

Економічні науки

УДК 303.7.092.5

Страшинська Лариса Володимирівна

*доктор економічних наук, професор,
професор кафедри маркетингу
Національний університет харчових технологій*

Strashynska Larysa

*Doctor of Economic Sciences, Professor,
Professor of the Marketing Department
National University of Food Technologies
ORCID: 0000-0002-5345-0609*

Михайлик Ольга Михайлівна

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економіки і права
Національний університет харчових технологій*

Mykhailyk Olha

*PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Economic and Law
National University of Food Technologies
ORCID: 0000-0003-0526-1130*

МЕТОДИ СТОХАСТИЧНОГО АНАЛІЗУ В СУЧАСНИХ ПРАКТИКАХ

METHODS FOR STOCHASTIC ANALYSIS IN MODERN PRACTICES

Анотація. Вступ. Для прогнозування результативності діяльності суб'єкти господарювання, зазвичай, використовують методи множинного кореляційно-регресійного аналізу, які дозволяють дослідити та кількісно оцінити внутрішні і зовнішні причинно-наслідкові зв'язки між факторами впливу, однак такий інструментарій економіко-математичного

моделювання не є повним. У статті пропонується систематизація основних методів стохастичного аналізу та дослідження взаємозв'язків для розуміння їх синергетичного ефекту у прийнятті ефективних управлінських рішень.

Мета статті – дослідження методів стохастичного аналізу для прогнозування результатів діяльності суб'єктів господарювання, відповідність цих методів сучасним запитам та викликам.

Матеріали і методи. Для досягнення поставленої мети були використані загальнонаукові методи дослідження: аналізу та синтезу, порівняння, абстракції, узагальнення, групування та систематизації. Методологічну основу дослідження становлять сучасні положення економічної теорії та економіко-математичного моделювання.

Результати. У статті наведено порівняльний аналіз методів стохастичного аналізу в контексті їх застосування для прийняття ефективних управлінських рішень. Визначено особливості застосування стохастичних методів, їх основні риси, переваги, недоліки та обмеження у використанні.

Виокремлено види стохастичного аналізу - дисперсійний аналіз, кореляційно-регресійний аналіз та кластерний аналіз, охарактеризовано їх специфіку та спрямованість використання, наведено характер взаємозв'язків між цими методами, закономірності функціонування й тенденції розвитку. Виявлено основні проблеми застосування методів стохастичного аналізу в сучасних умовах, врахування яких сприяє швидкій адаптації до нової реальності, прогнозуванню майбутніх змін, оптимізації бізнес-процесів та нейтралізації можливих ризиків.

Результати можуть бути використанні для подальших досліджень, навчання та практичного застосування в економіці.

Ключові слова: методи, моделювання, прогнозування, стохастичний аналіз, дисперсійний аналіз, кореляційний аналіз, регресійний аналіз, кластерний аналіз.

Summary. *Introduction. To forecast changes in financial results, business activity and profitability, business entities usually use methods of multiple correlation and regression analysis, which allow to investigate and quantify internal and external causal relationships between the factors of influence, but such tools of economic and mathematical modeling are not complete. The article proposes a systematization of the main stochastic analysis methods and study of interrelationships for understanding of their synergistic effect in making effective management decisions.*

The purpose of the article is to research methods of stochastic analysis for forecasting the performance of business entities, and to assess whether these methods are in line with modern needs and challenges.

Materials and methods. To achieve this goal, general scientific research methods were used: analysis and synthesis, comparison, abstraction, generalization, grouping and systematization. The methodological basis of the research is the modern provisions of economic theory, mathematical modeling in economics.

Results. The article provides a comparative analysis of stochastic analysis methods in the context of their application for making effective management decisions. The application features of stochastic methods, their main features, advantages, disadvantages and use limitations have been determined.

Analysis of variance, correlation and regression analysis, cluster analysis are the types of stochastic analysis. In this thesis are characterized the specifics and directional use for stochastic analysis methods. The nature of the relationship between these methods, regularities of functioning and development trends are presented.

The main problems for applying stochastic analysis methods in modern conditions have been identified, taking into account which contributes to rapid adaptation to the new reality, forecasting future changes, optimizing business processes and minimization of risks.

The results can be used for further research, training and practical application in economics.

Key words: *methods, modeling, forecasting, stochastic analysis, analysis of variance, correlation analysis, regression analysis, cluster analysis.*

Постановка проблеми. Прогнозування є одним із методів гармонійного поєднання взаємовідносин між суб'єктами господарювання та передбаченням майбутніх подій в економіці. Формування прогнозів дає можливість оцінити як поточний, так і перспективний фінансовий стан суб'єктів господарювання та є передумовою прийняття ефективних управлінських рішень.

Ефективне управління неможливе без використання сучасних економіко-математичних методів та статистичного аналізу. В економіко-математичному моделюванні прийнято вважати, що стохастичні моделі, є математичними моделями, параметри та зовнішні зміни яких, мають випадковий характер досліджуваних показників. Як інструментарій стохастичного аналізу використовують методи теорії ймовірності та економетрії.

Розуміння сутності досліджуваних методів стохастичного аналізу, сфери їх застосування, процедури розрахунків є необхідною умовою якісного аналізу будь-якого процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В економічній літературі існує значна кількість робіт, в яких головна увага дослідників спрямована на висвітлення функціональних підходів застосування різних видів економіко-математичних методів.

Відтак, у працях [1-6] висвітлюється зміст методів багатовимірної аналізу та наводяться класифікаційні ознаки, проте не вказуються умови їх застосування. Особливої уваги заслуговує наукова праця Т.Р. Портоварас, в якій авторка виокремила види економічного аналізу, охарактеризувала їх специфіку та спрямованість, а також окреслила сучасні напрями розвитку [7]. Автори О.О. Карабин та О.Ю. Чмир у своїй праці [8] наводять приклади застосування стохастичного аналізу за допомогою програмних засобів MS Excel та Statistica.

Науковці О.Б. Короленко та В.О. Ільченко систематизували основні переваги застосування економетричних моделей для прийняття стратегічних рішень підприємствами, однак не вказали класифікаційні відмінності моделей [9]. Натомість О.І. Зварич та Н.О. Когут досить детально провели порівняльний аналіз детермінованих та стохастичних моделей у процесі ухвалення управлінських рішень на підприємстві [10]. Практичне застосування методів стохастичного аналізу згадується у працях [11-13].

Застосування інструментарію економіко-математичного моделювання, зокрема дослідження випадкових процесів і використання стохастичних моделей у поєднанні з цифровими технологіями, набуває дедалі більшої актуальності в сучасних умовах.

Незважаючи на значну кількість наукових публікацій та проведених досліджень у цій галузі, все ще зберігається потреба у виборі оптимальних методів та інструментів аналізу, орієнтованих на практичне застосування.

Стрімкий розвиток інформаційних технологій та засобів штучного інтелекту впливає на результативність прогнозування бізнес-процесів, тому важливим залишається вибір методів стохастичного аналізу, які дозволяють провести якісну оцінку з урахуванням сучасних викликів.

Метою статті є дослідження методів стохастичного аналізу для прогнозування результатів діяльності суб'єктів господарювання, відповідність цих методів сучасним запитам та викликам.

Матеріали і методи. Для досягнення поставленої мети були використані загальнонаукові методи дослідження: аналізу та синтезу, порівняння, абстракції, узагальнення, групування та систематизації. Методологічну основу дослідження становлять сучасні положення економічної теорії та економіко-математичного моделювання.

Виклад основного матеріалу. Економіко-математичні методи представляють широке коло інструментів для аналізу причинно-наслідкових зв'язків (дисперсійний аналіз, факторний аналіз, регресійний аналіз), групування та розпізнавання ситуації (кластерний та дискримінантний аналіз), пошуку оптимальних рішень (оптимізаційні методи), прогнозування впливу різних випадкових чинників та тенденцій (методи статистичного й імітаційного моделювання, методи прогнозування на основі часових рядів), методи таксономії для формування узагальнюючої оцінки складного об'єкта або процесу та ін. Ці методи дозволяють не тільки оцінити показники ефективності діяльності, але й виявити можливі важелі управління самим процесом, визначити міру їх впливу на результати, надати прогнозні характеристики. Тому, в нашому дослідженні зосередимо увагу саме на них.

Варто зазначити, що єдиної та загальноприйнятої системи класифікації економіко-математичних методів не існує, однак, зазвичай, виділяють більше десяти основних ознак їх видової класифікації. За фактором невизначеності (ступеня ймовірності) та за характером взаємозв'язку прогнозованого (узагальнюючого) показника з факторними ознаками, методи можна поділити на дві групи: детерміновані та стохастичні (імовірнісні) [1; 3; 10].

Детерміновані методи припускають існування функціональних зв'язків між змінними моделі, в яких ігнорується випадковий характер зміни параметрів. Ці моделі ґрунтуються на застосуванні лінійної алгебри і представляють собою систему рівнянь, які спільно розв'язуються з орієнтацією на заданий оптимум [3, с. 105].

Стохастичні методи припускають імовірнісний характер як прогнозу, так і самого зв'язку між показниками, що досліджуються. Ймовірність отримання точного прогнозу зростає із збільшенням числа емпіричних даних [6, с. 355].

Обидва досліджувані методи мають свої переваги і недоліки та деякі обмеження у використанні, характер взаємозв'язку яких, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика моделей за характером взаємозв'язків між змінними

Детермінована модель	Стохастична модель
<i>Теоретичний опис моделі</i>	
Модель має визначений набір заданих параметрів, в якій ігнорується їх випадковий характер	Модель має випадковий набір параметрів, факторних ознак, які впливають на узагальнюючий показник або загальний результат. Кожному значенню факторної ознаки відповідає певна множина значень результативної ознаки.
<i>Умови використання</i>	
Стабільне економічне середовище	Динамічне економічне середовище
<i>Застосування в економіці</i>	
Прогнозування попиту і пропозиції, макроекономічних показників та ін.	Інвестування, фінансова діяльність, фінансове планування, оптимізація управління активами та капіталом та ін.
<i>Переваги застосування</i>	
Модель є простою у розрахунках та інтерпретації результатів	Модель є гнучкою та здатною до моделювання сценаріїв, оцінки ризиків, формування прогнозів
<i>Недоліки, обмеження у застосуванні</i>	
Модель не показує адаптацію до змін, ефективна у короткостроковій перспективі	Невизначеність у припущеннях, складність розрахунків та високі вимоги до формування факторних ознак (змінних параметрів)

Джерело: систематизовано авторами на основі [3; 6; 10; 11]

Суб'єкти господарювання застосовують методи стохастичного факторного аналізу для прогнозування фінансових результатів. До основних видів такого аналізу належать методи дисперсійного, кореляційного, регресійного та кластерного аналізу.

Застосування дисперсійного аналізу дозволяє оцінити, чи існують статистично значущі відмінності між середніми значеннями кількох груп. Цей метод призначений для перевірки гіпотез про зв'язок між певною ознакою та досліджуваними факторами, що не мають кількісного опису, а також для встановлення ступеня впливу факторів та їх взаємодії [2, с. 80]. Даний метод ніби розділяє спостережну сукупну мінливість, виявлену в наборі даних, на дві частини: систематичні та випадкові фактори. Систематичні фактори мають статистичний вплив на набір даних, в той час, як випадкові чинники – не мають [2, с. 101].

У сучасній практиці, серед аналітиків, дисперсійний аналіз відомий, як метод ANOVA (Analysis of Variations). Тест ANOVA використовують для визначення впливу незалежних змінних на залежну змінну в регресійному дослідженні. Дисперсійний аналіз дозволяє порівнювати більше двох груп одночасно, щоб визначити, чи існує між ними зв'язок. ANOVA, F-статистика (F-відношення) дозволяє аналізувати декілька груп даних для визначення варіабельності між вибірками та всередині них [14].

В економічних дослідженнях, з погляду практичного застосування, найбільш поширеними є методи кореляційного та регресійного аналізу, зв'язок між якими зображено на рис. 1.



Рис. 1. Кореляційний, функціональний та регресійний зв'язок між економічними показниками

Джерело: сформовано авторами на основі [2; 5]

Регресійний аналіз один із найпоширеніших методів стохастичного моделювання, який дозволяє встановити залежність між змінними (факторами) та використовується для прогнозу, аналізу часових рядів, тестуванні гіпотез, в інвестиційному аналізі та виявлення прихованих взаємозв'язків у даних.

Кореляційний аналіз вважається статистичним методом, який дозволяє виявити та оцінити щільність зв'язку між двома (парна кореляція) або більше кількісними змінними (множинна кореляція).

Варто відмітити, що наявність кореляційного зв'язку не означає наявності причинно-наслідкового зв'язку між досліджуваними ознаками, проте вказує на причинно-наслідковий зв'язок двох ознак з іншим фактором [2, с. 101].

Регресійний аналіз тісно пов'язаний з кореляційним аналізом. В кореляційному аналізі досліджується напрямок та міцність зв'язку між незалежними змінними, тоді як у регресійному аналізі досліджується форма залежності (модель зв'язку, виражена у функції регресії) між незалежними

змінними. Фактично два методи вивчають однаковий взаємозв'язок, але з різних сторін, доповнюючи один одного.

Основне завдання кореляційного і регресійного методів аналізу полягає в аналізі статистичних даних для виявлення математичної залежності між досліджуваними ознаками і встановлення за допомогою коефіцієнтів кореляції порівняльної оцінки щільності взаємозв'язку, що має певний числовий вираз.

Процедура аналізу та визначення зв'язків між змінними дає можливість визначити форму залежності пов'язаних між собою змінних кореляційно-регресійної моделі (рис. 2).



Рис. 2. Завдання кореляційно-регресійного аналізу

Джерело: сформовано авторами

До методів стохастичного моделювання також належить кластерний аналіз, суть якого полягає у зборі даних, що містять інформацію про вибіркові об'єкти, та групуванні їх у відносно однорідні, схожі між собою кластери (групи). У процесі використання даного методу шляхом застосування чисельних обчислювальних процедур, здійснюється класифікація об'єктів дослідження на групи дуже схожих об'єктів – кластерів. На відміну від інших методів, кластерний аналіз дозволяє класифікувати об'єкти не за однією ознакою, а за декількома одночасно. Для

цього вводяться відповідні показники, що характеризують міру близькості за всіма класифікаційними параметрами.

Узагальнену характеристику взаємозв'язків методів стохастичного аналізу, їх особливості, переваги і недоліки наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Переваги та недоліки застосування стохастичного моделювання

Переваги	Недоліки
Дисперсійний аналіз	
• дозволяє перевірити гіпотези та аналізувати взаємодію між кількома (більше двох) незалежними змінними одночасно; • має можливості контролю рівня похибки; • гнучкість у використанні; • швидкість проведених розрахунків	• не показує між якими групами існує різниця; • має низьку чутливість при меншій кількості спостережень
Кореляційний аналіз	
• простота розрахунків та інтерпретацій • дає змогу швидко перевірити, чи є статистично значущі зв'язки між змінними до побудови складніших моделей; • використовується, як підготовчий етап до побудови регресійної моделі; • дозволяє одночасно розраховувати великий масив даних; • широко застосовується для проведення досліджень у різних галузях	• не встановлює причинно-наслідковий зв'язок показників; • використовується у розрахунках лише лінійної залежності між змінними; • вимагає застосування для аналізу лише нормованих показників; • мультиколінеарність між змінними
Регресійний аналіз	
• простота економічної інтерпретації; • дозволяє виявити та кількісно оцінити зв'язок між незалежними змінними (факторами) та узагальнюючою змінною (результатом); • має можливість виконувати прогнози на основі наявних даних; • оцінка значущості змінних; • гнучка видова класифікація моделей; • широко застосовується у машинному навчанні та підтримується у програмному забезпеченні; • може бути інтегрований у BI-аналіз для автоматичного прогнозування показників;	• чутливість до мультиколінеарності, тобто, якщо незалежні змінні щільно корелюють між собою, результати можуть бути нестабільними та важко інтерпретованими; • використання у розрахунках лише лінійної залежності між змінними; • не встановлює причинно-наслідковий зв'язок показників; • потребує достатньої кількості якісних даних; • регресія може виявитися недостатньо ефективною для складних задач із великою кількістю змінних

• може застосовуватися у бізнес-аналітиці	
Кластерний аналіз	
• гнучкість у застосуванні для різних типів даних; • корисний для попереднього аналізу даних, допомагає їх сегментувати перед подальшим аналізом або моделюванням; • активно застосовується у маркетингу для сегментування продуктів та послуг; • автоматично знаходить подібність сегментів	• виникає складність у виборі кількості кластерів; • отримані кластери можуть не мати чіткого практичного застосування; • багато алгоритмів кластеризації погано працюють при наявності винятків; • можуть виникати проблеми з обчисленням багатовимірних даних

Висновки і перспективи подальших досліджень. З розвитком інформаційних технологій значення стохастичного аналізу для прогнозування економічних процесів лише зростає. Методи стохастичного аналізу є незамінним інструментом для опису складних процесів із імовірними факторами, прогнозування та оцінювання ризиків. Ці методи дозволяють відтворити реальні системи, поведінка яких має елемент випадковості або невизначеності.

Використання метода кореляційного аналізу дозволяє встановити, чи існує щільний зв'язок між явищами та процесами. Якщо цей зв'язок виявляється суттєвим, тоді доцільно застосувати метод регресійного аналізу, основним завданням якого є виявлення характерного зв'язку між узагальнюючим показником і факторами впливу, а також побудова математичної моделі, що його описує. Саме тому, обидва методи застосують одночасно для прогнозування зміни економічних показників.

Література

1. Бандоріна Л. М., Лозовська Л. І., Савчук Л. М. Моделювання економіки : навч. посіб. Дніпро : УДУНТ, 2022. 154 с.
2. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних: навчальний посібник для студентів. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.

3. Галушак М. П., Галушак О. Я., Кужда Т. І. Прогнозування соціально-економічних процесів: навчальний посібник для економічних спеціальностей. Тернопіль: ФОП Паляниця, 2021. 160 с.
4. Дропа Я. Б. Фінансовий аналіз: навч. посібник. Електр. видання. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2023. 238 с.
5. Козьменко О. В., Кузьменко О. В. Економіко-математичні методи та моделі (економетрика): навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2014. 406 с.
6. Тютюнник Ю. М., Дорогань-Писаренко Л. О., Тютюнник С. В. Фінансовий аналіз : навч. посіб. Полтава : ПДАА, 2016. 430 с.
7. Портоварас Т. Види сучасного економічного аналізу та їх характеристика. *Acta Academiae Beregsiensis. Economics*. 2023. № 4. С. 516-528. <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2023-4-516-528>.
8. Карабин О. О., Чмир О. Ю. Викладання багатфакторного кореляційного аналізу з використанням інформаційно-комунікаційних технологій аналізу. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2016. № 13. С. 181-190.
9. Короленко О. Б., Ільченко В. О. Роль економетричних моделей у прийнятті стратегічних рішень на підприємствах. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки»*. 2024. № 10. <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2024-10-10435>.
10. Зварич О.І., Когут Н.О. Детерміновані та стохастичні моделі: порівняльний аналіз у контексті управління підприємством. *Бізнес-інформ*. 2025. № 1. С. 153-159. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-1-153-159>.
11. Янішевський В. С. Стохастичні методи у фінансовому моделюванні. *Економіка та суспільство*. 2018. № 15. С. 960-965. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/issue/view/7> (дата звернення: 20.05.2025).

12. Щербініна С. А., Климко О. Г., Марочко Т. Р. Застосування економіко-математичного моделювання для аналізу діяльності підприємства. *Ефективна економіка*. 2019. № 6. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.6.59>. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/6151> (дата звернення: 20.05.2025).
13. Скорук О. В. Ефективність економіко-математичного моделювання в оптимізації бізнес-процесів. *Економіка та суспільство*. 2023. №57. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-57-13>.
14. Дисперсійний аналіз (ANOVA). URL: [https://jamkey.com/uk/article/dispersionnyj-analiz-\(anova\)](https://jamkey.com/uk/article/dispersionnyj-analiz-(anova)) (дата звернення: 20.05.2025).

References

1. Bendorina, L. M., Lozovska, L. I. & Savchuk, L. M. (2022) *Modeliuvannia ekonomiky: navch. posib* [Economic Modeling: education manual]. Dnipro: UDUNT, 154 p. [in Ukrainian]
2. Bakhrushyn V. Ye. (2011) *Metody analizu danykh: navchalnyi posibnyk dlia studentiv* [Methods of data analysis: a textbook for students]. Zaporizhzhya : CPU, 268 p. [in Ukrainian].
3. Halushchak, M. P., Halushchak, O. Ia. & Kuzhda, T. I. (2021) *Prohnozuvannia sotsialno-ekonomichnykh protsesiv: navchalnyi posibnyk dlia ekonomichnykh spetsialnostei* [Forecasting socio-economic processes: a textbook for economic specialties]. Ternopil: FOP Palianytsia, 160 p. [in Ukrainian].
4. Dropa Ya.B. (2023) *Finansovyi analiz: navch. posibnyk* [Financial analysis: a textbook]. Elektr. vydannia. Lviv: LNU im. Ivana Franka, 238 p. [in Ukrainian].
5. Kozmenko, O. V. & Kuzmenko, O. V. (2014) *Ekonomiko-matematychni metody ta modeli (ekonometryka): navch. posib* [Economic and mathematical methods and models (econometrics): textbook]. Sumy: Universytetska knyha, 406 p. [in Ukrainian].

6. Tiutiunnyk, Yu. M., Dorohan-Pysarenko, L. O. & Tiutiunnyk, S. V. (2016) *Finansovyi analiz: navch. posib.* [Financial analysis: textbook]. Poltava: PDAA, 430 p. [in Ukrainian].

7. Portovaras T. (2023) *Vydy suchasnoho ekonomichnoho analizu ta yikh kharakterystyka* [Types of modern economic analysis and their characteristics]. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*, vol. 4. pp. 516-528. <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2023-4-516-528> [in Ukrainian].

8. Karabyn, O. O., Chmyr, O. Iu. (2016) *Vykladannia bahatofaktornoho koreliatsiinoho analizu z vykorystanniam informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii analizu* [Teaching multivariate correlation analysis using information and communication technologies of analysis]. *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiediialnosti – Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, vol. 13, pp. 181-190 [in Ukrainian].

9. Korolenko O. B., Ilchenko V. O. (2024) *Rol ekonometrychnykh modelei u pryiniatti stratehichnykh rishen na pidpriemstvakh* [The Role of Econometric Models in Strategic Decision-Making at Enterprises]. *Mizhnarodnyi naukovi zhurnal «Internauka». Serii: «Ekonomichni nauky» – International scientific journal "Internauka". Series: "Economic Sciences"*, vol. 10. <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2024-10-10435> [in Ukrainian].

10. Zvarych, O. I., Kohut, N. O. (2025) *Determinovani ta stokhastychni modeli: porivnialnyi analiz u konteksti upravlinnia pidpriemstvom* [Deterministic and stochastic models: a comparative analysis in the context of enterprise management]. *Biznes-inform – Business Inform*, vol. 1. pp. 153-159. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-1-153-159> [in Ukrainian].

11. Yanishevskiy V. S. (2018) *Ctokhastychni metody u finansovomu modeliuvanni* [Stochastic methods in financial modeling]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*, vol. 15. pp. 960-965. Available at: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/issue/view/7> [in Ukrainian].

12. Shcherbinina, S. A., Klymko, O. H., & Marochko, T.R. (2019) Zastosuvannia ekonomiko-matematychnoho modeliuvannia dlia analizu diialnosti pidpriemstva [Application of economic-mathematical modeling for the analysis of enterprise activity]. *Efektivna ekonomika – Effective economic*, vol. 6. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.6.59>. Available at: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/6151> [in Ukrainian].

13. Skoruk O. V. (2023) Efektyvnist ekonomiko-matematychnoho modeliuvannia v optymizatsii biznes-protsesiv [Efficiency of economic and mathematical modeling in business process optimization]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*, vol. 57. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-57-13> [in Ukrainian].

14. Dyspersiinyi analiz (ANOVA) [Analysis of variance (ANOVA)]. Available at: [https://jamkey.com/uk/article/dispersionnyj-analiz-\(anova\)](https://jamkey.com/uk/article/dispersionnyj-analiz-(anova)) [in Ukrainian].