

Розум М. В., кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри технічної кібернетики й інформаційних технологій
імені проф. Р.В. Мерктя
Одеського національного морського університету
ORCID: 0000-0002-9459-8044

Ігнат'єва К. М., здобувач вищої освіти
спеціальності «Комп'ютерні науки»
Одеського національного морського університету
ORCID: 0009-0001-2689-2700

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІШЕНЬ: ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА НА ОСНОВІ КЛАСИЧНИХ КРИТЕРІЇВ

У роботі представлено розробку та реалізацію комплексної інформаційної системи підтримки прийняття рішень, що ґрунтується на використанні класичних критеріїв вибору в умовах невизначеності – Лапласа, Вальда, Севіджа та Гурвіца. Система створена як інструмент для автоматизації обчислень, візуалізації результатів, збереження параметрів задачі та забезпечення підвищеної точності під час аналізу альтернатив. Завдяки цьому її можна ефективно використовувати як у навчальному процесі для демонстрації теоретичних принципів, так і в прикладних аналітичних сценаріях, де важливо швидко оцінити ризики, порівняти стратегії та обґрунтувати оптимальний вибір.

Адаптація інтерфейсу системи включає впровадження сучасного дизайну, інтерактивних графічних компонентів на основі Plotly, оптимізованої структури навігації, а також підтримку імпорту та експорту даних у форматі Excel. Це забезпечує зручність роботи з великими обсягами інформації та дозволяє користувачу оперативно змінювати параметри задачі. Оновлена структура бази даних містить нові сутності для збереження історії обчислень, параметрів задачі та типів критеріїв. Такий підхід підвищує гнучкість і масштабованість системи, створюючи передумови для подальшого розширення функціоналу, інтеграції нових методів і розробки додаткових модулів.

Кожен з критеріїв реалізовано у вигляді автономного програмного модуля з чітко структурованою логікою обробки даних. Користувач вводить матрицю вигравів або втрат, після чого система автоматично розраховує результат, формує проміжні коефіцієнти та демонструє підсумкове рішення у зручному для аналізу вигляді. Передбачено механізми повторного використання параметрів, можливість формування звітів, а також збереження усіх виконаних операцій для подальшого аналізу або порівняння.

Представлена реалізація поєднує математичну строгість з актуальними технологічними рішеннями, надаючи комплексний інструмент для освітніх, дослідницьких та управлінських застосувань. Система дозволяє підвищити якість аналітики, мінімізувати вплив людського фактору та підтримує прийняття стратегічно обґрунтованих рішень у різноманітних галузях.

Ключові слова: прийняття рішень, критерій Лапласа, критерій Вальда, критерій Севіджа, критерій Гурвіца, інформаційна система, Plotly, Excel, оптимізація, стратегічне планування.

Rozum M. V., Ihnatieva K. M. Comprehensive decision analysis: information system based on classical criteria

The study presents the development and implementation of a comprehensive information system for decision-making support based on classical criteria applied under uncertainty – Laplace, Wald, Savage, and Hurwicz. The system is designed as a tool for automating calculations, visualizing results, storing problem parameters, and ensuring increased accuracy in the analysis of alternatives. This makes it effective for use both in the educational process, where it serves to demonstrate theoretical principles, and in applied analytical scenarios where rapid risk assessment, strategy comparison, and justification of an optimal choice are required.

The system's interface adaptation includes the introduction of a modern design, interactive graphical components based on Plotly, an optimized navigation structure, as well as support for data import and export in Excel format. This ensures convenience when working with large volumes of information and allows the user to quickly adjust problem parameters. The updated database structure includes new entities for storing the calculation history, problem parameters, and criterion types. This approach increases the system's flexibility and scalability, creating the foundation for further functional expansion, integration of new methods, and development of additional modules.

Each criterion is implemented as an autonomous software module with clearly structured data-processing logic. The user enters a payoff or loss matrix, after which the system automatically performs the calculations, generates intermediate coefficients, and presents the final solution in a form convenient for analysis. Mechanisms for reusing parameters, generating reports, and storing all performed operations for subsequent analysis or comparison are provided.



The presented implementation combines mathematical rigor with modern technological solutions, offering a comprehensive tool for educational, research, and managerial applications. The system improves the quality of analytics, minimizes the influence of human error, and supports the adoption of strategically justified decisions across various domains.

Key words: decision-making, Laplace criterion, Wald criterion, Savage criterion, Hurwicz criterion, information system, Plotly, Excel, optimization, strategic planning.

Постановка проблеми. В умовах зростання обсягів даних та необхідності обґрунтованого вибору формалізовані критерії прийняття рішень набувають критичного значення. Однак, практична реалізація цих математичних методів часто ускладнена через відсутність доступних та адаптованих інформаційних систем (ІС). Існуючі професійні системи зазвичай мають складну структуру та не враховують потреби користувачів без глибокої математичної підготовки, що обмежує їх застосування в освітньому та дослідницькому середовищі. З огляду на це, актуальною є розробка інформаційної системи підтримки рішень, яка поєднає класичні методи багатокритеріального аналізу з сучасними веб-технологіями, інтерактивною візуалізацією та засобами автоматизації розрахунків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі розробки ІС було проаналізовано низку наукових джерел щодо класичних критеріїв вибору в умовах невизначеності та багатокритеріального аналізу. Особливу увагу приділено критеріям Лапласа, Вальда, Гурвіца, Севіджа та підходам до обробки множинних альтернатив.

Стаття [1] розглядає аксіоматичне розширення класичних критеріїв (Лапласа, Вальда, Гурвіца, Севіджа) для 3D матричних ігор, вводячи друге незалежне «стан природи» для моделювання ситуацій із множинними факторами впливу. Це демонструє трансформацію однофакторних критеріїв у багатовимірні правила.

У роботі [2] вирішується проблема множинних оптимальних альтернатив за критеріями Вальда, Лапласа, Гурвіца та Севіджа, пропонуючи метод уточнення вибору через середньоквадратичне відхилення виграшів для обрання найбільш стабільної альтернативи.

Публікація [3] систематизує класичні критерії (Вальда, Севіджа, Гурвіца, Байеса) та демонструє їх застосування в управлінських сценаріях.

Джерело [4] доповнює теоретичну базу моделювання в умовах невизначеності, зокрема в контексті міжнародних відносин, та стало корисним для реалізації модуля експертного оцінювання.

У статті [5] запропоновано модифікації критерію Гурвіца (методи APO і SAPO), які комбінують індекс песимізму-оптимізму з підходом Лапласа та враховують розподіл виграшів.

В роботі [6] автори запропонували рішення задачі лінійного програмування в умовах визначеності.

В роботі [7] авторами була розроблена інформаційної система для підтримки процесу прийняття рішень у межах навчальної дисципліни «Теорія прийняття рішень» [8] у вигляді веб-додатку для автоматизації застосування деяких методів прийняття рішень в умовах визначеності, зокрема методів аналізу ієрархій, бінарних відношень та експертних оцінок.

Таким чином, аналіз наукових джерел дозволив обґрунтувати вибір та коректну реалізацію методів, створивши надійне теоретичне підґрунтя для побудови системи, що поєднає класичні критерії з сучасними технологічними рішеннями.

Метою статті є розробка інформаційної системи, яка поєднає теоретичні основи підтримки прийняття рішень з практичним застосуванням сучасних інформаційних технологій у сфері аналітики та управління.

Виклад основного матеріалу. Розроблена ІС базується на комплексному підході, об'єднуючи методи прийняття рішень як в умовах визначеності, так і невизначеності. Модулі для багатокритеріального аналізу (методи аналізу ієрархій, бінарних відношень та експертних оцінок), реалізовані і описані у попередній роботі [7], були збережені. Водночас, інтерфейс, архітектура бази даних та логіка інтеграції даних були повністю перероблені. Ця робота фокусується на розширенні функціоналу ІС шляхом реалізації класичних критеріїв для прийняття рішень в умовах невизначеності: критеріїв Лапласа, Вальда, Севіджа та Гурвіца.

Критерій Лапласа ґрунтується на принципі недостатньої підстави: за відсутності достовірної інформації усі стани природи вважаються рівномірними. Він використовується для обчислення математичного очікування виграшу для кожної альтернативи, обираючи ту, що має найкраще середнє значення. Метод є нейтральним щодо ризику, простим у реалізації та інтерпретації, хоча й не враховує крайні сценарії.

Формула для знаходження кращої альтернативи за критерієм Лапласа має вигляд:
$$\max_{a_i} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v(a_i, s_j) \right\}$$

де a_i – i -та альтернатива, s_j – j -й стан природи, $v(a_i, s_j)$ – дохід, $1 \leq i \leq m$, $1 \leq j \leq n$.

Якщо величина $v(a_i, s_j)$ представляє витрати особи, то застосовуємо формулу
$$\min_{a_i} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v(a_i, s_j) \right\}.$$

У побудованій системі користувач вводить матрицю виграшів або втрат, після чого система автоматично обчислює середні значення. Результати (рис. 1) виводяться у вигляді таблиці та інтерактивного графіка, що дозволяє швидко порівняти альтернативи.

Критерій Вальда моделює поведінку особи, яка прагне уникнути найгірших наслідків. Він застосовується в умовах невизначеності, коли ймовірності станів природи невідомі, а ризик неприйнятний. Метод



Рис. 1. Візуалізація результатів критерію Лапласа

часто використовується в оборонному плануванні, фінансовому аналізі та медичних рішеннях, де ключовим є мінімізація втрат.

Суть методу полягає у визначенні найгіршого можливого результату (мінімального виграшу або максимальних втрат) для кожної альтернативи a_i , після чого обирається альтернатива з найкращим серед цих результатів. Формули мають вигляд: $\max_{a_i} \left\{ \min_{s_j} (a_i, s_j) \right\}$, $\min_{a_i} \left\{ \max_{s_j} (a_i, s_j) \right\}$.

У системі реалізація критерію Вальда починається із введення параметрів задачі (рис. 2), включаючи тип значень – «прибуток» або «витрати». Це дозволяє системі автоматично застосувати відповідну формулу. Результати виводяться у вигляді таблиці та графіка.

Критерій Севіджа орієнтований на мінімізацію втрат, що виникають у разі неправильного вибору, а не на максимізацію виграшу. Метод вимагає побудови матриці втрат (ризик), де для кожної альтернативи

Опис задачі

Опишіть задачу, яку потрібно розв'язати (необов'язково)...

Наприклад: Вибір стратегії інвестування при невизначеності ринкових умов

Параметри аналізу

Кількість альтернатив: 2 (Мінімум 2, рекомендовано до 5)

Кількість умов: 2 (Мінімум 2, рекомендовано до 6)

Тип значень у матриці

Прибуток Втрати

Виберіть, що відображає платіжна матриця

ДАЛІ

Рис. 2. Початкова сторінка модуля критерію Вальда з параметрами задачі

обчислюється її втрата як різниця між максимальним можливим вирашем і фактичним результатом для кожного стану природи. Оптимальною вважається альтернатива з найменшою серед максимальних втрат.

Елемент матриці втрат $r(a_i, s_j)$ визначається як

$$r(a_i, s_j) = \begin{cases} \max_{a_k} \{v(a_k, s_j)\} - v(a_i, s_j), & \text{якщо } v - \text{ дохід,} \\ v(a_i, s_j) - \min_{a_k} \{v(a_k, s_j)\}, & \text{якщо } v - \text{ втрати.} \end{cases}$$

Критерій Севіджа широко застосовується в бізнес-аналітиці та управлінні ризиками, дозволяючи обрати стратегію з мінімальним «покаранням» за неідеальний вибір.

У системі реалізація критерію Севіджа починається із введення параметрів (кількість альтернатив, станів природи) та вибору типу значень («прибуток» або «витрати»). Користувач також має можливість завантажити Excel-файл з готовими даними, що пришвидшує роботу з великими наборами (рис. 3). Така структура забезпечує адаптивність інтерфейсу до конкретного контексту задачі.

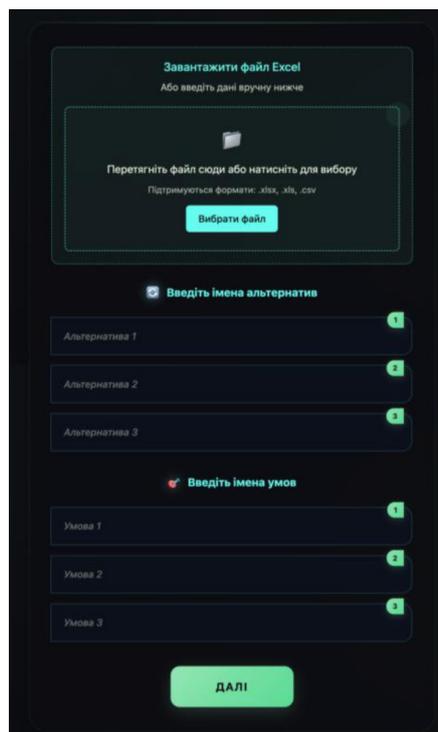


Рис. 3. Сторінка введення імен альтернатив і умов та завантаження Excel-файлу для критерію Севіджа

Критерій Гурвіца є компромісом між песимістичним і оптимістичним підходами до прийняття рішень. Метод враховує як найгірший, так і найкращий можливий результат для кожної альтернативи, використовуючи суб'єктивний коефіцієнт оптимізму α , де $0 \leq \alpha \leq 1$ та елемент платіжної матриці $v(a_i, s_j)$. Такий підхід широко застосовується в стратегічному плануванні, інвестиційному аналізі та соціальних дослідженнях, де необхідно балансувати між ризиком і потенціалом.

Формула для обчислення критерію Гурвіца у випадку доходів (a_i, s_j) має вигляд:

$$\max_{a_i} \left[\alpha \max_{s_j} v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) \min_{s_j} v(a_i, s_j) \right]. \text{ Якщо величини } v(a_i, s_j) - \text{ втрати, то критерій має наступний вид}$$

$$\min_{a_i} \left[\alpha \min_{s_j} v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) \max_{s_j} v(a_i, s_j) \right].$$

У системі реалізація методу починається з введення назв альтернатив і станів природи, після чого користувач заповнює матрицю вирашів (рис. 4). А на початковій сторінці розміщено поле для встановлення значення α , яке миттєво впливає на обчислення. Це дозволяє моделювати різні сценарії поведінки – від повного оптимізму до крайнього песимізму – та візуально оцінити, як змінюється вибір залежно від параметра.

Особливості реалізації інформаційної системи. У межах розробки нової версії інформаційної системи підтримки прийняття рішень [7] було здійснено комплексну модернізацію: повністю оновлено інтерфейс користувача, архітектуру бази даних та впроваджено механізми імпорту й експорту даних у форматі електронних таблиць. Це забезпечило масштабованість, прозорість обчислень і зручність для освітнього та дослідницького середовища.

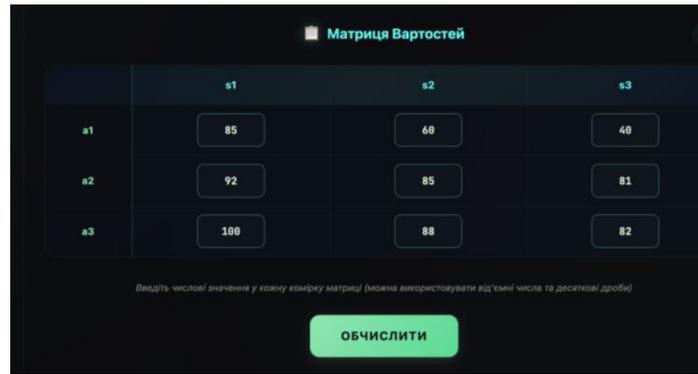


Рис. 4. Введення матриці виграшів в модулі критерію Гурвіца

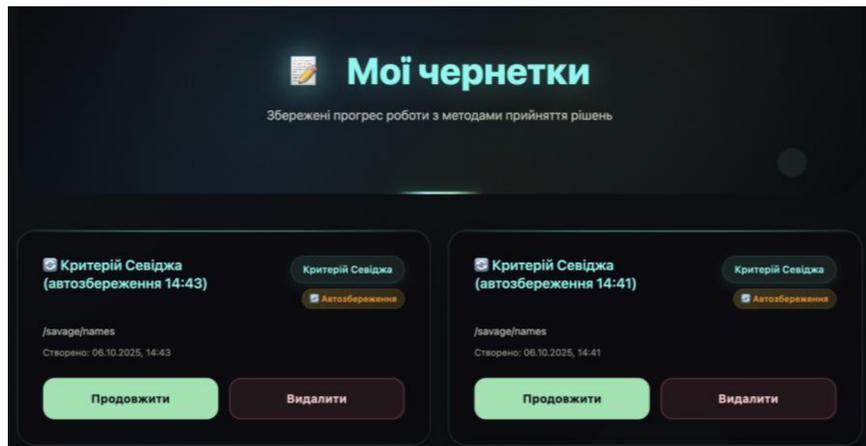


Рис. 5. Сторінка з чернетками користувача

Інтерфейс системи отримав сучасний дизайн із чіткою типографікою та логічною структурою блоків. Кожен критерій (Лапласа, Вальда, Севіджа, Гурвіца) розміщено на окремій вкладці, а елементи введення згруповані за етапами роботи – від параметрів до результатів. Такий підхід зменшує кількість помилок і прискорює аналіз. Візуалізація реалізована через бібліотеку Plotly 5.18.0 [11], що забезпечує використання інтерактивних графіків з можливістю наведення, масштабування й експорту. Система також підтримує автоматичне збереження даних (рис. 5) і локальне кешування для зручного повернення до попередніх кроків.

Архітектуру бази даних побудовано на реляційній моделі з чітким поділом сутностей: альтернатив, станів природи, типів критеріїв, параметрів задачі та результатів обчислень. Це дозволило підвищити масштабованість і спростити додавання нових методів. Додано сутності «Сесія користувача» та «Історія обчислень», що забезпечують аудит, зберігання проміжних версій і формування звітів. Передбачено також журналювання змін для відстеження хронології роботи.

Окрему увагу приділено інтеграції з Excel: система підтримує імпорт і експорт у форматах .xls і .xlsx з використанням бібліотеки OpenPyXL 3.1.2 [12]. Користувач може завантажувати готові матриці або експортувати результати у вигляді звіту, а вбудована перевірка структури файлу запобігає помилкам. Це забезпечує сумісність із зовнішніми аналітичними інструментами – Google Sheets, Power BI – та робить систему універсальною для управлінських, освітніх і дослідницьких завдань.

Висновки. У результаті проведеного дослідження реалізовано комплексну інформаційну систему підтримки прийняття рішень, яка об'єднує класичні критерії невизначеності (Лапласа, Вальда, Севіджа, Гурвіца) та раніше розроблені методи багатокритеріального аналізу (бінарних відношень, аналізу ієрархій, експертних оцінок). Система забезпечує автоматизовану обробку, інтерактивну візуалізацію та збереження результатів, поєднуючи математичну строгість із сучасними технологічними рішеннями. Кожен метод реалізовано як окремий модуль з адаптованим інтерфейсом, підтримкою Excel та оновленою реляційною структурою бази даних.

Внесені до інтерфейсу, архітектури та логіки обробки даних зміни значно підвищили зручність користування, стабільність і гнучкість системи. Особливу увагу було приділено прозорості обчислень та можливості повторного використання параметрів. Система демонструє високу адаптивність, що робить її актуальною для освітніх симуляцій та управлінських кейсів. Перспективи подальшого розвитку включають розширення методологічної бази, інтеграцію з зовнішніми джерелами даних та впровадження багатомовної підтримки.

Список використаних джерел:

1. Özkaya, Murat, İzgi, Burhaneddin, Perc, Matjaž. Axioms of Decision Criteria for 3D Matrix Games and Their Applications. *Mathematics*. 2022, Vol. 10 (23), 4524; DOI: <https://doi.org/10.3390/math10234524>
2. Catalin Angelo Ioan, Gina Ioan. A A method of choice of the best alternative in the multiple solutions case in the Games Theory. *The Journal of Accounting and Management, Danubius University of Galati*, 2011, issue 1, P. 5–8. URL: <https://ideas.repec.org/a/dug/jaccma/y2011i1p5-8.html>
3. Шарко М. В., Медвідь А. В. Критерії прийняття рішення в умовах невизначеності. *Таврійський науковий вісник*. 2012. № 80. С. 372–378. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/80_2012/70.pdf
4. Ковальчук О. Я. Математичне моделювання і прогнозування в міжнародних відносинах. – Тернопіль : ТНЕУ, 2019. 412 с. URL: <https://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/38515>
5. Gaspars-Wieloch, Helena. Modifications of the Hurwicz's decision rule. *Central European Journal of Operations Research*, 2014, 22(4). P. 779–794. DOI: 10.1007/s10100-013-0302-y
6. Розум М. В., Бугаєва І. Г. Рішення двохетапної транспортної задачі з використанням бібліотеки Pulp мови Python. *Вісник Одеського національного морського університету*, № 71. С. 207–220. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2023-4-207-220>
7. Розум, М. В., & Ігнат'єва, К. М. (2025). Інформаційна система підтримки прийняття рішень. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Технічні науки, (3), 153–166. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.3.17>
8. Розум М. В. Теорія прийняття рішень: навчальний посібник для спеціальностей 122 – Комп'ютерні науки, 124 – Системний аналіз, 125 – Кібербезпека та захист інформації (для денної та заочної форм навчання). – Одеса: Видавництво «ОНМУ», 2024.- 290 с. URL: https://onmu-moodle.od.ua/pluginfile.php/211165/mod_resource/content/2/ТПР_НП.pdf
9. Wald A. *Statistical Decision Functions*. New York: John Wiley & Sons, Inc. London. 1950. 192 p. URL: <https://gwern.net/doc/statistics/decision/1950-wald-statisticaldecisionfunctions.pdf>
10. Savage L. J. *The Foundations of Statistics*. New York : Dover Publications, 1972. 331 p. URL: <https://gwern.net/doc/statistics/decision/1972-savage-foundationsofstatistics.pdf>
11. Plotly URL: <https://plotly.com/python/>
12. OpenPyXL URL: <https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/>

References:

1. Özkaya, Murat & İzgi, Burhaneddin & Perc, Matjaž. (2022). Axioms of Decision Criteria for 3D Matrix Games and Their Applications. *Mathematics*, 10(23), 4524; <https://doi.org/10.3390/math10234524>
2. Catalin Angelo Ioan & Gina Ioan. (2011). A A method of choice of the best alternative in the multiple solutions case in the Games Theory. *The Journal of Accounting and Management, Danubius University of Galati*, issue 1, P. 5–8. Retrieved from: <https://ideas.repec.org/a/dug/jaccma/y2011i1p5-8.html>
3. Sharko, M. V. & Medved, A. V. (2012). Kryterii pryiniattia rishennia v umovakh nevyznachenosti [Decision-making criteria under uncertainty]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, Vol. 80, P.372–378. Retrieved from: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/80_2012/70.pdf [in Ukrainian].
4. Kovalchuk, O. Ya. (2019). Matematychnе modeliuвання ta prohnozuvannya v mizhnarodnykh vidnosynakh [Mathematical modeling and forecasting in international relations]. Ternopil, Ukraine: TNEU, 412 p. Retrieved from: <https://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/38515> [in Ukrainian].
5. Gaspars-Wieloch, Helena. (2014). Modifications of the Hurwicz's decision rule. *Central European Journal of Operations Research*, 22(4), 779–794. DOI: 10.1007/s10100-013-0302-y
6. Rozum, M., & Bugayeva, I. (2023). Solution of the two-stage transportation problem with using the Pulp library of the Python language. *Herald of the Odessa National Maritime University*. (71). 207–220. DOI: <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2023-4-207-220> [in Ukrainian].
7. Rozum, M. V., & Ihnatieva, K. M. (2025). Decision support information system. *Tavriya Scientific Herald*. Series: Technical Sciences, (3), 153–166. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.3.17>
8. Rozum, M. V. (2024). Decision-making theory: a textbook for specialties 122 – Computer science, 124 – System analysis, 125 – Cybersecurity and information security (for full-time and part-time forms of study). Odesa : ONMU, 290 p. Retrieved from: https://onmu-moodle.od.ua/pluginfile.php/211165/mod_resource/content/2/TPR_NP.pdf [in Ukrainian].
9. Wald, A. (1950). *Statistical Decision Functions*. New York : John Wiley & Sons, Inc. London. 192 p. Retrieved from: <https://gwern.net/doc/statistics/decision/1950-wald-statisticaldecisionfunctions.pdf>
10. Savage, L. J. (1972). *The Foundations of Statistics*. New York : Dover Publications, 1972. 331 p. Retrieved from: <https://gwern.net/doc/statistics/decision/1972-savage-foundationsofstatistics.pdf>
11. Plotly Retrieved from: <https://plotly.com/python/>
12. OpenPyXL Retrieved from: <https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/>

Дата першого надходження статті до видання: 20.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 15.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті 27.01.2026