

# Системи та технології<sup>®</sup>

( правонаступник наукового журналу  
"Вісник Академії митної служби України.  
Серія: "Технічні науки")

№ 1 (71)

*Науковий журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії "Б", в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів з галузі "Технічні науки", спеціальності D3 Менеджмент; F1 Прикладна математика; F3 Комп'ютерні науки; F5 Кібербезпека та захист інформації; F7 Комп'ютерна інженерія; G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка; G11 Машинобудування (за спеціалізаціями); J2 Готельно-ресторанна справа та кейтеринг; J5 Морський та внутрішній водний транспорт; J6 Авіаційний транспорт; J7 Залізничний транспорт; J8 Автомобільний транспорт.*



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2026

Системи та технології  
( правонаступник наукового журналу  
“Вісник Академії митної служби України. Серія: “Технічні науки”)  
Науковий журнал. Видається двічі на рік. Заснований у травні 1999 р.  
Рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет вченою радою  
Університету митної справи та фінансів (протокол № 7 від 26 січня 2026 р.)

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення  
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

*Редакційна колегія:*

Кузьменко А. І. – к.т.н., доц.  
(головний редактор);  
Халіпова Н. В. – к.т.н., доц.  
(заступник головного редактора);  
Прокопович-Ткаченко Д. І. – к.т.н., доц.  
(заступник головного редактора);  
Йозеф Костольни – PhD;  
Ян Рабчан – PhD;  
Бакіров Мюшфік Панах огли – к.т.н.;  
Балацька Н. Ю. – д.е.н., доц.;  
Бондаренко І. О. – д.т.н., доц.;  
Боярчук А. В. – к.т.н., доц.;  
Брежнев Є. В. – д.т.н., с.н.с.;  
Вишнікіна О. В. – к.х.н., доц.;  
Власов А. В. – к.т.н., ст. доцл.;  
Волосова Н. М. – к.т.н.;  
Гарт Е. Л. – д.ф.-м.н., проф.;  
Гордєєв О. О. – к.т.н., доц.;  
Джанджоян В. В. – д.е.н., доц.;  
Дошенко С. І. – д.т.н., доц.;  
Зашолкін К. В. – к.т.н., доц.;  
Котух Є. В. – к.т.н.;

Кузін М. О. – д.т.н., доц.;  
Кучер М. М. – к.е.н., доц.;  
Мартинюк О. М. – к.т.н., доц.;  
Музичкін М. І. – к.т.н., доц.;  
Нестеренко Г. І. – к.т.н., доц.;  
Огар О. М. – д.т.н., проф.;  
Охріменко Т. О. – к.т.н.;  
Поночовний Ю. Л. – д.т.н., проф.;  
Прищаченко Г. О. – к.т.н., доц.;  
Прохорченко Г. О. – к.т.н., доц.;  
Сабіров О. В. – к.т.н., доц.;  
Сохацький А. В. – д.т.н., проф.;  
Стебляк Н. Ф. – к.е.н., доц.;  
Стебляк П. О. – д.ф.-м.н.;  
Чопоров С. В. – д.т.н., проф.;  
Шапорін Р. О. – к.т.н., доц.;  
Щербовський С. В. – д.т.н., с.н.с.;  
Юдіна О. І. – д.е.н., доц.;  
Язіва В. А. – к.е.н.;  
Яремчук С. О. – к.т.н.

DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-6643-2026-1-71>

ISSN 2521-6643

Коректори: Н. В. Спакогородська, Н. С. Ігнатова

Комп'ютерна верстка: Т. О. Климченко

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення  
№ 1136 від 11.04.2024 року. Ідентифікатор медіа: K30-03967.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Університет митної справи та фінансів (вул. Володимирів Вернадського, 2/4, 49000,  
м. Дніпро, e-mail: [university.msaf@gmail.com](mailto:university.msaf@gmail.com), [msaf.ua@gmail.com](mailto:msaf.ua@gmail.com), Тел.: (056) 745-55-96).

Періодичність видання: 2 рази на рік.

Мови розповсюдження: українська, англійська, польська, німецька, французька, італійська, литовська.

Адреса: м. Дніпро, вул. Володимирів Вернадського, 2/4, 49000

Тел.: +38 (099) 729 63 79

E-mail: [editor@st.umsf.in.ua](mailto:editor@st.umsf.in.ua)

Сайт видання: [st.umsf.in.ua](http://st.umsf.in.ua)

Видавничтво і друкарня – Видавничий дім «Галаветика»

65101, Україна, м. Одеса, вул. Інтернац., 6/1

Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: [mailbox@halyvetica.ua](mailto:mailbox@halyvetica.ua)

Свідчення суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

Дата розміщення онлайн: 27.01.2026. Дата друку: 03.02.2026.

Формат 60×84/8. Папір офсетний.

Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 27,20. Обл.-вид. арк. 23,79.

Наклад 100 прим. Замовлення № 0226/188.

Засновник: Університет митної справи та фінансів

---

## ЗМІСТ

### ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА

Лаврик В. В., Сукало М. Л. Математичне моделювання нечіткої комунікації в багатороботних системах на основі псевдоаналогових сигналів.....	7
Марчук А. Р., Ярецька Н. О. Візуалізація лінійної алгебри як інструменту прикладної математики: досвід упровадження GeoGebra у освіту майбутніх інженерів програмного забезпечення.....	15
Rasichnyk V. A., Rasichnyk A. N., Riabenko V. I. Mathematical models and algorithms of cryptographic data protection in distributed information systems.....	21
Сохацький А. В. Моделювання турбулентних течій навколо наземних транспортних апаратів з застосуванням гібридних підходів.....	28

### КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

Гуменюк А. О., Отрох С. І. Підвищення доступності даних у пірингових системах з адресацію вмісту за рахунок проактивної реплікації.....	39
Завгородня Г. А., Завгородній В. В. Оптимізація продуктивності комп'ютерних ігор на основі методів машинного навчання.....	45
Зайцева Т. А., Гончаров Я. А. Застосування адаптивних методів у чисельному моделюванні задач механіки.....	52
Зінченко А. Ю. Еволюційна оптимізація архітектури згорткових нейронних мереж у задачах інтелектуального аналізу даних.....	59
Крамар Ю. М., Вітківська І. І., Жаріков Е. В., Радіонов П. Ю. Метод формування груп A/B-тестів із мінімальним взаємним впливом із застосуванням алгоритму Стоєра-Вагнера.....	68
Молчанова М. О., Андрощук В. І., Шуріна М. О., Мазурець О. В. Об'єктно-орієнтований підхід до нейромережевого виявлення суб'єктів кібербулінгу за повідомленнями у керованому 3D-середовищі.....	73
Онищенко А. О., Бочаров Б. П., Костенко О. Б. Прогнозування ефективності пошукової оптимізації із використанням SVM: дані, моделювання та валідація.....	81
Отрох С. І., Кублій Л. І., Зашитинська М. О. Моніторинг стану розумного будинку за технологією IoT.....	87
Поперешняк С. В. Класифікаційно-структурний підхід до оцінювання випадковості коротких бінарних послідовностей у системах криптографічного захисту та IoT-телеметрії.....	92
Розум М. В., Ігнат'єва К. М. Комплексний аналіз рішень: інформаційна система на основі класичних критеріїв.....	101
Romanuk V. V. Smart contracts in decentralized energy markets: opportunities and regulatory challenges.....	107
Ульяновська Ю. В., Рудянова Т. М., Чуванько М. С. Основні аспекти розробки мобільного додатку для оптимізації поставок та виконання внутрішніх завдань з урахуванням ролей.....	118
Shyshkayeva G. A., Zaytseva T. A., Zhyt S. I., Korotunova O. V. Intellectual decisions to compressive sensing for efficient data acquisition in wireless sensor networks.....	128

### КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

Савченко Ю. В., Воскобойник В. О., Корнейко О. В., Зудова С. М. Лінійні рекурентні співвідношення у системі симетричних алгоритмів шифрування.....	136
--	-----

### МЕНЕДЖМЕНТ

Muzykin M. I., Nesterenko H. I., Bibik S. I., Barkalova N. O. Logistics management of motor vehicle terminal operations as a queuing system.....	146
--	-----

**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 Гурейца. 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 вигадів або втрат, після чого система автоматично розраховує результати, 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 підтримувати прийняття стратегічно обґрунтованих рішень у різноманітних галузях.

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

**Rozum M. V., Ignatieva 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 Hurvica. 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.



© М. В. Розум, К. М. Ігнат'єва, 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

*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, Hurvitz 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, актуально є розробка інформаційної системи підтримки рішень, яка поєднує 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, Байєса) 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 інформаційна 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 поєднує класичні критерії з сучасними технологічними рішеннями.

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

**Вклад 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 рівноймовірними. 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:  $\max_i \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v(\alpha_i, s_j) \right\}$ , де  $\alpha_i$  –  $i$ -та альтернатива,  $s_j$  –  $j$ -й стан природи,  $v(\alpha_i, s_j)$  – дохід,  $1 \leq i \leq m$ ,  $1 \leq j \leq n$ .

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

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  $\max_i \{ \min_j (a_{ij}) \}$ ,  $\min_i \{ \max_j (a_{ij}) \}$ .

У системі реалізація критерію Вальда починається із введення параметрів задачі (рис. 2), включаючи тип значень – «прибуток» або «втрати». 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

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

обчислюється її втрата як різниця між максимальним можливим виграмом і фактичним результатом для кожного стану природи. Оптимальною вважається альтернатива з найменшою серед максимальних втрат. Елемент матриці втрат  $r(a, s)$  визначається як

$$r(a, s) = \begin{cases} \max_i \{v(a_i, s)\} - v(a, s), & \text{якщо } v - \text{дохід,} \\ v(a, s) - \min_i \{v(a_i, s)\}, & \text{якщо } v - \text{втрата.} \end{cases}$$

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 «втрата»). 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  $\alpha$ , де  $0 \leq \alpha \leq 1$  та елемент платіжної матриці  $v(a, s)$ . 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  $(a, s)$  має вигляд:  $\max_i [\alpha \cdot \max_j v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) \cdot \min_j v(a_i, s_j)]$ . Якщо величини  $v(a, s)$  – втрати, то критерій має наступний вид:  $\min_i [\alpha \cdot \min_j v(a_i, s_j) + (1 - \alpha) \cdot \max_j v(a_i, s_j)]$ .

У системі реалізація методу починається з введення назв альтернатив і станів природи, після чого користувач заповнює матрицю виграмів (рис. 4). А на початковій сторінці розміщено поле для встановлення значення  $\alpha$ , 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

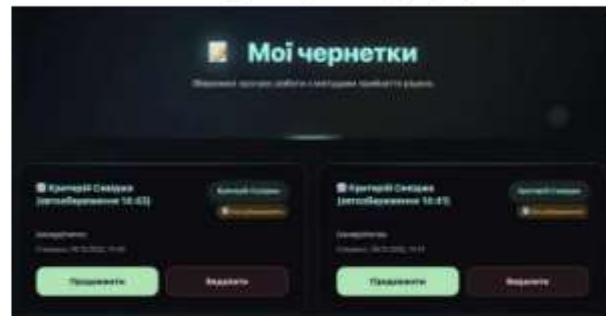


Рис. 5. Сторінка з чернетками користувача

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 збудована 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](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.wnu.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 двоетапної 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 форми навчання). – Одеса: Видавництво «ОНМУ», 2024.- 290 с. URL: [https://onmu-moodle.od.ua/pluginfile.php/211165/mod\\_resource/content/2/ТПР\\_НП.pdf](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](https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/80_2012/70.pdf) [in Ukrainian].
4. Kovalchuk, O. Ya. (2019). Matematychnе modelivannia ta prohnozuvannia v mizhnarodnykh vidnosynakh [Mathematical modeling and forecasting in international relations]. Ternopil, Ukraine: TNEU, 412 p. Retrieved from: <https://dspace.wnu.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). Odessa : ONMU, 290 p. Retrieved from: [https://onmu-moodle.od.ua/pluginfile.php/211165/mod\\_resource/content/2/TPR\\_NP.pdf](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