

УДК 004.4+519.23
DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.4.3>

Тетяна ВАКАЛЮК

доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення,
Державний університет «Житомирська політехніка», tetianavakaliuk@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6825-4697

Микола ФАНТ

кандидат філологічних наук, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення,
Державний університет «Житомирська політехніка», fantkolja@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4994-8009

Денис ФУРІХАТА

старший викладач кафедри комп'ютерних наук, аспірант, Державний університет
«Житомирська політехніка», furihata.denus@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6093-664X

Олег ВЛАСЕНКО

старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення,
Державний університет «Житомирська політехніка», oleh.vls@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6697-2150

Вадим КОЛОМІЄЦЬ

здобувач вищої освіти, Державний університет «Житомирська політехніка»,
vadymkolomiets1@gmail.com
ORCID: 0009-0002-8106-5502

**ОГЛЯД НАЯВНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ДАНИХ
ДЛЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ВСТАНОВЛЕННЯ ПОПИТУ ТОВАРІВ**

Анотація. В умовах цифрового розвитку суспільства набуває стрімкого розвитку цифрові технології, результатом чого стає накопичення великих обсягів даних про споживчу поведінку. При цьому ефективний аналіз інформації стає критично важливим фактором успіху для бізнесу та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Мета роботи – провести комплексний огляд та систематизацію існуючих методів аналізу даних для встановлення попиту на товари, визначити оптимальний набір методів для розробки системи аналізу та прогнозування попиту на комп'ютерну техніку.

Методологія дослідження базується на системному підході до аналізу наукових джерел та порівняльному аналізу методів обробки даних. У роботі застосовано методи теоретичного узагальнення для систематизації підходів до аналізу даних, включаючи описову статистику (середнє значення, медіана, мода, дисперсія, стандартне відхилення, коефіцієнти асиметрії та ексцесу), кореляційний аналіз (коефіцієнти Пірсона та Спірмена), методи машинного навчання (кластеризація *k-means* та ієрархічна, методи зниження розмірності, метод *Argiori*, метод опорних векторів, дерева рішень) та аналіз часових рядів. Проведено структурний аналіз переваг та обмежень кожного методу в контексті задачі прогнозування попиту товарів.

Наукова новизна полягає в розробці комплексного методологічного підходу до аналізу попиту на комп'ютерну техніку, який інтегрує часовий аналіз для виявлення трендів, сезонний аналіз для ідентифікації циклічних шаблонів, описову статистику для оцінки варіативності попиту та інтерактивну візуалізацію для ефективної інтерпретації результатів.

Висновки. Встановлено, що для ефективного аналізу та прогнозування попиту на комп'ютерну техніку необхідне комплексне застосування методів часового аналізу, описової статистики, методів зниження розмірності, сезонного аналізу та інтерактивної візуалізації.

Ключові слова: аналіз даних, попит, прогнозування, машинне навчання, статистичні методи, часові ряди, кластеризація, комп'ютерна техніка.

Tetiana VAKALIUK, Mykola FANT, Denys FURIKHATA, Oleh VLASENKO, Vadym KOLOMIETS. REVIEW OF EXISTING DATA ANALYSIS METHODS FOR DEVELOPMENT SYSTEM FOR DETERMINING DEMAND FOR GOODS

Abstract. In the context of digital development, society is rapidly advancing in digital technologies, resulting in the accumulation of large amounts of data on consumer behaviour. At the same time, effective analysis of information is becoming a critical factor for business success and informed management decisions.

© Т. Вакалюк, М. Фант, Д. Фуріхата, О. Власенко, В. Коломієць, 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

The aim of the work is to conduct a comprehensive review and systematisation of existing data analysis methods for determining demand for goods, to identify the optimal set of methods for developing a system for analysing and forecasting demand for computer equipment.

The research methodology is based on a systematic approach to the analysis of scientific sources and a comparative analysis of data processing methods. The work applies methods of theoretical generalisation to systematise approaches to data analysis, including descriptive statistics (mean, median, mode, variance, standard deviation, asymmetry and excess coefficients), correlation analysis (Pearson and Spearman coefficients), machine learning methods (k-means and hierarchical clustering, dimension reduction methods, the Apriori method, the support vector method, decision trees) and time series analysis. A structural analysis of the advantages and limitations of each method in the context of forecasting demand for goods was conducted.

The scientific novelty lies in the development of a comprehensive methodological approach to analysing demand for computer equipment, which integrates time series analysis to identify trends, seasonal analysis to identify cyclical patterns, descriptive statistics to assess demand variability, and interactive visualisation for effective interpretation of results.

Conclusions. It has been established that for effective analysis and forecasting of demand for computer equipment, it is necessary to comprehensively apply methods of time series analysis, descriptive statistics, dimension reduction methods, seasonal analysis, and interactive visualisation.

Key words: data analysis, demand, forecasting, machine learning, statistical methods, time series, clustering, computer equipment.

Вступ. Аналіз даних дозволяє отримувати корисні знання з великих обсягів інформації, що можуть бути використані для ухвалення обґрунтованих рішень у різних галузях, включаючи економіку, маркетинг та прогнозування попиту. У сучасному світі, де дані накопичуються надзвичайно швидко, ефективне використання методів аналізу даних надає конкурентні переваги, особливо для бізнесів, що прагнуть реагувати на змінні потреби ринку та оптимізувати свої процеси [1, 2].

Аналіз даних охоплює широкий спектр методів, починаючи від простих статистичних обчислень і закінчуючи складними алгоритмами машинного навчання. Розуміння та вибір відповідного методу аналізу залежить від цілей дослідження, особливостей даних та очікуваних результатів. Основні завдання аналізу даних включають ідентифікацію закономірностей, оцінку значущості факторів та прогнозування на основі трендів. Для виконання цих завдань необхідні різні підходи до обробки та інтерпретації даних, що може забезпечити якісний і кількісний аналіз обраних показників [0].

Огляд останніх досліджень та публікацій. Питання методів аналізу даних для встановлення попиту товарів привертає увагу багатьох дослідників як у міжнародному, так і в українському науковому просторі.

Фундаментальні основи статистичного навчання та аналізу даних закладені в працях James G., Witten D., Hastie T. та Tibshirani R. [0], які розробили комплексний підхід до застосування статистичних методів у практичних задачах з використанням мови програмування R. Їхня робота охоплює широкий спектр методів від базової статистики до складних алгоритмів машинного навчання.

Класифікацією та систематизацією методів аналізу даних займався Mohaiminul Islam [9], який запропонував структурований підхід до розуміння типів, процесів та інструментів аналізу даних у контексті сучасних інформаційних технологій. Подібні дослідження проводив Named Taherdoost [7], зосереджуючись на практичному застосуванні різних методів аналізу в дослідницьких проектах, особливо приділяючи увагу вибору відповідних технік залежно від типу даних та мети дослідження.

Статистичні аспекти аналізу даних детально розглянуті в роботах Cihon S. та Taylor J. K. [6], які акцентували увагу на технічних аспектах застосування статистичних методів. Montgomery D. C., Peck E. A. та Vining G. G. [10] зробили значний внесок у розвиток методів лінійного регресійного аналізу, який є основою для прогнозування попиту.

В українському науковому просторі помітний внесок зробили Гороховатський В. О. та Творошенко І. С. [3], які досліджували методи інтелектуального аналізу та оброблення даних, адаптований до потреб вітчизняної освіти. Акіменко В. В. [1] зосередився на прикладних задачах інтелектуального аналізу даних (Data Mining), розглядаючи практичні кейси застосування цих методів.

Щербань В. Ю., Краснитський С. М., Астістова Т. І. та Яхно В. М. [5] представили комплексний підхід до методів представлення, збереження та аналізу даних в інформаційних системах, що є важливим для побудови систем прогнозування попиту. Кушнір О. К. та Чаплінський В. Р. [4] досліджували статистичні методи аналізу великих даних, що особливо актуально в контексті сучасних обсягів інформації про споживчий попит.

Незважаючи на значні напрацювання в галузі методів аналізу даних, питання їх систематизації та вибору оптимальних підходів для встановлення попиту на конкретні категорії товарів, зокрема комп'ютерну техніку, потребує подальшого дослідження та узагальнення.

Виклад основного матеріалу. До основних методів аналізу даних, які використовуються в сучасній практиці відносяться: описова статистика, кореляційний аналіз, регіональний аналіз, методи машинного навчання, аналіз часових рядів та інші [1]. Розглянемо кожен із методів детальніше.

Описова статистика є основним методом аналізу даних, який дозволяє отримати загальне уявлення про структуру та характеристики даних. Її ціль – узагальнити велику кількість даних за допомогою показників, що описують центральну тенденцію, розподіл та варіативність. Описова статистика широко використовується як на початковому етапі аналізу для ознайомлення з даними, так і для побудови моделей [1].

Основні показники описової статистики включають такі метрики. Середнє значення (Mean) – це загальний показник, що відображає «центральне» значення набору даних. Середнє значення є чутливим до викидів, тому може не завжди точно відображати «типове» значення у наборі даних [1]. Медіана (Median) – це значення, яке розташоване посередині впорядкованого ряду даних. Якщо n – непарне, медіана – це центральний елемент ряду, а якщо n парне, медіана визначається як середнє значення двох центральних елементів. Медіана є більш стійкою до викидів у порівнянні із середнім, оскільки не враховує крайні значення [9]. Мода (Mode) – це значення, яке найчастіше зустрічається у вибірці. Мода корисна для опису даних, де спостерігаються часті повторення значень, наприклад, у категоріальних даних [7]. Дисперсія (Variance) відображає розсіювання значень навколо середнього. Дисперсія відображає, наскільки дані відхиляються від середнього значення, і є основою для обчислення стандартного відхилення [7]. Стандартне відхилення (Standard Deviation) є квадратним коренем із дисперсії. Стандартне відхилення також показує рівень варіативності даних. Низьке значення вказує на те, що значення групуються близько до середнього, а високе – на значну варіативність [6].

Також для кращого розуміння аналізу, досить часто використовують ще й наступні метрики розподілу даних. Коефіцієнт асиметрії (Skewness) показує, наскільки розподіл даних зміщений відносно середнього значення. Додатнє значення свідчить про те, що дані зміщені вправо, а від'ємне – вліво. Коефіцієнт ексцесу (Kurtosis) показує, наскільки «гострий» або «плоский» розподіл даних порівняно з нормальним розподілом. Позитивний ексцес свідчить про гострий розподіл (висока концентрація даних біля середнього), а негативний – про плаский розподіл [6].

Описова статистика, крім числових характеристик, часто використовує візуалізацію даних, що спрощує аналіз і допомагає виявляти закономірності. Основними інструментами такої візуалізації є гістограми, які графічно відображають частоту значень у вигляді стовпців; а також діаграми розсіювання, які застосовуються для аналізу зв'язків між двома змінними [10]. Описова статистика є простим та ефективним інструментом для початкового аналізу даних, проте вона має обмеження, оскільки не враховує взаємодію змінних та не дозволяє здійснити прогнозування. Вона є базовим етапом для подальшого застосування більш складних методів аналізу даних, таких як кореляційний аналіз та машинне навчання [10].

Кореляційний аналіз є методом, що дозволяє виміряти силу і напрямок зв'язку між двома кількісними змінними. Він є особливо корисним у дослідженнях, де важливо оцінити залежність між змінними для подальшого аналізу чи прогнозування. Кореляція дозволяє визначити, чи зміна однієї змінної пов'язана із зміною іншої, і в якому напрямку цей зв'язок відбувається [3]. Найпоширенішим показником кореляції є коефіцієнт кореляції Пірсона, який вимірює лінійний зв'язок між двома змінними. Коефіцієнт кореляції Пірсона (r) обчислюється за формулою [3]:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

де X_i і Y_i – значення змінних X та Y , \bar{X} і \bar{Y} – середні значення змінних X та Y .

Значення коефіцієнта кореляції лежить у межах від -1 до 1, при цьому $r = 1$ вказує на ідеальну позитивну кореляцію (обидві змінні зростають разом), $r = -1$ свідчить про ідеальну негативну кореляцію (одна змінна зростає, а інша спадає), $r = 0$ означає відсутність лінійного зв'язку між змінними [3].

Коли аналізують зв'язки між кількома змінними, застосовується кореляційна матриця, яка є квадратною таблицею, де кожна клітинка містить коефіцієнт кореляції між парою змінних. Така матриця дозволяє одночасно вивчити всі зв'язки між змінними.

Співвідношення кореляції і причинно-наслідкового зв'язку також допомагає в проведенні аналізу. Високий коефіцієнт кореляції між змінними може свідчити про наявність зв'язку, але не дає інформації про те, чи є одна змінна причиною змін іншої. Наприклад, якщо між змінними X і Y виявлено сильний зв'язок, це може бути наслідком впливу третьої змінної Z , яка впливає на обидві інші [3].

Коефіцієнт кореляції Спірмена [1] застосовується для вимірювання монотонного, але не обов'язково лінійного зв'язку між змінними. Він використовується у випадках, коли дані не відповідають вимогам для застосування коефіцієнта Пірсона, наприклад, при наявності нелінійного зв'язку чи великої кількості викидів.

Формула для обчислення коефіцієнта Спірмена (r_s):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

де d_i – різниця рангів відповідних значень змінних X та Y , n – кількість спостережень.

Коефіцієнт Спірмена інтерпретується аналогічно до коефіцієнта Пірсона [1].

Кореляційний аналіз є основним інструментом при вивченні зв'язків між змінними у бізнес-аналітиці, маркетингових дослідженнях та соціологічних опитуваннях. Наприклад, для аналізу попиту на комп'ютерну техніку можна перевірити кореляцію між такими змінними, як ціна та обсяг продажів, сезонність та попит. Використовуючи кореляційний аналіз, можна визначити ключові фактори, що впливають на зміну попиту, і в майбутньому застосувати ці знання для прогнозування [5].

Кореляцію часто представляють графічно за допомогою діаграм розсіювання. На такій діаграмі значення однієї змінної відкладаються по осі X , а значення іншої – по осі Y . Якщо змінні мають позитивний зв'язок, точки групуються навколо лінії з позитивним нахилом, якщо негативний – навколо лінії з негативним нахилом.

Кореляційний аналіз є швидким та простим способом виявлення зв'язків між змінними, однак він має ряд обмежень: кореляція не показує причинно-наслідковий зв'язок; висока кореляція може бути випадковою, особливо при великій кількості змінних; чутливість до викидів, що може призвести до викривлення результатів.

Кореляційний аналіз може виступати початковим етапом для подальшого регресійного аналізу або використання методів машинного навчання, які дозволяють враховувати багатовимірні зв'язки між змінними [5].

Машинне навчання є важливим інструментом для аналізу великих обсягів даних, що дозволяє виявляти закономірності, які традиційними методами аналізу можуть залишитися непоміченими. Методи машинного навчання здатні обробляти значну кількість змінних, враховувати складні взаємозв'язки та взаємодії між ними, що робить ці підходи особливо цінними для сучасної аналітики даних. Розглянемо основні методи машинного навчання, які використовуються для аналізу даних [4].

Кластеризація – це неконтрольований метод навчання, який використовується для об'єднання об'єктів у групи (кластери) на основі схожості між ними. Мета кластеризації полягає у виявленні внутрішніх структур даних та створенні груп з об'єктів, які мають подібні характеристики [4].

Метод k -середніх (k -means) один з методів кластеризації, який розподіляє дані на k кластерів, мінімізуючи відстань між кожною точкою та центром її кластера. Центр кожного кластера обчислюється як середнє значення точок, що входять до нього. Процес повторюється до досягнення стабільності кластерів [9].

Метод ієрархічної кластеризації створює ієрархічну структуру кластерів, об'єднуючи об'єкти в групи з різним рівнем деталізації. Процес може бути агломеративним (знизу вгору) або дивізивним (згори вниз). Результати ієрархічної кластеризації часто візуалізуються у вигляді дендрограми, яка ілюструє послідовність злиття кластерів [3].

Методи зниження розмірності застосовуються для скорочення кількості змінних у наборі даних, зберігаючи при цьому найважливішу інформацію. Це спрощує інтерпретацію даних, знижує обчислювальні витрати та покращує точність аналізу.

Аналіз головних компонент знижує розмірність даних шляхом перетворення змінних у новий набір некорельованих компонент. Кожна компонента є лінійною комбінацією початкових змінних, і першочергово відбираються компоненти, що пояснюють найбільшу частину варіативності даних [7].

Метод t -SNE (t -Distributed Stochastic Neighbor Embedding) використовується для візуалізації високорозмірних даних у дво- або тривимірному просторі, зберігаючи відносні відстані між точками. Цей метод особливо популярний для аналізу та візуалізації складних наборів даних, таких як зображення чи текст [6].

Асоціативний аналіз застосовується для пошуку правил, що описують зв'язки між змінними у великих наборах даних. Цей метод широко використовується для аналізу даних, де важливо розуміти зв'язки між покупками.

Алгоритм Apriori генерує правила асоціації на основі частоти комбінацій елементів. Наприклад, можна визначити, що покупці, які купили товар A , з великою ймовірністю також куплять товар B . Для обчислення сили зв'язку використовуються показники support (підтримка), confidence (впевненість) та lift (підйом):

Алгоритм Apriori дозволяє виявляти часто повторювані шаблони в даних і застосовується для аналізу поведінки споживачів [10].

$$\text{Support}(A \Rightarrow B) = \frac{\text{Кількість транзакцій з } A \text{ і } B}{\text{Загальна кількість транзакцій}}$$

$$\text{Confidence}(A \Rightarrow B) = \frac{\text{Кількість транзакцій з } A \text{ і } B}{\text{Кількість транзакцій з } A}$$

$$\text{Lift}(A \Rightarrow B) = \frac{\text{Confidence}(A \Rightarrow B)}{\text{Support}(A \Rightarrow B)}$$

Метод опорних векторів створює гіперплощину, яка максимально розділяє об'єкти різних класів у просторі ознак. Цей метод допомагає аналізувати, як об'єкти розподілені між класами, і може використовуватися для виявлення важливих ознак [3].

Дерева рішень будують послідовність розгалужень, що базуються на значеннях змінних, і класифікують об'єкти на основі цих розгалужень. Аналіз дерев рішень дозволяє ідентифікувати ключові змінні, які найбільше впливають на розподіл об'єктів по класах [3].

Методи машинного навчання для аналізу даних мають здатність обробляти великі обсяги інформації та виявляти складні взаємозв'язки. Такі методи, як кластеризація та зниження розмірності, допомагають зробити дані більш зрозумілими, а асоціативний аналіз надає цінну інформацію про поведінку споживачів, яка може бути корисною для розробки бізнес-стратегій.

Аналіз даних є основним етапом у розробці системи, що дозволяє отримувати корисну інформацію з часових даних попиту на комп'ютерну техніку. Зважаючи на специфіку завдання, яке передбачає не лише аналіз, але й подальше прогнозування попиту, необхідно вибрати методи, що здатні забезпечити глибоке розуміння даних і виявити ключові закономірності [1, 7, 10]. Вибрані методи повинні не лише ідентифікувати основні тренди та сезонні коливання, а й підготувати дані для застосування прогнозних моделей [3].

Часовий аналіз є невід'ємною частиною аналізу часових даних (зокрема, даних попиту). За допомогою аналізу часових рядів можна ідентифікувати річні тренди та сезонні коливання, які є важливими для розуміння динаміки попиту на комп'ютерну техніку. Методи, що застосовуються у часовому аналізі, дозволяють визначити не лише загальні тенденції, але й зміни попиту впродовж різних сезонів [10]. Такий підхід дає змогу сформулювати річні та сезонні діаграми, які візуально представляють зміну попиту протягом року.

Описова статистика допомагає отримати загальне уявлення про структуру даних і дає можливість оцінити варіативність попиту. У контексті прогнозування попиту вона включає обчислення таких показників, як середнє значення, максимальні та мінімальні значення попиту за рік, що дозволяє визначити рівень коливань і стабільність попиту впродовж року [10]. Додатково до середніх показників можна включити медіану, стандартне відхилення та квартилі, що надасть більш повне уявлення про розподіл попиту.

Ці показники розраховуються як для річних, так і для сезонних даних, що дає можливість проводити більш детальний аналіз варіативності попиту, а також виявляти нестабільні періоди. Описова статистика допоможе зрозуміти особливості ринку комп'ютерної техніки, що, своєю чергою, покращить підготовку даних для прогнозування [1].

Сезонний аналіз дозволяє врахувати повторювані щорічні шаблони попиту, що є важливим для планування закупівель і розподілу товарів. У випадку комп'ютерної техніки попит може змінюватися в різні пори року, залежно від різноманітних зовнішніх факторів, таких як періоди розпродажів чи сезонні акції. Використання сезонних діаграм допомагає визначити пікові періоди попиту, що, своєю чергою, допоможе точніше налаштувати прогнозні моделі для кожного сезону [3].

Останнім важливим компонентом вибраної методології є інтерактивна візуалізація даних. Візуалізація дозволяє зручно представити результати часових і сезонних аналізів, що полегшує розуміння зміни попиту та робить інтерпретацію даних більш доступною для користувачів. Інтерактивні графіки стануть важливим інструментом, який допоможе не лише аналітикам, але й кінцевим користувачам системи приймати обґрунтовані рішення на основі візуалізованих даних [3].

Висновки. У результаті для подальшої розробки системи аналізу та прогнозування попиту на комп'ютерну техніку було обрано такі методи аналізу даних: часовий аналіз, який дозволяє виявити річні тренди та сезонність; описову статистику для оцінки варіативності попиту; зниження розмірності, що сприяє оптимізації даних у разі великої кількості змінних; сезонний аналіз, який допомагає ідентифікувати циклічні шаблони попиту; а також інтерактивну візуалізацію, що забезпечує зручну інтерпретацію даних. Використання цих методів забезпечить глибокий аналіз часових даних, що дозволить побудувати міцну основу для точного прогнозування попиту.

Список використаних джерел:

1. Акіменко В. В. Прикладні задачі інтелектуального аналізу даних (DATA MINING). К.: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2018. 152 с.
2. Алексєєв Б. О., Коротун О. В., Вакалюк Т. А. Підвищення ефективності обробки даних великого обсягу в контексті інтернет-речей. *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції*. Черкаси, 2022. С. 78–80.
3. Гороховатський В. О., Творошенко І. С. Методи інтелектуального аналізу та оброблення даних: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2021. 92 с.
4. Кушнір О. К., Чаплінський В. Р. Статистичні методи аналізу великих даних. *Modern Economics*. 2023. № 39(2023). С. 75–81. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V39\(2023\)-11](https://doi.org/10.31521/modecon.V39(2023)-11)
5. Щербань В. Ю., Краснитський С. М., Астістова Т. І., Яхно В. М. Методи представлення, збереження та аналізу даних інформаційних систем. К.: ТОВ "Фастбінд Україна", 2023. 472 с.
6. Cihon, Cheryl, Taylor John K. Statistical techniques for data analysis. 2nd. ed. URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780203492390_A24396775/preview-9780203492390_A24396775.pdf
7. Hamed Taherdoost. Different Types of Data Analysis; Data Analysis Methods and Techniques in Research Projects Authors. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*, 2020, 9 (1), pp. 1–9. URL: <https://hal.science/hal-03741837/document>
8. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R. New York : Springer, 2021. 607 p. DOI: 10.1007/978-1-0716-1418-1
9. Mohaiminul Islam. Data Analysis: Types, Process, Methods, Techniques and Tools. *International Journal on Data Science and Technology*, 2020. 6(1), 10–15. <https://doi.org/10.11648/j.ijdst.20200601.12>
10. Montgomery D. C., Peck E. A., Vining G. G. Introduction to Linear Regression Analysis. 6th ed. Hoboken : Wiley, 2021. 704 p.

Дата надходження статті: 13.11.2025

Дата прийняття статті: 10.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025