

Н. В. ПРЕВИСОКОВА

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних систем
Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
ORCID: 0000-0002-8047-4278

УЗАГАЛЬНЕННЯ МЕТОДУ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ В ЗАДАЧАХ ГРУПОВОГО ВИБОРУ МЕРЕЖЕВИХ ПРИСТРОЇВ

У статті розглянуто проблему прийняття рішень при виборі мережевого обладнання в умовах багатокритеріального вибору та групової експертизи, де об'єктом дослідження є процес вибору мережевих пристроїв, а предметом – математичні методи обробки та узгодження матриць попарних порівнянь. Метою роботи є розробка узагальненого методу обробки результатів попарних порівнянь, на основі методу послідовного порівняння, що дозволяє підвищити точність результатів експертизи шляхом корекції неузгоджених суджень та адаптивного врахування компетентностей кожного члена групи. Застосування запропонованого методу дозволяє здійснити обґрунтований вибір мережевих пристроїв, зокрема, маршрутизаторів і підвищити ефективність функціонування мереж. Розроблений метод базується на апараті методу попарних порівнянь, теорії матриць, ітеративних процедурах уточнення вагових коефіцієнтів порівнюваних об'єктів та агрегації індивідуальних оцінок експертів різного рівня компетентностей в групову оцінку методом зважених сум із використанням вагових коефіцієнтів компетентності експертів. У результаті дослідження сформовано систему критеріїв вибору маршрутизаторів, що охоплює функціональні, технічні та економічні аспекти, а також розроблено алгоритм, який включає етап ітеративної корекції узгодженості оцінок, що забезпечує точність результату при наявності суперечливих оцінок окремих експертів. Багатокритеріальна задача вибору маршрутизаторів розв'язується відомим методом переведення критеріїв у обмеження. Наукова новизна полягає у подальшому розвитку методів теорії прийняття групових рішень, що дозволяють коригувати вплив окремих експертів на групову оцінку залежно від рівня релевантності їхніх оцінок специфіці мережевої інфраструктури і підвищувати точність результату групової експертизи. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їхнього використання для обґрунтованого вибору обладнання.

Ключові слова: прийняття рішень, експертне оцінювання, попарні порівняння, метод обробки попарних порівнянь, вагові коефіцієнти, багатокритеріальна задача, мережеві пристрої; маршрутизатор.

N. V. PREVYSOKOVA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Computer Science
and Information Systems
Vasyl Stefanyk Carpathian National University
ORCID: 0000-0002-8047-4278

GENERALIZATION OF THE PROCESSING METHOD FOR THE RESULTS OF PAIRWISE COMPARISONS IN PROBLEMS GROUP CHOICE OF NETWORK DEVICES

The article considers the problem of decision-making when choose network equipment in conditions of multi-criteria selection and group expertise, where the object of study is the process of selecting network devices, and the subject is mathematical methods for processing and reconciling matrices of pairwise comparisons. The aim of the work is to develop a generalized method for processing the results of pairwise comparisons, based on the method of pairwise comparison, which allows to increase the accuracy of the results of expertise by correcting inconsistent judgments and adaptively taking into account the competencies of each group member. The application of the proposed method allows for a well-founded selection of network devices, in particular routers, and increases the efficiency of network operation. The developed method is based on the apparatus of the pairwise comparison method, matrix theory, iterative procedures for refining the weight coefficients of compared objects, and the aggregation of individual assessments of different competencies experts into a group assessment using the weighted sum method with the use of weight coefficients of expert competence. As a result of the study, a system of criteria for selecting routers was formed, covering functional, technical, and economic aspects, and an algorithm was developed that includes a stage of iterative correction of the consistency of assessments, which ensures the accuracy of the result in the presence of conflicting assessments of individual experts. The multi-criteria problem of selecting routers is solved by the well-known method of converting criteria into constraints.



The scientific novelty is in the further development of methods of group decision-making theory, which allow dynamically adjusting the influence of individual experts on group assessment depending on the level of relevance of their assessments to the specifics of the network infrastructure and increasing the accuracy of the group expertise result. The practical significance of the results obtained lies in the possibility of their use for the informed selection of equipment.

Key words: decision making, expert evaluation, pairwise comparisons, pairwise comparisons method, weighting coefficients, multi-criteria problem, network devices, router.

Постановка проблеми

Сучасний стан розвитку інформаційно-комунікаційних технологій характеризується територіальним розширенням і ускладненням мережевої інфраструктури та підвищенням вимог до її надійності, пропускнуої здатності та безпеки. У цих умовах процес вибору мережевого обладнання (маршрутизаторів, комутаторів, міжмережевих екранів) перетворюється на складну багатокритеріальну задачу оптимізації, в якій необхідно враховувати як кількісні характеристики (вартість, швидкість передачі даних, кількість портів), так і якісні показники (підтримка стандартів, функції безпеки, виробник, додаткові опції) [1, 2]. Враховуючи складність стеку технологій, та необхідність врахування багатьох факторів, які впливають на результат реалізації прийнятого рішення, такі рішення приймаються не одноосібно, а групами експертів: мережевими архітекторами, фахівцями з кібербезпеки та фінансовими менеджерами. Групи експертів не однорідні за складом і включають фахівців різних напрямків. Кожний експерт суб'єктивно оцінює пристрої на основі власного досвіду та пріоритетів, що породжує задачу групового багатокритеріального вибору мережевих пристроїв.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Задачі багатокритеріальної оптимізації у складних технічних системах, до яких належать сучасні комп'ютерні мережі, досліджуються в межах теорії прийняття рішень. Одним із ефективних інструментів розв'язання таких задач є методи експертизи, що базуються на процедурі попарних порівнянь. З метою одержання оптимального рішення і впорядкування порівнюваних об'єктів за перевагою використовуються відомі методи обробки попарних порівнянь [3 – 6]. Цей підхід дозволяє формалізувати суб'єктивні судження експертів, перетворюючи їх у вагові коефіцієнти альтернатив [3 – 5]. Водночас, класичні методи обробки результатів попарних порівнянь часто стикаються з рядом проблем: порушення транзитивності переваг об'єктів при великій кількості альтернатив, суб'єктивізм і необхідність об'єднання думок групи експертів з різними рівнями компетентності, складність оцінювання параметрів, які не мають кількісних числових оцінок [4 – 7].

У роботі [3] наведено метод обробки результатів попарних порівнянь і формування групових оцінок – вагових коефіцієнтів порівнюваних об'єктів. Водночас, використання методу частинних попарних порівнянь не дозволяє застосувати метод послідовного наближення і підвищити точність результатів обробки висловлень окремих експертів і групової експертизи. Також у літературі не висвітлені питання застосування методів експертних оцінок у багатокритеріальних вузькоспеціалізованих задачах (вибір обладнання для комп'ютерних мереж, маршрутизаторів для мережевої інфраструктури тощо). Таким чином, існує потреба в розробці узагальненого методу, який би поєднував математичний апарат обробки експертних оцінок і визначення оптимального рішення із практичними вимогами застосування цього апарату при виборі мережевих пристроїв.

Формулювання мети дослідження

Метою статті є розроблення узагальненого методу обробки результатів попарних порівнянь і його використання в багатокритеріальних задачах прийняття групових рішень щодо вибору маршрутизаторів комп'ютерних мереж.

Запропонований метод базується на відомому методі обробки частинних попарних порівнянь переваг з метою впорядкування об'єктів за перевагою [3] та методі підвищення точності результатів експертизи [4].

Викладення основного матеріалу дослідження

Пропонований узагальнений метод обробки експертних оцінок реалізується у декілька наступних етапів.

1. Здійснюється вибір і аналіз об'єкта для експертної оцінки.
2. Визначається множина критеріїв, обмежень і допустимих альтернатив.
3. Використовується опитування експертів методом попарного порівняння альтернатив. Керуючись критерієм вибору експерти здійснюють оцінювання і порівняння переваг альтернатив у всіх можливих парах. Результати порівнянь фіксуються у формі матриці або таблиці p_{x_j} попарних порівнянь.
4. Виконується обробка матриць попарних порівнянь, Основною метою обробки результатів попарних порівнянь, здійснених одним експертом, є визначення коефіцієнтів важливості альтернатив.
5. Підвищується точність визначення вагових коефіцієнтів альтернатив методом послідовного наближення з використанням ітеративної процедури.
6. Визначаються коефіцієнти компетентності експертів.
7. На основі уточнених індивідуальних оцінок кожного експерта у формі вагових коефіцієнтів альтернатив формується єдина узагальнена групова оцінка із врахуванням коефіцієнтів компетентності експертів.

При попарному порівнянні експерту пропонуються для порівняння пари із n допустимих альтернатив з метою визначення важливішої альтернативи в кожній парі. Кількість порівнюваних пар дорівнює $n(n-1)/2$.

Експерт робить вибір із двох альтернатив, результат вибору фіксується у матрицю попарних порівнянь $A = \|a_{ij}\|$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

У випадку виконання експертизи групою із d експертів для кожного k -го експерта формується окрема матриця попарних порівнянь, яку позначатимемо $A_k = \|a_{ij,k}\|$.

Для отримання елементів матриці A можуть використовуватись різні шкали. У літературі відомі декілька варіантів значень елементів матриці попарних порівнянь [3, 4]:

1) $a_{ij} = 2$ означає перевагу альтернативи x_i над альтернативою x_j , $i \neq j$, $a_{ij} = 1$ – рівноцінність x_i і x_j , а $a_{ij} = 0$ – перевагу альтернативи x_j над x_i ;

2) $a_{ij} = 1$ означає, що x_i переважає над альтернативою x_j або рівноцінна їй, $a_{ij} = 0$ – означає перевагу x_j над x_i ;

3) $a_{ij} = 1/x_i x_j$ означає перевагу альтернативи x_i над альтернативою x_j , $a_{ij} = 0$ – рівноцінність x_i і x_j , а $a_{ij} = -1$ – перевагу параметра x_j над x_i [4];

4) $a_{ij} = i$ – номер альтернативи, означає перевагу альтернативи x_i над альтернативою x_j , а $a_{ij} = j$ – перевагу x_j над x_i [3].

Якщо експерту пропонуються для порівняння пари об'єктів x_i та за умови $i < j$, то такий метод вимірювання відомий як метод частинних попарних порівнянь [3]. У методі частинних попарних порівнянь заповнюються тільки елементи матриці справа від діагоналі.

Метод повних попарних порівнянь відрізняється від методу частинних попарних порівнянь тим, що експерту пропонується виконувати двічі порівняння кожної пари x_i з x_j , а також x_j з x_i для додаткового контролю і усунення можливих помилок при суб'єктивних вимірюваннях переваг і порівнянні великої кількості альтернатив.

У роботі [3] для вимірювання об'єктів при проведенні експертизи використано метод частинних попарних порівнянь та інтегрування індивідуальних оцінок такого виду в групову оцінку об'єктів. Одержані матриці трикутного виду не дозволяють застосувати метод послідовного наближення, оскільки він застосовний тільки до квадратних матриць.

У даному дослідженні пропонується на першому етапі використати метод повного попарного порівняння і сформувати квадратну матрицю $A = \|a_{ij}\|$. Якщо при первинних вимірюваннях елементи матриці $a_{ij} = \{-1, 0, 1\}$, то здійснити перетворення матриці попарних порівнянь в матрицю з елементами:

$$A = \|a_{ij}\|, \quad (2)$$

де $a_{ij} = \{1, 0\}$; значення елемента $a_{ij} = 1$ означає, що альтернатива x_i переважає над x_j , або рівноцінна їй, $a_{ij} = 0$ – перевагу альтернативи x_j над x_i .

Якщо попарні порівняння виконують d експертів, вагові коефіцієнти порівнюваних об'єктів визначаються за наступним алгоритмом:

1) Матриця або таблиця попарних порівнянь $A_k = \|a_{ij,k}\|$ кожного k -го експерта доповнюється справа стовпцем, у який записують кількість переваг i -го об'єкта в i -му рядку – $v_{i,k}$, k – номер експерта.

Оскільки відображенням переваги альтернативи x_i над альтернативою x_j є значення $a_{ij} = 1$, то визначення кількості переваг в рядку рівносильно обчисленню суми елементів i -го рядка

$$v_{i,k} = \sum_{j=1}^n a_{ij,k}. \quad (3)$$

2) Матриця або таблиця попарних порівнянь $A_k = \|a_{ij,k}\|$ кожного k -го експерта доповнюється ще одним рядком, у якому визначається кількість переваг j -го об'єкта в j -му стовпці у матриці оцінок k -того експерта $\mu_{j,k}$, $i, j = 1, \dots, n$.

3) Визначається загальна частота переваг i -го об'єкта визначена k -м експертом

$$m_{i,k} = v_{i,k} + \mu_{i,k}. \quad (4)$$

Таким чином, для кожного i -го об'єкта визначається кількість переваг в i -му рядку й в i -му стовпці матриці. Процедура подвійного врахування переваг альтернатив у рядках і у стовпцях забезпечує на першому етапі (ітерації) одержання результатів однакових за абсолютним значенням, як і отриманих у методі експертиз з використанням матриць частинних попарних порівнянь [3].

4) Визначаються коефіцієнти компетентності експертів одним із відомих методів: опитуванням групи експертів, тестуванням, за відхиленням оцінок експерта від середніх оцінок в групі, на основі рейтингів [7] або всі експерти вважаються однаково компетентними і коефіцієнти компетентності дорівнюють

$$q_k = \frac{1}{d}. \quad (5)$$

5) Усереднена для всіх експертів частота переваг i -го об'єкта обчислюється із врахуванням коефіцієнтів компетентності експертів за формулою

$$m_i = \sum_{k=1}^d q_k m_{i,k}. \quad (6)$$

6) Загальна кількість порівнянь, виконана кожним експертом становить

$$N = n(n-1). \quad (7)$$

7) Визначаються коефіцієнти важливості кожного об'єкта

$$K_i = \frac{m_i}{N} = \frac{m_i}{n(n-1)}. \quad (8)$$

За коефіцієнтами важливості (8) здійснюється впорядкування об'єктів за перевагою. Одержані результати впорядкування можуть бути неточними внаслідок випадкових помилок в оцінках експертів, неузгодженості матриці попарних порівнянь, допущених порушень транзитивності впорядкування переваг.

Підвищити точність результатів експертизи пропонується методом послідовного наближення [4] на основі ітеративної процедури.

Дана процедура виконується після третього кроку алгоритму. Для виконання ітераційних обчислень отримані значення суми (частоти) переваг приймають за перше наближення. У другому наближенні їх використовують в якості вагових коефіцієнтів рішень експертів. Отримані з використанням цих вагових коефіцієнтів результати у третьому наближенні знову приймають за вагові коефіцієнти цих же рішень експертів.

У загальному випадку метод обчислення вагових коефіцієнтів, відповідно до яких буде здійснюватись ранжування є ітераційною процедурою

$$p_t = A \cdot p_{t-1}, \quad (9)$$

де $p_0 = (1, 1, 1, \dots, 1)$.

Ітерована послідовність першого порядку p_t являє собою суму переваг, набраних i -м об'єктом в результаті порівняння експертом. При підрахунку значень p_t враховуються не тільки переваги кожного об'єкта над іншими в рядку, а також враховуються програші інших об'єктів у стовпці.

На кожній ітерації коефіцієнти важливості порівнюваних об'єктів обчислюють як компоненти вектора p_t нормовані шляхом ділення на суму S_t всіх компонент на ітерації з номером t

$$S_t = \sum_{i=1}^n (p_t)_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} (p_t)_{i-1}. \quad (10)$$

Із врахуванням нормуючого множника процедура обчислення вагових коефіцієнтів записується наступним співвідношенням:

$$K_t = \frac{1}{S_t} A \cdot p_{t-1}. \quad (11)$$

Вагові коефіцієнти альтернатив нормовані, тобто

$$\sum_{i=1}^n (K_t)_i = 1. \quad (12)$$

Ітераційні обчислення повторюються таку кількість разів, поки не виконуватиметься умова: вагові коефіцієнти, одержані на двох послідовних ітераціях будуть відрізнятися не більше, ніж на величину, що є заданою

$$\max_i |(K_t)_i - (K_{t-1})_i| < \varepsilon, \quad (13)$$

$\varepsilon > 0$ - достатньо мале додатне число.

Нехай в результаті опитування групи, яка складається із d експертів отримано коефіцієнти важливості n об'єктів. Результати опитування представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати обробки попарних порівнянь експертів у групі

Об'єкти	Експерти			
	E_1	E_2	...	E_d
x_1	K_{11}	K_{12}	...	K_{1d}
x_2	K_{21}	K_{22}	...	K_{2d}
...
x_n	K_{n1}	K_{n2}	...	K_{nd}

Елементи K_{ik} є коефіцієнтами важливості i -го об'єкта, визначені в результаті ітеративної процедури k -м експертом. Якщо експерти в групі не рівноцінні за рівнем компетентності, то із врахуванням коефіцієнтів компетентності q_k узагальнена групова оцінка об'єктів визначається

$$K_i = \sum_{k=1}^d q_k K_{i,k} \quad (14)$$

Одержані коефіцієнти (14) також необхідно нормувати, поділивши на їх суму.

Зазначений узагальнений метод обробки попарних порівнянь пропонується використати для вибору мережевого обладнання [1, 8], наприклад маршрутизаторів. Маршрутизатори або роутери виконують функцію з'єднання локальної мережі з інтернетом та іншими мережами.

Постановка задачі вибору маршрутизаторів починається із визначення його виду: дротові чи бездротові, для використання в домашніх мережах чи в корпоративних мережах, мобільні (роутери), роутери для провайдерів.

Розв'язування задачі вибору маршрутизаторів здійснюється за наступним алгоритмом.

1. Виявлення та аналіз проблемної ситуації, наприклад необхідно вибрати маршрутизатори для корпоративної мережі, цілі.

2. Визначення ресурсів матеріальних та людських, засобів і часу необхідного для прийняття рішення, формулювання обмежень.

3. Аналіз доступних актуальних моделей маршрутизаторів, які пропонуються виробниками та доступні для продажу. Для формування множини моделей маршрутизаторів використовуються поєднання каталогів виробників, офіційні огляди виробників, онлайн сервіси порівняння, ресурси, які публікують актуальні добірки моделей, рейтинги та професійні огляди, агрегатори характеристик, професійних рейтингів та спільнот користувачів.

Таким чином початкові дані щодо альтернатив у задачі експертного оцінювання і прийняття рішення представлені описом характеристик моделей, а також рейтингами (ранжуваннями) окремих підмножин всієї множини альтернатив. Роль експертів в даній задачі прийняття рішень виконують виробники, професіонали, менеджери з продажу, які оприлюднюють рейтинги та характеристики окремих моделей.

4. Формулювання критеріїв оцінювання моделей маршрутизаторів, визначення головних критеріїв, введення частини критеріїв в обмеження. Основними критеріями при виборі маршрутизаторів є технологія під'єднання, мережеві інтерфейси, порти, стандарти бездротової мережі, кількість частотних діапазонів Wi-Fi, надійність виробника, ціна, пропускна здатність, кількість та тип антен, функції безпеки, розміри, керування і адміністрування, DHCP-сервер, режим моста, підтримка додаткових опцій та ін.

5. Визначення обмежень відповідно до цілей, особливостей застосування та наявних ресурсів.

6. Визначення множини із n допустимих альтернатив, які задовольняють вимоги і обмеження.

7. Вимірювання переваг допустимих альтернатив, виконання попарних порівнянь моделей маршрутизаторів.

8. Обробка результатів попарних порівнянь, уточнення та формування групової оцінки щодо вагових коефіцієнтів моделей.

9. Впорядкування моделей за перевагою та вибір рішення.

Висновки

Таким чином, у результаті дослідження розроблено узагальнений метод обробки результатів групового експертного оцінювання допустимих альтернатив на основі методу попарних порівнянь, який дозволяє визначити коефіцієнти важливості альтернатив, впорядкувати альтернативи за перевагою. Запропонований метод включає етап ітеративної процедури корекції індивідуальних оцінок, тим самим забезпечує підвищення точності результату за наявності суперечливих оцінок окремих експертів. Запропоноване його використання в багатокритеріальних задачах вибору маршрутизаторів корпоративних комп'ютерних мереж, що дозволяє науково обгрунтовано здійснювати вибір оптимального рішення, наведено алгоритм розв'язування таких задач.

Список використаної літератури

1. Комп'ютерні мережі : навч. посіб. [Електронний ресурс] / А. В. Чепинога, А. А. Єфіменко, К. С. Рудаків, А. О. Лавданський, Є. В. Ланських, Е. В. Фауре ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т, Державний університет «Житомирська політехніка». Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2025. 386 с.
2. Лемешко О.В., Єременко О.С., Євдокименко М.О., Шаповалова А.С., Слейман Б. Моделивання та оптимізація процесів безпечної та відмовостійкої маршрутизації в телекомунікаційних мережах: Монографія. Харків: ХНУРЕ, 2022. 198 с.
3. Ульяновченко О. В. Дослідження операцій в економіці: Підручник. Суми: Довкілля, 2010. 594 с.
4. Боженко Л. І., Гута О.Й. Управління якістю, основи стандартизації та сертифікації продукції : Навч. Посібник. Львів : Афіша, 2001. 172с.
5. Jaroslav Ramík.Pairwise Comparisons Method. Theory and Applications in Decision Making. Springer Cham. 2020. 231 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39891-0>
6. Медиковський М.О., Шуневич О.Б. Дослідження ефективності методів визначення вагових коефіцієнтів важливості // Вісник Хмельницького національного університету. 2011, № 5. С. 176 – 186.
7. Превисокова Н.В. Визначення компетентності експертів на основі рейтингів у задачах прийняття рішень // Наука і техніка сьогодні (Серія «Техніка»). 2025. № 13(54). С. 2456–2464. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-13\(54\)-2456-2464](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-13(54)-2456-2464)
8. Рейтинг кращих виробників роутерів // Український погляд. 22.10.2023. URL: <https://ukrpohliad.org/economics/rejting-krashchih-virobnikiv-routeriv.html>

References

1. Chepynoha, A. V., Yefimenko, A. A., Rudakov, K. S., Lavdanskyyi, A. O., Lanskykh, Ye. V., & Faure, E. V. (2025). *Kompiuterni merezhi: navch. posib.* [Computer networks: Study guide]. Zhytomyr: Zhytomyr Polytechnic State University. [in Ukrainian].
2. Lemeshko, O. V., Yeremenko, O. S., Yevdokymenko, M. O., Shapovalova, A. S., & Sleiman, B. (2022). *Modeliuvannya ta optymizatsiia protsesiv bezpechnoi ta vidmovostiikoï marshrutyzatsii v telekomunikatsiinykh merezhakh: Monohrafiia [Modeling and optimization of safe and fault-tolerant routing processes in telecommunication networks: Monograph].* Kharkiv: KhNURE. [in Ukrainian].
3. Ulianchenko, O. V. (2010). *Doslidzhennia operatsii v ekonomitsi: Pidruchnyk [Operations research in economics: A textbook].* Sumy: Dovkillia. [in Ukrainian].
4. Bozhenko, L.I., & Huta, O.Y. (2001). *Upravlinnia yakistiu, osnovy standartyzatsii ta sertyfikatsii produktsii: Navch. Posibnyk [Quality management, basics of standardization and product certification: Study guide].* Lviv: Afisha. [in Ukrainian].
5. Ramík, J. (2020). *Pairwise Comparisons Method. Theory and Applications in Decision Making.* Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39891-0>
6. Medykovskyi, M. O., & Shunevych, O. B. (2011). *Doslidzhennia efektyvnosti metodiv vyznachennia vahovykh koeffitsiientiv vazhlyvosti [Research of efficiency of methods for determining weighting factors of importance].* *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, no 5, pp.176–186. [in Ukrainian].
7. Prevysokova, N. V. (2025). *Vyznachennia kompetentnosti ekspertiv na osnovi reitynhiv u zadachakh pryiniattia rishen [Determining the competence of experts based on ratings in decision-making problems].* *Nauka i tekhnika sohodni (Serii «Tekhnika»)*, (13(54)), pp.2456–2464. [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-13\(54\)-2456-2464](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-13(54)-2456-2464). [in Ukrainian].
8. *Reitynh krashchikh vyrobnykiv routeriv [Rating of the best router manufacturers].* (2023). *Ukrainskyi pohliad.* <https://ukrpohliad.org/economics/rejting-krashchih-virobnikiv-routeriv.html> [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 11.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 07.05.2026