Розробка математичної моделі оцінювання ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня

Development of a Mathematical Model for Evaluating the Operational Efficiency of Strategic-Level Human Resources Directorates of the Armed Forces of Ukraine

Андрій Стрепетов
ад'юнкт, e-mail: a.strepetov.79@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-1146-6561

Національний університет оборони України, м. Київ, Україна

Andrii Strepetov
PhD student, e-mail: a.strepetov.79@gmail.com, ORCID ID: https://orcid.org/0009-0006-1146-6561

National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: September 14, 2026 | Revised: October 15, 2026 | Accepted: October 31, 2026

УДК 355.55

DOI: https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.5.20

Мета роботи. Розроблення математичної моделі для оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України з метою підвищення оперативності та достовірності оцінювання їхньої діяльності.

Метод дослідження. У дослідженні використано загальнонаукові методи аналізу та синтезу, а також математичний апарат теорії нечітких множин і нечіткого логічного висновку. Застосування нечіткої логіки дає змогу узгоджено поєднати результати попередніх досліджень, розвинути наявні науково-методичні підходи та створити передумови для їх інтеграції в сучасні автоматизовані й інформаційно-аналітичні системи кадрової роботи.

Результати дослідження. Розроблено математичну модель для оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України. Особливості запропонованої моделі полягають у: гнучкості структури вхідних показників оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України; можливості комплексного оцінювання показників, різних за походженням та одиницями виміру; урахуванні динамічних змін ефективності функціонування служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України.

Практична цінність дослідження. Отримані математичні вирази можуть бути використані для інтеграції запропонованої моделі в програмне забезпечення інформаційних та інформаційно-аналітичних систем кадрової роботи Збройних Сил України. Застосування моделі створює передумови для підвищення обґрунтованості та достовірності оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня.

Тип статті. Теоретико-методологічне дослідження.

Purpose. To develop a mathematical model for evaluating the effectiveness of strategic-level personnel services of the Armed Forces of Ukraine, with the aim of improving the timeliness and reliability of performance assessment.

Method. The study employed general scientific methods of analysis and synthesis, as well as the mathematical framework of fuzzy set theory and fuzzy inference. The application of fuzzy logic enables the systematic integration of findings from previous studies, the further development of existing methodological approaches, and the establishment of a basis for integrating them into modern automated and information-analytical personnel management systems.

Results. A mathematical model to evaluate the effectiveness of strategic-level personnel services within the Armed Forces of Ukraine was developed. The proposed model is characterized by: a flexible structure of input indicators used to assess the effectiveness of strategic-level personnel services; the ability to comprehensively evaluate indicators that differ in their nature and units of measurement; the consideration of dynamic changes in the operational effectiveness of strategic-level personnel services.

Practical Implications. The derived mathematical expressions can be used to integrate the proposed model into the software of personnel management information and analytical systems of the Armed Forces of Ukraine. The application of the model provides a basis for improving the validity and reliability of assessments of strategic-level personnel services.

Paper Type. Theoretical and methodological research.

Ключові слова: кадрова робота, ефективність, форми та способи, стратегічний рівень.

Key words: Personnel Work; Efficiency; Forms and Methods; Strategic Level.

Вступ

Досвід відсічі повномасштабної збройної агресії Російської Федерації (РФ) свідчить, що боєздатність Збройних Сил України безпосередньо залежить від ефективності кадрової роботи на всіх рівнях військового управління. В умовах високої інтенсивності операцій, які проводять угруповання військ (сил), служби персоналу стратегічного рівня (J-1) вирішують завдання

добору, планування, підготовки, призначення та раціонального використання кадрів для потреб військ (сил) [1–5]. Своєчасне накопичення, раціональний розподіл, відновлення та компенсація втрат людських ресурсів є критично важливим чинником підтримання необхідного рівня готовності Сил оборони України до виконання завдань за призначенням.

Водночас у практичній діяльності служби персоналу стикаються з низкою невирішених проблем [1, 6–10]:

низький рівень автоматизації кадрової роботи, що призводить до затримок під час комплектування, ротації та обліку втрат особового складу;

недостатній рівень інтеграції автоматизованих систем обліку та управління персоналом з усіма необхідними державними реєстрами;

невідповідність між фактичним і нормативним робочим навантаженням служб персоналу, що призводить до зниження якості виконання ними завдань за призначенням;

розбіжності в облікових даних щодо тих самих громадян України в різних службах персоналу;

недосконаліть нормативно-правових актів щодо діяльності служб персоналу та проходження військової служби усіма категоріями військовослужбовців;

низький рівень централізованого управління роботою служб персоналу;

суб’єктивність під час добору особового складу та призначення на посади.

З огляду на широкий спектр зазначених проблем у цьому дослідженні зосереджено увагу на оцінюванні ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня.

Отже, актуальність дослідження зумовлена суперечністю між вимогами щодо оперативності та якості кадрового забезпечення військ (сил) у воєнний час і відсутністю науково обґрунтованих математичних моделей для всебічного та об’єктивного оцінювання діяльності служб персоналу ЗСУ стратегічного рівня.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв’язання цієї проблеми та на які спирається автор.

Питанням оцінювання ефективності служб персоналу присвячено значну кількість наукових праць вітчизняних учених. Серед дослідників варто виокремити М. П. Думенка, О. А. Салаш, О. А. Білик, В. О. Захарова, О. М. Шевченка, І. С. Романченка, П. П. Ткачука, А. П. Криворучка, А. В. Литвиненка, О. Є. Кузьміна, О. Г. Мельника, Н. Ю. Подольчака та ін. [6–10].

Розглянемо детальніше праці зазначених дослідників.

В іншій праці [6] запропоновано комплексний підхід до цифровізації процесів HRM (Human Resource Management) у секторі безпеки і оборони. Як методи дослідження обрано системний аналіз та концептуальне моделювання інформаційних систем. Це дає змогу оцінити готовність інфраструктури сектору безпеки і оборони до впровадження нових цифрових технологій обліку особового складу. Обмеженнями цього дослідження є загальний характер рекомендацій і відсутність опису алгоритмів динамічного розподілу ресурсів у разі критичних перевантажень.

Дослідження [7] присвячене розробленню архітектури та концепції цифровізації військово-облікових даних. В основу дослідження покладено структурно-функціональний аналіз та проєктування інформаційно-аналітичних систем, що дають змогу оцінити повноту, точність і швидкість актуалізації електронних облікових карток. Водночас дослідження спрямоване на програмно-технічну реалізацію без кількісної оцінки стійкості системи до інформаційних перевантажень.

Стаття [8] присвячена створенню методології оцінювання та моделювання кадрового потенціалу сектору безпеки і оборони. У цьому дослідженні використано методи багатокритеріального оцінювання, векторного синтезу та системного моделювання. Це дає змогу комплексно оцінювати стан кадрового потенціалу (професійний, фізичний, морально-

психологічний рівень), проте запропонований підхід не дає змоги здійснювати оцінювання в режимі реального часу та потребує тривалих математичних обчислень.

Праця [9] присвячена розробці моделі відбору та оцінювання персоналу в умовах високого ризику. В основу дослідження покладено методи багатокритеріального аналізу рішень та нечітка логіка, що дозволяє проводити ранжування кандидатів за умов неповноти та нечіткості вхідної інформації. Проте ця модель потребує розв'язання характеристичного рівняння матриці парних порівнянь для визначення власного вектора ефективності оцінювання персоналу в умовах високого ризику.

У дослідженні [10] розроблено архітектуру глибокого навчання Temporal Fusion Transformers (TFT) для багатокрокового прогнозування часових рядів, реалізовану на трансформерних штучних нейронних мережах із механізмами уваги (Attention Mechanisms) та інтегрованою інтерпретованістю, що дає змогу оцінювати динаміку зміни часових показників на декількох горизонтах прогнозування з визначенням важливості кожної змінної.

Водночас ця архітектура потребує великих і якісних навчальних вибірок та значних обчислювальних ресурсів.

Проведений аналіз відомих наукових публікацій [6–10] свідчить про те, що наявний науково-методичний апарат оцінки ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня:

недоцільно використовувати без адаптації до сучасних умов для оцінювання ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня;

переважно орієнтований на оцінювання окремих показників, що характеризують ефективність роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня;

не завжди придатний для інтегрального оцінювання ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня;

не завжди дає змогу агрегувати показники оцінювання та отримати узагальнену оцінку ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня в цілому;

не завжди придатний для роботи з показниками, що мають різні одиниці виміру;

не завжди передбачає можливість коригування системи показників оцінки ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня в ході її функціонування;

складно інтегрується в наявне програмне забезпечення кадрового менеджменту Збройних Сил України та ін.

Таким чином, виявлений комплекс проблем функціонування служб персоналу ЗС України стратегічного рівня об'єктивно зумовлює необхідність вимірювання їхньої ефективності. Для цього потрібні формування збалансованої системи якісних і кількісних показників, їх агрегування в інтегральну оцінку та створення інструментарію для підтримки ухвалення управлінських рішень. Саме ця послідовність визначає методологічну основу запропонованого дослідження.

Це потребує врахування показників ефективності функціонування служб персоналу, які відрізняються за походженням та одиницями виміру. Відповідно, актуальним науковим завданням є формування обґрунтованої системи показників для оцінювання ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України на стратегічному рівні.

Метою статті є розроблення математичної моделі для оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України.

Методологія дослідження

Методологія дослідження ґрунтується на міждисциплінарному підході, що поєднує математичний апарат теорії нечітких множин і нечіткого логічного висновку з положеннями національної та воєнної безпеки, кадрового менеджменту й інформаційно-аналітичного

забезпечення. Застосування такого підходу зумовлене складністю отримання однозначної оцінки ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України.

Теоретичною основою дослідження є сучасні концепції менеджменту персоналу, у межах яких кадрове забезпечення розглядається як одна з ключових складових воєнної безпеки [1–4; 10]. Інформаційну базу дослідження становлять матеріали державних установ і відкриті інформаційні ресурси з питань менеджменту персоналу [1–10]. Використання відкритих джерел створює передумови для відтворення результатів дослідження та їх подальшої перевірки іншими дослідниками.

Для досягнення поставленої мети використано комплекс взаємопов'язаних методів дослідження. Метод аналізу застосовано для вивчення сучасного стану менеджменту персоналу у Збройних Силах України, дослідження статистичних показників його ефективності та визначення проблемних питань оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України [1–10].

Метод синтезу використано для інтеграції результатів досліджень у галузях воєнної та національної безпеки з метою формування єдиного концептуального підходу до оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України [1–10].

Математичний апарат теорії нечітких множин і нечіткого логічного висновку використано для формування сукупності математичних виразів, що становлять основу моделі оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України [11].

Результати дослідження

Розроблення моделі оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України з використанням експертної інформації передбачає математичний опис процесу визначення ступеня відповідності вектора показників поточної ефективності роботи зазначених служб еталонним значенням, установленим нормативно-правовими актами. Оцінювання здійснюється за результатами виконання службами персоналу завдань за призначенням. За такої постановки завдання оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України зводиться до ідентифікації ситуацій, що характеризують стан виконання ними завдань за призначенням.

Одним з основних інструментів нечіткої логіки, що дає змогу формалізувати експертні знання у вигляді правил "ЯКЩО–ТО", є функція належності [11]. У межах цього дослідження вона характеризує ступінь належності певного значення показника до відповідного нечіткого поняття (терму). Методи нечіткого логічного висновку дають змогу встановити взаємозв'язок між функціями належності показників оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України та сформувати базу знань у вигляді правил "ЯКЩО–ТО".

Отже, результат ідентифікації ефективності виконання завдань за призначенням службами персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України можна подати [11] у вигляді:

$$y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n), \quad (1)$$

де $x_1, x_2, \ldots, x_n$ – набір значень вхідних показників оцінки ефективності виконання завдань за призначенням служб персоналу стратегічного рівня;

y – результат ідентифікації оцінки ефективності виконання завдань за призначенням служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України.

Межі зміни вхідних показників оцінювання ефективності виконання завдань за призначенням службами персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України та вихідної змінної, що характеризує результат ідентифікації ефективності їхньої роботи, вважаються

відомими. $\underline{x}_i(\overline{x}_i)$ – нижня (верхня) межа зміни відповідного вхідного показника; $x_i, i = \overline{1,n}$, $\underline{y}(\overline{y})$ – нижня (верхня) межа зміни вихідної змінної.

Нехай $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \ldots, x_n^* \rangle$ – вектор фіксованих значень вхідних показників оцінювання ефективності виконання завдань за призначенням службами персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України, де $x_i^* \in \left[\underline{x}_i, \overline{x}_i\right]$, $i = \overline{1,n}$. Завдання ухвалення рішення полягає у визначенні результату ідентифікації на основі значень вектора вхідних показників. Необхідною умовою формального розв'язання цього завдання є наявність залежності (1).

Для встановлення зазначеної залежності вхідні показники оцінювання ефективності виконання завдань за призначенням та вихідну змінну, що характеризує результат ідентифікації ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України, необхідно розглядати як лінгвістичні змінні, задані на відповідних універсальних множинах [11]:

$$X_i = \left[\underline{x}_i, \overline{x}_i\right], \tag{2}$$

$$Y = \left[\underline{y}, \overline{y}\right]. \tag{3}$$

Для оцінювання таких лінгвістичних змінних пропонується використовувати якісні терми, що утворюють терм-множину [11]:

$A_i = \{a_i^1, a_i^2, \ldots, a_i^{k_i}\}$ – терм-множина змінної $x_i, i = \overline{1,n}$, $D = \{d_1, d_2, \ldots, d_m\}$ – терм-множина змінної y, де $a_i^p - p$-й лінгвістичний терм змінної $x_i, p = \overline{1,k_i}, i = \overline{1,n}$; d_j – j-й лінгвістичний терм змінної y; m – число різних рішень. Потужності терм-множин $A_i, i = \overline{1,n}$ можуть бути різні, тобто ($k_1 \neq k_2 \neq \ldots \neq k_n$). Назви термів $a_i^1, a_i^2, \ldots, a_i^{k_i}$ можуть відрізнятися для різних лінгвістичних змінних $x_i, i = \overline{1,n}$. Лінгвістичні терми $a_i^p \in A_i$ і $d_j \in D, p = \overline{1,k_i}, i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m}$ необхідно розглядати як нечіткі множини, задані на універсальних множинах X_i, Y (2), (3).

Нечіткі множини a_i^p і d_j визначаються співвідношеннями [11]:

$$a_i^p = \int_{\underline{x}_i}^{\overline{x}_i} \frac{\mu^{a_i^p}(x_i)}{x_i}, \tag{4}$$

$$d_j = \int_{\underline{d}}^{\overline{d}} \frac{\mu^{d_j}(d)}{d}, \tag{5}$$

де $\mu^{a_i^p}(x_i)$ – функція належності значення змінної $x_i \in [\underline{x}, \overline{x}], i = \overline{1,n}$ терму $a_i^p \in A_i, p = \overline{1,k_i}$;

μ^{d_j} – функція належності значення змінної $y \in [\underline{y}, \overline{y}]$ терму-рішенню $d_j \in D, j = \overline{1,m}$.

У співвідношеннях (4) і (5) знаки інтеграла позначають об'єднання пар $\frac{\mu(u)}{u}$.

Нехай N – кількість даних експертного опитування, що зв'язує вхідні показники оцінки ефективності виконання завдань за призначенням служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України і вихідну оцінку ефективності виконання завдань за призначенням служб персоналу стратегічного рівня.

Розподілимо їх таким чином: $N = k_1 + k_2 + \ldots + k_m$, де k_j – число експертних даних, що відповідають вихідному рішенню $d_j \in D, j = \overline{1,m}$, m – число вихідних рішень, причому $k_1 \neq k_2 \neq \ldots \neq k_m$.

Число відібраних експертних даних менше повного перебору різних сполучень рівнів зміни вхідних показників оцінки ефективності служб персоналу стратегічного рівня.

Після нумерування передбачені моделлю експертні оцінки ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України можна подати у вигляді матриці знань [11] (таблиця 1).

Таблиця 1. Нечітка матриця знань

Номер вхідної комбінації значень	Вхідні змінні				Вихідні змінні
	x_1	x_2	x_i	x_n	Y
11 12 … $1k_1$	a_1^{11} a_1^{12} … $a_1^{1k_1}$	a_2^{11} a_2^{12} … $a_2^{1k_1}$	$\ldots a_i^{11} \ldots$ $\ldots a_i^{12} \ldots$ … $\ldots a_i^{1k_1} \ldots$	a_n^{11} a_n^{12} … $a_n^{1k_1}$	d_1
j_1 j_2 … j_{k_j}	a_1^{j1} a_1^{j2} … $a_1^{jk_j}$	a_2^{j1} a_2^{j2} … $a_2^{jk_j}$	$\ldots a_i^{j1} \ldots$ $\ldots a_i^{j2} \ldots$ … $\ldots a_i^{jk_j} \ldots$	a_n^{j1} a_n^{j2} … $a_n^{jk_j}$	d_i
…	…	…	…	…	…
m_1 m_2 … m_{k_m}	a_1^{m1} a_1^{m2} … $a_1^{mk_m}$	a_2^{m1} a_2^{m2} … $a_2^{mk_m}$	$\ldots a_i^{m1} \ldots$ $\ldots a_i^{m2} \ldots$ … $\ldots a_i^{mk_m} \ldots$	a_n^{m1} a_n^{m2} … $a_n^{mk_m}$	d_m

Джерело: підготовлено автором за матеріалами дослідження [11]

Матрицю знань сформовано за такими правилами:

розмірність такої матриці дорівнює $(n+1) \cdot N$, де $(n+1)$ – число стовпців, $N = k_1 + k_2 + \ldots + k_m$ – число рядків; перші n стовпців відповідають вхідним показникам ефективності функціонування служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України x_i, $i = \overline{1,n}$, а $(n+1)$-й стовпець відповідає значенням d_j вихідного рішення y, $j = \overline{1,m}$; кожен рядок матриці відображає певну комбінацію значень вхідних показників ефективності функціонування служб персоналу стратегічного рівня, віднесену експертом до одного з можливих значень станів d_j, причому перші k_j рядків відповідають значенню d_1, а останні k_m рядків – значенню d_m; елемент a_i^{jp}, що стоїть на перетині i-го стовпця і jp-ого рядка, відповідає лінгвістичній оцінці показника x_i в рядку нечіткої бази знань з номером jp, причому лінгвістичне оцінювання a_i^{jp} вибирається з терм – множини відповідного показника x_i тобто $(a_i^{jp} \in A_i, i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m}, p = \overline{1,l_j})$.

Використовуючи матрицю знань, відому експертну інформацію про ефективність функціонування служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України можна задати у вигляді системи нечітких логічних висловлень (6), що зв'язують значення вхідних показників x_i з одним із можливих рішень $d_j, j = \overline{1,m}$.

$$
\begin{gathered}
\text{ЯКЩО } (x_1 = a_1^{11}) \text{ І } (x_2 = a_2^{11}) \text{ І} \ldots \text{І } (x_n = a_n^{11}) \\
\text{АБО } (x_1 = a_1^{12}) \text{ І} (x_2 = a_2^{12}) \text{ І } \ldots \text{ І } (x_n = a_n^{12}) \\
\text{АБО} \ldots \text{АБО } \left(x_1 = a_1^{1l_1}\right) \text{ І } \left(x_2 = a_2^{1l_1}\right) \text{ І} \ldots \text{І } \left(x_n = a_n^{1l_1}\right) \\
\text{ТО } y = d_1, \ . \ . \ . \\
\text{ЯКЩО } (x_1 = a_1^{m1}) \text{ І } (x_2 = a_2^{m1}) \text{ І} \ldots \text{І } (x_n = a_n^{m1}) \\
\text{АБО } (x_1 = a_1^{m2}) \text{ І } (x_2 = a_2^{m2}) \text{ І} \ldots \text{І } (x_n = a_n^{m2}) \\
\text{АБО } \left(x_1 = a_1^{ml_m}\right) \text{ І } \left(x_2 = a_2^{ml_m}\right) \text{ І} \ldots \text{І } \left(x_n = a_n^{ml_m}\right) \text{ ТО } y = d_m,
\end{gathered}
\tag{6}
$$

де $d_j\left(j=\overline{1,m}\right)$ – лінгвістичне оцінювання вихідної змінної y, яка визначена із терм-множини D;

a_i^{jp} – лінгвістичне оцінювання вхідного показника x_i в p-ому рядку j-ї диз'юнкції вибрана з терм-множини $A_i, \left(i=\overline{1,n}, j=\overline{1,m}, p=\overline{1,k_j}\right)$;

k_j – кількість правил, які визначають значення вихідної змінної $y=d_j$.

Систему (6) назвемо нечіткою базою знань [11].

Таким чином, вираз (1), що встановлює зв'язок між вхідними показниками x_i і вихідною оцінкою y, формалізовано в систему логічних висловлень (6), засновану на нечіткій базі знань матриці знань (таблиця 1). Нехай відомі: множина рішень $D=\{d_j\}, \left(j=\overline{1,m}\right)$, що відповідає результату оцінювання ефективності функціонування служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України y; множина вхідних показників $X=\{x_i\}, \left(i=\overline{1,n}\right)$; діапазони кількісної зміни кожного вхідного показника оцінки ефективності функціонування служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України $x_i \in \left[\underline{x_i}, \overline{x_i}\right], i=\overline{1,n}$; функції належності, що дозволяють представити показники $x_i, i=\overline{1,n}$ у вигляді нечітких множин (4); матриця знань, визначена за правилами (таблиця 1). Графічне представлення моделі наведено на рисунку 1.

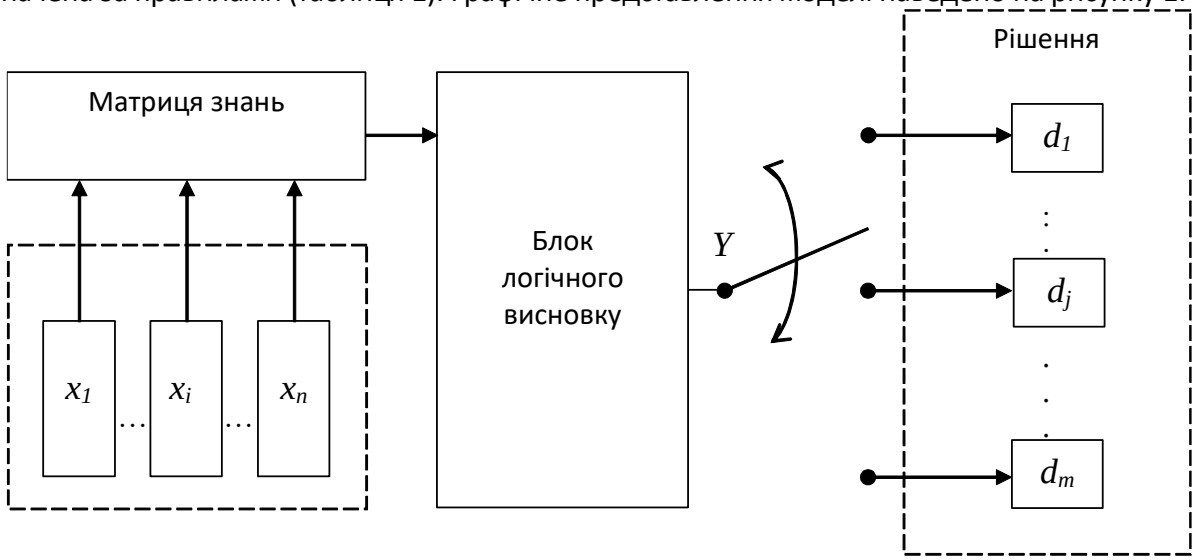


Рисунок 1. Модель процесу оцінювання ефективності функціонування служб персоналу стратегічного рівня

Джерело: підготовлено автором за матеріалами дослідження [11]

Для показників, що мають кількісний вимір, діапазон зміни поділяють на чотири інтервали. Це забезпечить можливість перетворення безперервної універсальної множини $U=[\underline{u}, \overline{u}]$ в дискретну п'ятиелементну множину [11]:

$$U=\{u_1, u_2, \ldots, u_5\},$$

де $u_1=\underline{u}, u_2=\underline{u}+\Delta_1, u_3=u_2+\Delta_2, u_4=u_3+\Delta_3, u_5=\overline{u}$, причому $\Delta_1+\Delta_2+\Delta_3+\Delta_4=\overline{u}-\underline{u}, \overline{u}(\underline{u})$ – верхня (нижня) границя діапазону зміни показника. Тоді всі матриці парних порівнянь мають розмір 5×5. Вибір чотирьох квантів визначається можливістю апроксимації нелінійних кривих по п'ятьох точках [11].

Оцінювання ефективності функціонування служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України з використанням експертної інформації здійснюється за допомогою нечітких логічних рівнянь [11], які формуються на основі матриці знань і систему логічних висловлювань. Ці рівняння дозволяють обчислити значення функцій належності різних

результатів ідентифікації за фіксованих значень вхідних показників. Як результат процесу оцінювання ефективності функціонування служб персоналу стратегічного рівня, будемо приймати рішення з найбільшим значенням функції належності [11].

Нехай $\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$ – функція належності (ФН) показника $x_i \in [\underline{x}, \overline{x}]$ нечіткому терму $\alpha_i^{jp}, i = \overline{1,n}, j = \overline{1,m}, p = \overline{1,l_i}$; $\mu^{d_j}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ – ФН вектора вхідних змінних $X = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ значенню вихідної оцінки $y = d_j, j = \overline{1,m}$.

Зв'язок між даними функціями визначається нечіткою базою знань і може бути представлений у вигляді наступних логічних рівнянь:

$$\begin{aligned}\mu^{d_j}(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \mu^{a_1^{j1}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{j1}}(x_2) \wedge \ldots \wedge \mu^{a_n^{j1}} \vee \\ \mu^{a_1^{j2}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{j2}}(x_2) \wedge \ldots \wedge \mu^{a_n^{j2}}(x_n) \ldots \\ \ldots \mu^{a_1^{jl_j}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{jl_j}}(x_2) \wedge \ldots \wedge \mu^{a_n^{jl_j}}(x_n),\ j = \overline{1,m}.\end{aligned} \tag{7}$$

Рівняння отримані з нечіткої бази знань шляхом заміни змінних (лінгвістичних термів) на їх ФН, а операції І та ЧИ – на операції ∧ і ∨.

Коротко систему (7) запишемо таким чином:

$$\mu^{d_j}(x_i) = \bigvee_{p=1}^{l_j}\left[\bigwedge_{i=1}^{n}\mu^{a_i^{jp}}(x_i)\right],\ j = \overline{1,m}. \tag{8}$$

Нечіткі логічні рівняння є аналогом введеної Заде процедури нечіткого логічного висновку [20], що здійснюється за допомогою операції "нечітка (*min-max*) композиція", в якій операціям ∧ і ∨ відповідають операції min і max [11], з (7) одержуємо:

$$\mu^{d_j}(x_i) = \max_{p=\overline{1,l_j}}\left\{\min_{j=\overline{1,n}}\left[\mu^{a_i^{jp}}(x_i)\right]\right\}. \tag{9}$$

З виразу (9) видно, що для розрахунку необхідно мати лише ФН змінних нечітких термів.

Наведемо демонстраційний інформаційно-розрахунковий приклад отримання узагальненої оцінки ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня з використанням запропонованих математичних виразів (1)–(9), з урахуванням чутливості даних відомостей до відкритої публікації.

Для адаптації загальної математичної залежності (1) до прикладної моделі для оцінки ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України, введемо систему показників для здійснення такого оцінювання:

x_1 – оперативність відпрацювання документів повсякденного функціонування служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України (середній час проходження документа від реєстрації до прийняття рішення, діб / годин);

x_2 — рівень укомплектованості підрозділів, в інтересах яких функціонує служба персоналу особовим складом (відсоток від штатної потреби, %);

x_3 — достовірність та актуальність облікових даних (частка облікових записів, що містять розбіжності у реєстрах, %);

x_4 — укомплектованість самих служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України (відсоток від штатної потреби, %);

База знань зв'язує вхідні показники x_1, x_2, x_3, x_4 з вихідним рішенням Y за допомогою логічних правил "ЯКЩО–ТО". Приклад фрагмента заповненої нечіткої матриці знань для служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України наведено в таблиці 3.

Таблиця 2. Операціоналізація вхідних та вихідних змінних моделі оцінки ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України

Показник	Зміст	Од. виміру	Напрям оптимізації	Терми (якісні оцінки)	Вид функції належності
x_1	Час обробки документів	діб	min	Н (Низька), С (Середня), В (Висока)	Трапецієподібна / Трикутна
x_2	Рівень укомплектованості	%	max	НД (Недостатня), Д (Достатня), П (Повна)	Трапецієподібна
x_3	Достовірність та актуальність облікових даних	%	max	Н (Низька), В (Висока)	Z-подібна / S-подібна
x_4	Укомплектованість самих служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України	%	max	НД (Недостатня), Д (Достатня), П (Повна)	Трапецієподібна
Y	Узагальнена ефективність роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України	бали	max	Н (Низька), Зад (Задовільна), В (Висока)	Синглтон / Трикутна

Джерело: розроблено автором на основі адаптації математичного апарату нечітких множин і нечіткого логічного висновку, викладеного в дослідженні [11], до специфіки служб персоналу стратегічного рівня.

Для демонстрації застосування запропонованої математичної моделі розглянемо умовний приклад оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України.

Таблиця 3. Демонстраційний фрагмент нечіткої матриці знань для оцінки служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України

№ правила (p)	x_1 (оперативність)	x_2 (укомплектованість підрозділів)	x_3 (достовірність даних)	x_4 (укомплектованість служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України	Y (узагальнена ефективність)
1	Висока (В)	Повна (П)	Висока (В)	Достатня (Д)	Висока (В)
2	Висока (В)	Достатня (Д)	Висока (В)	Повна (П)	Висока (В)
3	Середня (С)	Достатня (Д)	Висока (В)	Достатня (Д)	Задовільна (З)
4	Низька (Н)	Недостатня (НД)	Низька (Н)	Недостатня (НД)	Низька (Н)
5	Середня (С)	Повна (П)	Низька (Н)	Достатня (Д)	Задовільна (З)

Джерело: розроблено автором на основі адаптації математичного апарату нечітких множин і нечіткого логічного висновку, викладеного в дослідженні [11], до специфіки служб персоналу стратегічного рівня.

Припустимо, що за результатами оцінювання вхідних показників отримано такі лінгвістичні значення: x_1 — “Висока оперативність”, x_2 — “Повна укомплектованість”, x_3 — “Висока точність облікових даних”, x_4— “Достатня укомплектованість служб персоналу”.

Припустимо, що всі чотири вхідні показники повністю відповідають лінгвістичним оцінкам, визначеним у першому правилі нечіткої бази знань (таблиця 3). У такому випадку

ступінь належності кожного показника відповідному нечіткому терму дорівнює 1. Відповідно до математичного виразу (9), ступінь активації зазначеного правила визначається як найменше значення серед ступенів належності чотирьох показників:

$$\alpha_1 = min(1; 1; 1; 1) = 1.$$

Отриманий результат свідчить про повну активацію першого правила нечіткої бази знань, яке відповідає лінгвістичній оцінці “Висока ефективність”.

Наведений приклад має демонстраційний характер і відображає активацію одного правила нечіткої бази знань. Для отримання узагальненої оцінки ефективності за всією моделлю необхідно врахувати ступені активації інших правил. Кількісна перевірка точності моделі потребує подальшого емпіричного дослідження.

Обговорення

Отримана в дослідженні математична модель оцінки ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України має такі переваги:

однозначність отриманої оцінки ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України за рахунок використання апарату нечіткої логіки, у порівнянні з роботами [7, 9, 10];

гнучкість оцінки ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України за рахунок можливості зміни кількості показників оцінки ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України без необхідності зміни підходу з оцінки, у порівнянні з роботами [8, 10];

можливістю проведення оцінки ефективності служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України за сукупністю показників, що є різними за походженням та одиницями виміру, за рахунок використання сукупності математичних виразів апарату нечіткої логіки, у порівнянні з роботами [7, 9];

здатністю інтеграції у сучасні інформаційно-аналітичні та інформаційні системи кадрової роботи Збройних Сил України без суттєвого доопрацювання, за рахунок використання математичного апарату теорії нечітких множин і нечіткого логічного висновку, у порівнянні з роботами [7, 9, 10];

Запропонована математична модель створює методологічні передумови для комплексного оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України.

Обмеження дослідження. Запропонована математична модель має певні обмеження, пов’язані із залежністю результатів оцінювання від якості вихідних даних, обґрунтованості вибору функцій належності та формування нечіткої бази знань. Використання експертних оцінок під час визначення параметрів моделі може впливати на об’єктивність отриманих результатів. Додатковим обмеженням є значна тривалість первинного налаштування моделі для її практичного застосування. Крім того, модель потребує подальшої емпіричної перевірки та статистичної валідації на фактичних даних діяльності служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України. Зазначені обмеження необхідно враховувати під час інтерпретації результатів оцінювання та практичного застосування моделі. Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення методики оцінювання ефективності роботи служб персоналу стратегічного рівня Збройних Сил України на основі запропонованої математичної моделі.

Практична реалізація запропонованої моделі відповідає сучасним міжнародним тенденціям розвитку інформаційних та автоматизованих систем спеціального призначення [10].

Висновки

У статті наведено математичну модель оцінки ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня. Сутність запропонованої математичної моделі полягає в можливості комплексного оцінювання показників із різними одиницями виміру, фізичним походженням показників оцінки ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня з можливістю коригування сукупності показників безпосередньо в ході оцінювання.

Удосконалено математичну модель оцінювання ефективності роботи служб персоналу Збройних Сил України стратегічного рівня шляхом адаптації апарату нечіткої логіки до специфіки їхнього функціонування. Особливістю запропонованої моделі є інтеграція показників оперативності опрацювання документів, рівня укомплектованості підрозділів, точності облікових даних та укомплектованості служб персоналу на основі формування нечіткої бази знань. Це дає змогу отримувати узагальнену оцінку ефективності за умов неповноти та неоднозначності вихідної інформації.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту

Автор заявляє, що використовували ШІ для перевірки правопису та пошуку ресурсів.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Концепції військової кадрової політики в системі Міністерства оборони України на період до 2028 року : наказ Міністерства оборони України від 27.10.2023 № 637. База даних “Законодавство України” / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0637322-23 (дата звернення: 01.09.2026).
2. Про військовий обов’язок і військову службу : Закон України від 25.03.1992 № 2232-XII. База даних “Законодавство України” / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232-12 (дата звернення: 01.09.2026).
3. Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію : Закон України від 21.10.1993 № 3543-XII. База даних “Законодавство України” / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3543-12 (дата звернення: 01.09.2026).
4. Про Єдиний державний реєстр призовників, військовозобов’язаних та резервістів : Закон України від 16.03.2017 № 1951-VIII. База даних “Законодавство України” / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1951-19 (дата звернення: 01.09.2026).
5. Про Положення про проходження громадянами України військової служби у Збройних Силах України : Указ Президента України від 10.12.2008 № 1153/2008. База даних “Законодавство України” / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1153/2008 (дата звернення: 01.09.2026).
6. Білик О. А., Голубович В. М., Шелест Є. Ф. Управління людськими ресурсами в секторі безпеки і оборони: концепції, моделі та цифрові технології : навч. посіб. Київ : КІС, 2022. 256 с.
7. Салаш О. А., Білик О. А. Інформатизація та цифрова трансформація кадрового обліку в Силах оборони України : навч. посіб. Київ : НАНОУ, 2023. 216 с.
8. Шевченко О. М. Методологія багатокритеріального оцінювання та моделювання кадрового потенціалу сектору безпеки і оборони України : дис. … д-ра наук з держ. упр. : 25.00.02 / Національна академія державного управління при Президентові України. Київ, 2021. 415 с.
9. Ceyda Nur Tokyürek, Mehmet Şahin. Personnel selection based on multi-criteria decision-makingapproach. Quality & Quantity. 2026. Vol. 59, No. 2, pp. 1461-1479.

https://doi.org/10.1007/s11135-026-02833-8.
10. Lim B., Arık S. Ö., Loeff N., Pfister T. Temporal Fusion Transformers for interpretable multi-horizon time series forecasting. International Journal of Forecasting. 2021. Vol. 37, No. 4. P. 1748–1764. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.03.012
11. Zhuravskyi Y. (Ed.). Intelligent decision support systems: methods for optimizing and supporting management decisions. Kharkiv : TECHNOLOGY CENTER PC, 2026. 240 p. URL: https://doi.org/10.15587/978-617-8360-23-8

References

1. Ministry of Defence of Ukraine. (2023). Pro zatverdzhennia Kontseptsii viiskovoi kadrovoi polityky v systemi Ministerstva oborony Ukrainy na period do 2028 roku [On approval of the Concept of Military Personnel Policy in the System of the Ministry of Defence of Ukraine for the period until 2028] (Order No. 637). Verkhovna Rada of Ukraine Legislation Database. https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0637322-23
2. Verkhovna Rada of Ukraine. (1992). *Pro viiskovyi oboviazok i viiskovu sluzhbu* [On military duty and military service] (Law No. 2232-XII). Verkhovna Rada of Ukraine Legislation Database. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2232-12
3. Verkhovna Rada of Ukraine. (1993). *Pro mobilizatsiinu pidhotovku ta mobilizatsiiu* [On mobilization preparation and mobilization] (Law No. 3543-XII). Verkhovna Rada of Ukraine Legislation Database. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3543-12
4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2017). *Pro Yedynyi derzhavnyi reiestr pryzovnykiv, viiskovozoboviazanykh ta rezervistiv* [On the Unified State Register of Conscripts, Persons Liable for Military Service and Reservists] (Law No. 1951-VIII). Verkhovna Rada of Ukraine Legislation Database. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1951-19
5. President of Ukraine. (2008). *Pro Polozhennia pro prokhodzhennia hromadianamy Ukrainy viiskovoi sluzhby u Zbroinykh Sylakh Ukrainy* [On the Regulation on military service by citizens of Ukraine in the Armed Forces of Ukraine] (Decree No. 1153/2008). Verkhovna Rada of Ukraine Legislation Database. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1153/2008
6. Bilyk, O. A., Holubovych, V. M., & Shelest, Y. F. (2022). *Upravlinnia liudskymy resursamy v sektori bezpeky i oborony: kontseptsii, modeli ta tsyfrovi tekhnolohii* [Human resource management in the security and defense sector: Concepts, models, and digital technologies]. KIS.
7. Salash, O. A., & Bilyk, O. A. (2023). *Informatyzatsiia ta tsyfrova transformatsiia kadrovoho obliku v Sylakh oborony Ukrainy* [Informatization and digital transformation of personnel accounting in the Defense Forces of Ukraine]. NANOI.
8. Shevchenko, O. M. (2021). *Metodolohiia bahatokryterialnoho otsiniuvania ta modeliuvannia kadrovoho potentsialu sektoru bezpeky i oborony Ukrainy* [Methodology of multi-criteria assessment and modeling of personnel potential of the security and defense sector of Ukraine] (Doctoral dissertation, National Academy for Public Administration under the President of Ukraine).
9. Ceyda Nur Tokyürek, Mehmet Şahin (2026). Personnel selection based on multi-criteria decision-makingapproach. Quality & Quantity. 59 (2), 1461-1479. https://doi.org/10.1007/s11135-026-02833-8.
10. Lim, B., Arık, S. Ö., Loeff, N., & Pfister, T. (2021). Temporal Fusion Transformers for interpretable multi-horizon time series forecasting. International Journal of Forecasting, 37(4), 1748–1764. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.03.012
11. Zhuravskyi, Y. (Ed.). (2026). *Intelligent decision support systems: Methods for optimizing and supporting management decisions*. TECHNOLOGY CENTER PC. https://doi.org/10.15587/978-617-8360-23-8

This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons «Attribution» 4.0.