання багатовимірних статистичних методів пропонується у таких напрямках:

1) визначення груп об'єктів бізнесу зі схожими поєднаннями значень ознак;
2) визначення груп ознак, які найкращим способом відображують невимірювані, латентні показники бізнесу;
3) скорочення вихідного простору ознак без значної втрати інформації про бізнес-процеси;
4) моделювання структури бізнесу;
5) вимірювання тісноти кореляційних зв'язків між показниками бізнесу;
6) багатовимірне шкалювання бізнес-процесів [1; 7].

У практичній діяльності означені напрямки використання багатовимірних статистичних методів аналізу бізнесу поєднуються, сплітаються між собою. Так, визначення груп ознак, об'єктів бізнесу (перший і другий напрямки) вирішуються методами розпізнавання образів – кластерним, дискримінантним; скорочення ознакового простору – таксономічним аналізом, факторним аналізом та інше. Окрім того, саме факторний аналіз допомагає визначити приховані явища підприємництва, скоротити інформаційну базу та оцінити кореляційні зв'язки між бізнес-процесами. Стосовно багатовимірного шкалювання можна зауважити, що це є змішаним підходом, який поєднує три проблеми – стиснення простору, розпізнання образів, обробки даних [1; 3].

Відокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Багатовимірний статистичний аналіз поєднує складні формалізовані статистичні методи, які подають результативну інформацію в

багатовимірному геометричному просторі та дозволяють визначати приховані (латентні), але об’єктивно існуючі закономірності в бізнесі. Усі ці методи загалом і в цілому мають спільний математико-статистичний апарат та представляють подальший розвиток статистиці на більш високому рівні [1; 3; 8]. Практичне використання багатовимірних методів стало можливим з розвитком комп’ютерних технологій. Тому логічно припустити сумісне, комплексне використання традиційних та новітніх складних статистичних методів. Зупинимося більш детально на методологічних питаннях їх комплексного використання, що стає актуальним в умовах невизначеності розвитку національного бізнесу .

Мета дослідження. Метою даного дослідження є узагальнення науково-методологічного досвіду комплексного статистичного оцінювання бізнес-процесів. Розкриттю мети сприяє теоретичне обґрунтування доцільності сумісного використання статистичних методів для отримання інтегральної оцінки бізнесу, розкриття сутності та напрямків багатовимірного статистичного аналізу, а також розробка алгоритму комплексного застосування методів.

Основний матеріал. Комплексне використання статистичних методів передбачає повне розкриття сутності, закономірностей та тенденцій розвитку бізнес-процесів, що сприяє розробці стратегічних рішень управління бізнесом. На сьогодні будь-який бізнес має складну структуру, і тому доцільно використовувати низку багатовимірних методів класифікації і виділення однорідних груп, підґрунтям яких є розрахунок міри відстані, міри схожості та подібності. Головна ідея полягає в тому, що розподіл об’єктів бізнесу повинен підпорядковуватися нормальному закону з метою отримання дійсно однорідних груп.

Перевага у практиці статистичного оцінювання економічних процесів надається таксономічному, кластерному, факторному аналізу, методу головних компонент.

Ключовим моментом дослідження бізнесу є вибір метрики відстані, від якої залежать кінцеві результати розбиття сукупності бізнес-об’єктів на класи, таксони, групи. У статистичній науці існує багато метрик відстаней: лінійна, евклідова, супремум-норма, ступенева, Махаланобіса та інші. На жаль, у сучасній математико-статистичній літературі відсутні рекомендації щодо вибору тієї чи іншої функції відстані, але найбільш доведеними та найчастіше використовуваними є евклідова та лінійна відстані. Саме ці відстані відповідають уявленням про близькість об’єктів у трьохмірному просторі, а також мають тісний зв'язок зі статистичними критеріями Фішера, дисперсією тощо. Підкреслимо, що вибір метрики відстані багато в чому залежить від досвіду дослідника, а також від структури вихідних даних про бізнес-процеси та мети класифікації [1, с. 30-40].

Під час реалізації процедур кластерного аналізу розбиття бізнес-об’єктів на якісно однорідні групи відбувається одночасно за великою кількістю ознак, при чому повинна виконуватися умова, що ніяка ознака за своєю значущістю не стає підґрунтям групування. Перевагою кластерного аналізу зазначають той факт, що відмінності між одиницями, які увійшли до створеної групи, незначні, а відмінності між групами істотні [3].

Поглиблення аналізу бізнес-процесів вимагає розширення статистичної інформації, підключення великої кількості додаткових соціально-економічних ознак. Наслідком є розсіювання оглядовості баз даних. Закономірність у бізнес-процесах розпорошується на безліч зв'язків. І тому доцільно запропонувати здійснювати класифікацію за невеликою кількістю інтегральних ознак, які отримано раніше за допомогою метода головних компонент або факторного аналізу.

Факторний аналіз поєднує методи та моделі, які виявляють, конструюють, оцінюють латентні показники бізнесу за інформацією, що проявляється зовнішнє. Факторний аналіз складається з методу головних компонент, канонічних кореляцій, факторного аналізу у вузькому сенсі (як оцінювання латентних показників на підставі кореляційних зв’язків). Методи

аналізу постійно змінюються залежно від характеру бізнесу, його специфіки, особливостей та форм прояву.

Розглянемо сумісне застосування методів кореляційного аналізу та компонентного (факторного) аналізу бізнес-процесів, яке може відбуватися за таким алгоритмом (табл. 1).

Таблиця 1

Алгоритм комплексного аналізу бізнес-процесів для виявлення причинно-наслідкових зв'язків

Етап	**Зміст**
I	Апріорний аналіз вихідних даних про бізнес-процеси: - збір та узагальнення інформації; - оцінка однорідності сукупності (на основі групування, показників варіації); - оцінка характеру розподілу сукупності вихідних даних; - стандартизація вихідних даних.
II	Побудова головних компонент (загальних факторів), які характеризують бізнес-процеси: - розрахунок парних та множинних коефіцієнтів кореляції, аналіз мультиколінарності; - побудова та аналіз матриці факторних навантажень; - виділення, вимірювання та інтерпретація головних компонент (загальних факторів).
III	Моделювання зв'язків бізнес-процесів на підставі головних компонент (чи загальних факторів): - визначення параметрів рівняння методом найменших середніх; - побудова регресійної моделі; - оцінка суттєвості отриманої регресійної моделі (перевірка значущості коефіцієнтів регресії на основі *t*-критерія Стьюдента, значущості рівняння регресії на основі *F*-критерія Фішера, середньої квадратичної помилки та помилок апроксимації, залишкової дисперсії); - інтерпретація моделі зв'язку (розрахунок та аналіз β-коефіцієнтів; коефіцієнтів еластичності; коефіцієнта детермінації та ін.).

Джерело: складено автором самостійно на основі узагальнення[1;3; 5].

Отже, дослідження бізнес-процесів на підставі комплексної методики багатовимірного та регресійного аналізу дозволить досконально вивчити

причинно-наслідкові взаємозв'язки та закономірності, визначити природу та результативність бізнесу.

Визначимо умови комплексного застосування статистичних методів:

1) наявність мультиколінеарності у вихідних даних, тобто множинної лінійної залежності між ними. Це відбувається, як правило, внаслідок дублювання інформації, методологічної невизначеності обчислення соціально-економічних показників;

2) слабка інформативність деяких факторних ознак, наявність аномальних викидів;

3) можливість та доцільність агрегації кількох ознак.

Таким чином, скорочення бази вихідних даних, що описують бізнес-процеси, методом головних компонент та факторного аналізу дозволяє подати результативну ознаку невеликою кількістю найбільш інформативних факторних ознак.

Бажано підкреслити, що метод головних компонент використовується не тільки як засіб зниження інформативної розмірності вихідних даних, а також для їх класифікацій. Математична модель методу є багатовимірним розподілом (від більшого до меншого) добутків головних компонент і їх вагових коефіцієнтів:

$$y = v_{j1}f_1 + v_{j2}f_2 + \cdots + v_{jp}f_p = \sum_{p=1}^{n} v_{jp}f_p,\ \ j = 1, 2, \dots, p \qquad (1)$$

де $v_{j1,2,\dots p}$ – ваговий коефіцієнт загального результативного фактору (головної компоненти) на j –ту змінну; $f_{1,2,\dots,p}$ – загальний фактор (головна компонента).

Сутність методу головних компонент така: серед простору економічних ознак виділяються лінійні комбінації вихідних факторних чинників, що мають максимально можливу дисперсію. Перша головна компонента при такому виділенні має максимальну дисперсію і є нормованою лінійною комбінацією усіх вихідних даних, друга компонента – має максимальне значення дисперсії, що залишилася після першої та кореляційно не пов'язана з нею і так далі.

Інакше кажучи, перша компонента максимально поєднує в собі фактори-чинники й може інтерпретуватися як інтегральний показник бізнес-процесів.

Отже, якщо переходити до оцінки ступеня і напрямку зв'язків між аналізованими показниками бізнесу на основі сумісного використання методів регресійного аналізу і методу головних компонент, наступне математичне рівняння головних компонент буде включати до себе меншу кількість факторних ознак, оскільки з подальшого аналізу вилучаються ті головні компоненти, вклад яких у загальну дисперсію менш 10 % [3].

Комплексне використання кореляційного аналізу та методу головних компонент передбачає розрахунок парних коефіцієнтів кореляції між вихідними факторними ознаками і відповідними головними компонентами. Відбір найбільш статистично суттєвих головних компонент відбувається на підставі загальної оцінки значення парного коефіцієнта кореляції та частки вкладення кожної компоненти в загальну варіацію ознаки.

Проаналізуємо, які переваги має метод головних компонент перед іншими багатовимірними статистичними методами. Перш за все, в матриці значень компоненти розміщені в спадаючій послідовності власних значень. Таке розміщення сприяє класифікації будь-яких кількісних ознак бізнес-процесів. По-друге, число компонент відповідає числу вихідних факторних ознак. По-третє, головні компоненти не корелюють між собою, що дуже важливо під час проведення регресійного аналізу. І наостанок, головні компоненти повністю зумовлюють варіацію вихідних факторних ознак.

Звернемося до процедури комплексного використання методів кореляційно-регресійного та факторного аналізів. Реалізація математичного апарату факторного аналізу дозволяє перейти від вихідної інформації про бізнес-процеси до загальних факторів, які є результатом первинного агрегування та подані лінійними комбінаціями. Головна модель факторного аналізу матиме лінійний характер:

$$Y_j = a_{1j}F_1 + a_{2j}F_2 + \cdots + a_{jp}F_p + d_jV_j\ , \qquad (2)$$

де $F_1, F_2, \dots, F_p$ – загальні фактори, які обумовлюють систематичну варіацію та кореляційний зв'язок між ознаками; a_{jp} – факторні навантаження; V_j – характеристичні фактори, які враховують варіацію, що не пояснюється загальними факторами.

Факторні навантаження a_{jp} оцінюють ступінь тісноти зв’язку між вихідними даними бізнес-процесів $x_1, x_2, \dots, x_k$ та загальними факторами F_j. У статистиці вважається зв'язок суттєвим, якщо парний коефіцієнт кореляції у абсолютному виразі дорівнює чи більший за 0,5.

Під час багатовимірного аналізу бізнесу внесок загального фактора у загальну дисперсію повинен складати не менш за 80-90 %.

Сумісне використання методів факторного та регресійного аналізів неможливе без врахування специфіки та відмінностей між ними. Під час реалізації алгоритму регресійно-кореляційного аналізу у модель неможливо додати усі змінні, які апріорі впливають на результативну ознаку, що безпосереднє веде до деякого (статистично обґрунтованого) втрачання інформації [9; 11]. Реалізація факторного аналізу дозволяє включити до моделі (2) загальні фактори, які реально відображують низку економічно пов’язаних між собою вихідних даних про бізнес-процесів.

Комплексне оцінювання бізнес-процесів за допомогою означених методів передбачає, що перехід від великої кількості факторних ознак до головних компонент (чи загальних факторів) відбувається без значної втрати інформації. В окремих випадках фактори можуть відображати властивості вихідних даних, які безпосередньо неможливо виміряти і тому на кінцевий результат вони не впливають.

Незважаючи, що моделі регресії, побудовані за головними компонентами, свідомо не мають колінеарно пов’язаних ознак, на практиці їх розробляти потрібно обережно, оскільки головні компоненти та загальні фактори ускладнюють економічну інтерпретацію параметрів моделі.

Висновки. Таким чином, статистичні прийоми комплексного використання статистичних методів, дозволяють вирішувати різноманітні

задачі: групування (класифікація), скорочення простору ознак, моделювання складних систем бізнес-процесів, що сприяє знаходженню ефективних рішень для успішного введення бізнесу.

Сформовані теоретичні положення та алгоритми комплексного оцінювання створюють надійне підґрунтя для вдосконалення системи моніторингу бізнес-діяльності. Практична реалізація запропонованої методики дозволяє аналітикам та підприємцям здійснювати об’єктивну класифікацію об’єктів, виявляти приховані резерви зростання та приймати стратегічно обґрунтовані управлінські рішення в умовах високої невизначеності ринкового середовища.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Янковий О. Г. Латентні показники в економіці: монографія. Одеса: Атлант, 2015. 168 с.

2. Єременко В. С., Осінцева М. Б. Застосування методу головних компонент в задачі аналізу спектрів вільних коливань. *Вісник Винницького політехнічного університету*. 2022. № 4 (163). С.6-12. DOI: https://doi.org/10.31649/1997-9266-2022-163-4-6-12 (дата звернення: 15.01.2026).

3. Бізнес-аналітика багатовимірних процесів: мультимедійний навч. посібник / Т. С. Клебанова, Л. С. Гур’янова, Л. О. Чаговець та ін. та ін. Харків, 2020. URL:http://ebooks.git-elt.hneu.edu.ua/babap/index.html (дата звернення: 15.01.2026).

4. Гибкіна Н. В., Сидоров М. В., Стороженко О. В. Класифікація країн Європейського Союзу за основними соціально-економічними показниками методом головних компонент. *Математичні моделі та новітні технології управління економічними та технічними системами:* монографія / за заг. ред. В. О. Тимофєєва, І. В. Чумаченко. Харків: ФОП Мезіна В.В., 2017. С.116-133.

5. Математичні методи в сучасних економічних дослідженнях / За заг. ред. Л. М. Малярець. Харків: Вид. ХНЕУ, 2011. 270 с.

6. Погорєлова Т. В. Фінансові результати підприємницької діяльності та їх розподіл у національній економіці. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2022. № 8 (297). С. 25-31.

7. Іванова Н. С. Оцінка рейтингу видів економічної діяльності методом таксономічного аналізу. *Ефективна економіка*. 2016. № 12. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5324 (дата звернення: 15.01.2026).

8. Мацкул В. М., Мацкул М. В. Оцінка конкурентоспроможності як латентної ознаки. *Теоретичні, методологічні та практичні аспекти конкурентоспроможності підприємств*: монографія за заг. ред.: проф. О. Г. Янкового. Одеса: Атлант, 2017. С. 227-236.

9. Янковий О. Г., Буздиган Н. О. Багатовимірний статистичний аналіз виробничого складника ділової активності підприємств газової промисловості. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2018. № 21. URL: http://global-national.in.ua/archive/21-2018/89.pdf (дата звернення: 18.01.2026).

10. Актуальні напрями статистичного аналізу економічного розвитку на макро- та мезорівнях: монографія / за заг. ред. к.е.н, доцента Ю.О. Ольвінської. Київ: ФОП Гуляєва В.М., 2025. 302 с

11. Гончаренко Т.А., Міхайленко В.М. Застосування методів багатовимірного аналізу даних для моделювання території під забудову. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ».* 2019, № 28 (1353). С.5-14. DOI:10.20998/2411-0558.2019.28.02 (дата звернення: 20.01.2026).

REFERENCES:

1. Yankovyi O. H. (2015). *Latentni pokaznyky v ekonomitsi: monohrafiia* [Latent indicators in the economy: monograph]. Odesa: Atlant, 168 p. (In Ukrainian).

2. Yeremenko V. S., Osintseva M. B. (2022). *Zastosuvannia metodu holovnykh komponent v zadachi analizu spektriv vilnykh kolyvan* [Application of the method of principal components in the analysis of spectral vibrations]. *Visnyk*

Vynnytskoho politekhnichnoho universytetu – Bulletin of Vinnitsa Polytechnic Universi, vol. 4 (163), pp. 6-12. DOI: https://doi.org/10.31649/1997-9266-2022-163-4-6-12 (Accessed January 15, 2026).

3. Klebanova, T. S. & Hur'ianova, L. S. & Chahovets, L. O. & et al. (2020). *Biznes-analityka bahatovymirnykh protsesiv: multymediinyi navch. Posib.*[Business analytics of multidimensional processes: multimedia training manual]. Kharkiv: KhNEU im. S. Kuznetsia. Retrieved from http://ebooks.git-elt.hneu.edu.ua/babap/about.html (Accessed January 15, 2026). (In Ukrainian).

4. Hybkina N. V., Sydorov M. V., Storozhenko O. V. (2017). Klasyfikatsiia krain Yevropeiskoho Soiuzu za osnovnymy sotsialno-ekonomichnymy pokaznykamy metodom holovnykh komponent [Classification of European Union countries according to key socio-economic indicators using the principal component method]. In V. O. Tymofieieva, I. V. Chumachenko (Eds). *Matematychni modeli ta novitni tekhnolohii upravlinnia ekonomichnymy ta tekhnichnymy systemamy: monohrafiia* [Mathematical models and cutting-edge technologies for managing economic and technical systems: monograph]. Kharkiv, pp. 116-133. (In Ukrainian).

5. Maliarets L. M. (Ed) (2011). *Matematychni metody v suchasnykh ekonomichnykh doslidzhenniakh* [Mathematical methods in modern economic research]. Kharkiv: Vyd. KhNEU, 270 p. (In Ukrainian).

6. Pohorielova T. V. (2022). Finansovi rezultaty pidpryiemnytskoi diialnosti ta yikh rozpodil u natsionalnii ekonomitsi [Financial results of entrepreneurial activity and their distribution in the national economy]. *Naukovyi visnyk Odeskoho natsionalnoho ekonomichnoho universytetu – Scientific Bulletin of Odessa National Economic University*, vol. 8 (297), pp. 25-31. (In Ukrainian).

7. Ivanova N. S. (2016). Otsinka reitynhu vydiv ekonomichnoi diialnosti metodom taksonomichnoho analizu [Assessment of the rating of types of economic activity using the taxonomic analysis method]. *Efektyvna ekonomika – Effective Economy*,vol.12. Available at: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5324. (Accessed January 15, 2026). (In Ukrainian).

8. Matskul V. M., Matskul M. V. (2017). Otsinka konkurentospromozhnosti yak latentnoi oznaky [Assessment of competitiveness as a latent feature]. In O. H. Yankovoho (Ed). *Teoretychni, metodolohichni ta praktychni aspekty konkurentospromozhnosti pidpryiemstv*: *monohrafiia* [Theoretical, methodological, and practical aspects of enterprise competitiveness: monograph]. Odesa: Atlant, pp. 227-236. (In Ukrainian).

9. Yankovyi O. H., Buzdyhan N. O. (2018). Bahatovymirnyi statystychnyi analiz vyrobnychoho skladnyka dilovoi aktyvnosti pidpryiemstv hazovoi promyslovosti [Multivariate statistical analysis of the production component of business activity in gas industry enterprises]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky – Global and national economic problems*, vol. 21. Available at: http://global-national.in.ua/archive/21-2018/89.pdf. (Accessed January 18, 2026). (In Ukrainian).

10. Olvinska Yu.O. **(**Ed**)** (2025). *Aktualni napriamy statystychnoho analizu ekonomichnoho rozvytku na makro- ta mezorivniakh: monohrafiia* [Current trends in statistical analysis of economic development at the macro and meso levels: monograph]. Kyiv: FOP Huliaieva V.M., 302 p. (In Ukrainian).

11. Honcharenko T.A., Mikhailenko V.M. (2019). Zastosuvannia metodiv bahatovymirnoho analizu danykh dlia modeliuvannia terytorii pid zabudovu [Application of multidimensional data analysis methods for modeling land for development]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI» – Bulletin of the National Technical University "KhPI"*, vol. 28 (1353), pp. 5-14. DOI:10.20998/2411-0558.2019.28.02 (Accessed January 20, 2026). (In Ukrainian).