

Репіло Юрій Євгенович (доктор військових наук, професор)

Головченко Олег Володимирович (доктор філософії)

Ріман Олексій Олександрович (кандидат військових наук, доцент)

Національний університет оборони України, Київ, Україна

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНОСТІ РАКЕТНИХ ТА АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЇХ ОСНАЩЕННЯ БЕЗПІЛОТНИМИ СИСТЕМАМИ

Результати аналізу здобутих уроків застосування військ (сил) у ході ведення воєнних дій впродовж останніх років показують, що успіх ведення операцій (дій) значною мірою залежатиме від результативної вогневої підтримки. У свою чергу, досягнення її потрібної результативності неможливо без своєчасних та достовірних розвідувальних даних про об'єкти (цілі) противника із застосуванням безпілотних систем. Водночас, у теорії і практиці управління ракетними та артилерійськими підрозділами виникла неприпустима невідповідність між потребою оснащення ракетних та артилерійських підрозділів безпілотними системами й обмеженням складом таких систем за ознакою їх пріоритетності. Отже, з одного боку, існує потреба максимізувати оснащення ракетних та артилерійських підрозділів залежно від специфіки завдань вогневої підтримки, а з іншого – обмежена кількість наявних безпілотних систем, які можуть забезпечити ракетні та артилерійські підрозділи актуальними розвідувальними даними про об'єкти (цілі) противника для виконання завдань вогневої підтримки в операціях (діях). Виходячи з цього, мета статті полягає в розробленні методики визначення пріоритетності ракетних та артилерійських підрозділів для оснащення безпілотними системами. У статті набула подальшого розвитку методика розв'язування задачі багатокритеріального вибору оптимального рішення з-поміж альтернатив за ознакою пріоритетності методом експертного опитування. За таких умов, для визначення пріоритетності багатовимірної системи під час розв'язування задачі багатокритеріального вибору запропоновано застосовувати дві групи показників: важливості й пріоритетності застосування ракетних і артилерійських підрозділів. Експертне опитування узгоджують за допомогою коефіцієнта конкордації Кендала. Бальні оцінки показників, отриманих експертами, приводять до єдиної безрозмірної шкали переваг, для чого використовують узагальнену функцію переваг Харрінгтона. Запропоновану методика пропонується застосовувати в органах військового управління під час визначення пріоритетності ракетних та артилерійських підрозділів для їх оснащення безпілотними системами.

Ключові слова: управління, пріоритетність, важливість, вогнева підтримка, ракетні та артилерійські підрозділи, безпілотні системи, експертне опитування, коефіцієнт конкордації Кендала, функція переваг Харрінгтона.

Вступ

Результати аналізу здобутих уроків застосування військ (сил) під час ведення воєнних дій впродовж останніх років свідчать, що в сучасних умовах та на перспективу до 2030 року, успіх ведення бойових операцій (дій) залежатиме від результативної вогневої підтримки (далі – ВгП) [1; 2]. ВгП являє собою скоординоване й інтегроване застосування вогневих засобів для ведення непрямого вогню з метою досягнення необхідних ефектів по наземних (надводних) цілях для підтримки дій військ (сил) [3; 4]. Зміст доктринальних положень та наукові результати досліджень, проведених у країнах – членах Організації Північноатлантичного договору, практика ведення воєнних дій під час відсічі широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти України свідчать про те, що ракетні та артилерійські підрозділи (далі – РАП) залишаються основними військовими формуваннями, здатними забезпечити

результативну ВгП в операціях (діях) [5–18].

Водночас, досягнення потрібної результативності ВгП неможливе без своєчасних і достовірних розвідувальних даних про об'єкти (цілі) противника із застосуванням безпілотних систем (далі – БС). За таких умов, в ході нинішніх бойових операцій (дій) виявлено, що саме БС дають змогу забезпечити РАП актуальними розвідувальними даними про об'єкти (цілі) противника під час виконання завдань ВгП [19–21]. Отже, в сучасних умовах існує актуальна потреба в забезпеченні РАП безпілотними системами, що сприятимуть результативній ВгП завдяки наданню актуальних даних про об'єкти (цілі) противника.

Відповіддю на цей виклик стало збільшення обсягів постачання БС різних видів і модифікацій. Проте існують певні обмеження за їхньою кількістю. Тому для оснащення РАП безпілотними системами потрібно їх раціонально розподілити, тобто визначити пріоритетність РАП.

Постановка проблеми. Таким чином у практиці військового управління для досягнення результативності ВгП в операціях (діях) виникла неприпустима невідповідність між потребою в оснащенні РАП безпілотними системами та обмеженістю складу таких систем за ознакою їх пріоритетності. Отже, з одного боку, існує потреба в максимізації оснащення РАП залежно від специфіки завдань ВгП, а з іншого – обмежена кількість наявних БС, які можуть забезпечити РАП актуальними розвідувальними даними про об'єкти (цілі) противника для виконання завдань ВгП в операціях (діях). Однак усунення такої невідповідності можливе лише за результатами дослідження з використанням відповідного науково-методичного апарату з оцінювання системи показників та визначення критерію пріоритетності РАП для їх оснащення безпілотними системами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення пріоритетності РАП для їх оснащення безпілотними системами є задачею багатокритеріального вибору оптимального рішення з-поміж кількох альтернатив. Щоб розв'язати цю задачу, необхідно створити систему показників і критеріїв для визначення пріоритетності РАП з метою їх оснащення безпілотними системами, встановити порядок оцінювання окремих показників та інтегрального показника пріоритетності.

Враховуючи значну кількість РАП у Збройних силах України (далі – ЗС України), якісну зміну їхнього озброєння та різноплановість завдань ВгП, для визначення пріоритетності таких підрозділів з метою оснащення БС, досвідчені військові командири додатково потребують відповідного математичного обґрунтування.

Питанням розв'язування задач багатокритеріального вибору оптимального рішення з-поміж кількох альтернатив та системи показників і критеріїв їх оцінювання під час визначення пріоритетності присвячено низку досліджень [22–29]. У цих роботах, для розв'язування багатокритеріальної задачі та розрахунку інтегрального показника пріоритетності багатомірної системи, широко застосовувався метод експертного опитування. Водночас, у практиці військового управління, за різними напрямками службової діяльності, визначення експертних оцінок за окремими показниками та розрахунок інтегрального показника пріоритетності на основі поєднання експертних оцінок за окремими показниками у вигляді середньоарифметичного або середньозваженого значень забезпечує прийняття обґрунтованих рішень. Зокрема, в розробленій методиці визначення пріоритетності багатомірної системи [23] запропоновано підхід до визначення пріоритетності науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, пов'язаних зі створенням (модернізацією) зразків озброєння та військової техніки. Для цього використовується експертне опитування. Так, підсумкові оцінки

пріоритетності [23] пропонується визначати з використанням узагальненої функції переваг Харрінгтона та відповідної вербально-числової шкали. Однак для оцінювання пріоритетності РАП для їх оснащення безпілотними системами система показників, запропонована в зазначеній праці, потребує певних перетворень.

Отже, наявний науково-методичний апарат оцінювання пріоритетності системи показників і критерію під час розв'язування задач багатокритеріального вибору оптимального рішення з-поміж кількох альтернатив не може бути використаний в інтересах визначення пріоритетності РАП для їх оснащення безпілотними системами, але може стати базовим для подальшого розвитку.

Мета статті полягає в розробленні методики визначення пріоритетності ракетних та артилерійських підрозділів для їх оснащення безпілотними системами.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Відомо, що властивості будь-якого об'єкта повною мірою можуть проявитися лише у процесі його застосування за призначенням. Однак результати досліджень [22–26] показують, що визначити лише за одним показником пріоритетність багатомірної системи, до якої відносяться РАП, під час розв'язування задач багатокритеріального вимірювання, практично неможливо. Саме тому запропоновано для оцінювання пріоритетності РАП для їх оснащення безпілотними системами використовувати таку систему показників: основний (інтегральний); узагальнені (найбільш репрезентативні), що характеризують кінцевий результат функціонування РАП; кілька додаткових, що характеризують важливість оснащення безпілотними системами. Отже, для визначення пріоритетності РАП, для їх оснащення безпілотними системами, запропоновано використовувати дві групи показників: важливості і пріоритетності застосування РАП. Такий підхід даватиме змогу проводити експертне опитування у два етапи та виключати з розгляду на другому етапі РАП, які не мають особливого значення. Для визначення важливості РАП запропоновано застосовувати показники, наведені в табл. 1.

Для визначення значень показників $A_1 \dots A_4$ (див. табл. 1) запропоновано обрати критерії, що відповідають бальним оцінкам від 1 до 9. Результати аналізу теорії та практики ведення воєнних дій за ознакою змісту застосування РАП показують, що головним їхнім змістом є цілеспрямована участь у ВгП під час операцій (дій). Така участь РАП буде реалізована через їхні бойові можливості, максимальне досягнення яких буде спрямовано на виконання завдань ВгП в операціях (діях). На цій підставі можна зробити висновок, що група показників пріоритетності буде пов'язана з виконанням РАП завдань з ВгП в операціях (діях), табл. 2.

Показники та критерії важливості ракетних та артилерійських підрозділів для їх оснащення безпілотними системами

Найменування показника	Критерії важливості	Бальна оцінка
A_1 – ступінь впливу функціонування РАП на результативність виконання оперативних (тактичних) завдань в операціях (діях)	Надзвичайно високий	9
	Високий	7
	Середній	5
	Низький	3
	Відсутність впливу	1
A_2 – ступінь відповідності вогневих можливостей РАП встановленим вимогам під час їх застосування в операціях (діях)	Повний	9
	Майже повний	7
	Високий	5
	Середній	3
	Низький	1
A_3 – ступінь відповідності маневрених можливостей РАП встановленим вимогам під час їх застосування в операціях (діях)	Повний	9
	Майже повний	7
	Високий	5
	Середній	3
	Низький	1
A_4 – ступінь відповідності спроможностей РАП встановленим вимогам щодо виконання основних завдань за призначенням	Повний	9
	Майже повний	7
	Високий	5
	Середній	3
	Низький	1
Для всіх показників	Проміжна бальна оцінка між сусідніми значеннями	2, 4, 6, 8

Джерело: розроблено авторами за даними [30, 11–16].

Таблиця 2

Показники та критерії пріоритетності застосування ракетних та артилерійських підрозділів для їх оснащення безпілотними системами

Найменування показника	Критерії пріоритетності	Бальна оцінка
B_1 – ступінь участі РАП у дезорганізації системи управління військами і зброєю, розвідки та радіоелектронної боротьби противника	Надзвичайно високий	9
	Високий	7
	Середній	5
	Низький	3
	Відсутність участі	1
B_2 – ступінь участі РАП у протидії засобам ураження повітряного базування та протиповітряної оборони противника	Надзвичайно високий	9
	Високий	7
	Середній	5
	Низький рівень	3
	Відсутність участі	1
B_3 – ступінь участі РАП у вогневій протидії засобам вогневої підтримки противника	Надзвичайно високий	9
	Високий	7
	Середній	5
	Низький	3
	Відсутність участі	1
B_4 – ступінь участі РАП у зниженні спроможностей частин (підрозділів) угруповання військ (сил) противника	Надзвичайно високий	9
	Високий	7
	Середній	5
	Низький	3
	Відсутність участі	1
B_5 – ступінь участі РАП у порушенні логістичного забезпечення	Надзвичайно високий	9
	Високий	7
	Середній	5
	Низький	3
	Відсутність участі	1
Для всіх показників	Проміжна бальна оцінка між сусідніми значеннями	2, 4, 6, 8

Джерело: розроблено авторами за даними [30, 11–16].

Для визначення значень показників $B_1 \dots B_5$ (див. табл. 2) запропоновано обрати критерії, що відповідають бальним оцінкам від 1 до 9.

Важливість РАП за визначення пріоритетності їх оснащення БС пропонується визначати згідно з алгоритмом (рис. 1) за такими етапами.

Етап 1 – введення вхідних даних. Тут і далі

позначено: n – поточний номер РАП ($n = \overline{1, N}$, де N – кількість оцінюваних РАП) і – поточний номер показника важливості РАП ($i = \overline{1, I}$, де I – кількість показників важливості ($I = 4$), m – умовний номер експерта ($m = \overline{1, M}$, де M – кількість експертів у групі).

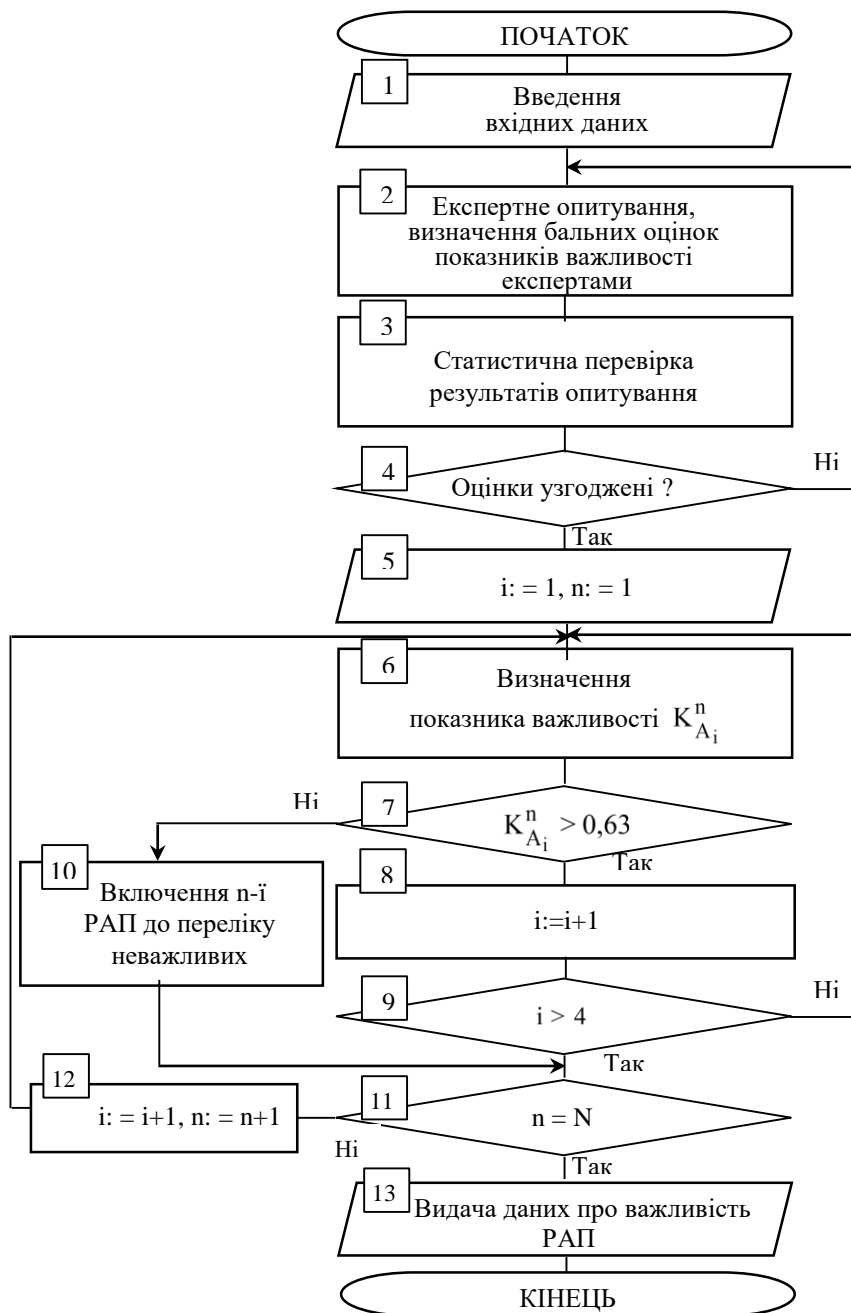


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму визначення важливості ракетних та артилерійських підрозділів для їх оснащення безпілотними системами

Етап 2 – проведення експертного опитування. Кожен m -й експерт для кожної n -ї РАП визначає бальні оцінки $k_{A_i}^n$ для кожного i -го показника важливості РАП при визначенні пріоритетності для їх оснащення БС.

Етап 3 – статистична перевірка результатів опитування експертів. У ході етапу пропонується виявляти узгодженість в оцінках. Гіпотезу про наявність узгодженості в оцінках експертів під час визначення бальної оцінки показника для розглянутих РАП перевіряють за допомогою коефіцієнта конкордації Кендала W , який обчислюють за такою залежністю [23]:

$$W = \frac{D}{D_{max}}, \quad (1)$$

де D – дисперсія рангів оцінок експертів;

D_{max} – максимальна дисперсія рангів оцінок експертів.

Коефіцієнт конкордації може мати значення від 0 (відсутність будь-якої згоди в оцінках експертів) до 1 (повна згода). Дисперсію рангів в оцінках експертів D пропонується обчислювати так:

$$D = \sum_{n=1}^N (\Delta_n)^2. \quad (2)$$

В аналітичній залежності (2) введено позначення Δ_n , яке пропонується визначати за таким співвідношенням:

$$\Delta_n = \sum_{m=1}^M r_{nm} - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M r_{nm}, \quad (3)$$

де r_{nm} – ранг n -ї РАП, визначений з бальної оцінки відповідного показника, виставленої m -м експертом;

N – кількість оцінюваних РАП.

Ранги РАП за визначеним показником отримують із відповідних бальних оцінок. При цьому бальним оцінкам показника, виставленим експертом для різних РАП, присвоюються ранги 1,2,3,..., N таким чином, щоб менше значення рангу відповідало вищій оцінці експерта. Наприклад, якщо бальні оцінки показника для чотирьох РАП, виставлені експертом, мають вигляд 7, 3, 5, 9, то відповідна послідовність рангів набуває вигляду 2, 4, 3, 1.

Якщо бальні оцінки експерта повторюються, необхідно відповідним РАП приписати стандартизовані ранги – частки від ділення суми місць, зайнятих цілями з однаковими рангами, на загальну кількість таких альтернатив. Наприклад, якщо бальні оцінки показника для чотирьох РАП, виставлені експертом, мають вигляд 9, 5, 7, 9, то відповідна послідовність рангів набуває вигляду 1,5; 4; 3; 1,5.

Максимальну дисперсію оцінок експертів обчислюють за таким співвідношенням:

$$D_{max} = \frac{1}{12} M^2 (N^3 - N) - \frac{1}{12} M \cdot \sum_{m=1}^M T_m, \quad (4)$$

де M – кількість експертів у групі;

N – кількість РАП, що підлягають оцінюванню.

В аналітичній залежності (4) введено позначення T_m , яке пропонується обчислювати за таким співвідношенням:

$$T_m = \sum_{k_m} (t_m^3 - t_m), \quad (5)$$

де t_m – кількість повторень кожного рангу в оцінках m -го експерта;

k_m – кількість повторюваних рангів в оцінках m -го експерта.

Етап 4 – перевірка виконання умов узгодженості оцінок експертів за коефіцієнтом конкордації Кендала, який пропонується визначати за виразом (1). Високого рівня узгодженості оцінок експертів досягають за $W \geq 0,7$. За $0,5 < W$ результати експертизи слід визнати незадовільними, а етапи 2 і 3 експертизи повторити.

Етап 5 – встановлення поточних номерів РАП $n := 1$ і показника важливості $i := 1$.

Етап 6 – опрацювання результатів експертного опитування, а саме визначення показника важливості $K_{A_i}^n$, розрахунок усереднених значень бальних оцінок i -го показника важливості РАП за співвідношенням [23]:

$$k_{A_i}^n = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M k_{A_{im}}^n, \quad (6)$$

де $k_{A_{im}}^n$ – бальні оцінки i -го показника важливості

n -ї РАП, отримані m -м експертом;

M – кількість експертів у групі.

З використанням узагальненої функції переваг Харрінгтона пропонується обчислювати значення i -го показника важливості РАП за таким співвідношенням:

$$K_{A_i}^n = \exp(-\exp(-y_{A_i}^n)). \quad (7)$$

В аналітичній залежності (7) введено допоміжну величину $y_{A_i}^n$, яку пропонується визначати так:

$$y_{A_i}^n = -2 + \frac{7}{8} (k_{A_i}^n - 1). \quad (8)$$

Розрахунки, що проводять на етапі 6, є перетворенням визначених експертами бальних оцінок показника важливості в узагальнену функцію переваг Харрінгтона для відповідних показників.

Таке перетворення проводять, по-перше, щоб компенсувати помилки у визначенні бальних оцінок показників експертами, спричиненні впливом закону Вебера – Фехнера, згідно з яким психологічна оцінка будь-якого показника експертом нелінійно залежить від його величини; по-друге для приведення бальних оцінок експертів до єдиної безрозмірної шкали переваг Харрінгтона.

Етап 7 – порівняння отриманого значення з граничним значенням показників (0,63). Якщо значення i -го показника важливості більше, ніж граничне, переходять до етапу 8, в іншому разі – до етапу 10.

Етап 8 – збільшення поточного номера показника важливості, який розглядають, на одиницю $i := i + 1$.

Етап 9 – перевірка виконання умови розгляду всіх показників важливості. Якщо умови виконано, переходять до етапу 11, в іншому разі – повертаються до етапу 6.

Етап 10 – включення n -ої РАП до переліку неважливих для оснащення БС.

Етап 11 – перевірка виконання умови розгляду всіх РАП. Якщо умови виконано, переходять до етапу 12; в іншому разі – до етапу 13.

Етап 12 – збільшення поточного номера РАП на одиницю $n := n + 1$, встановлення поточного номера показника важливості $i := 1$, і повернення до етапу 6.

Етап 13 – за результатами визначення важливості формування переліку важливих РАП у кількості S .

Визначений перелік РАП у кількості S військових формувань надалі розглядає експертна група, щоб визначити підсумкові оцінки і визначити пріоритетність їх застосування та оснащення безпілотними системами. Алгоритм розгляду складається з 12 етапів (рис. 2).

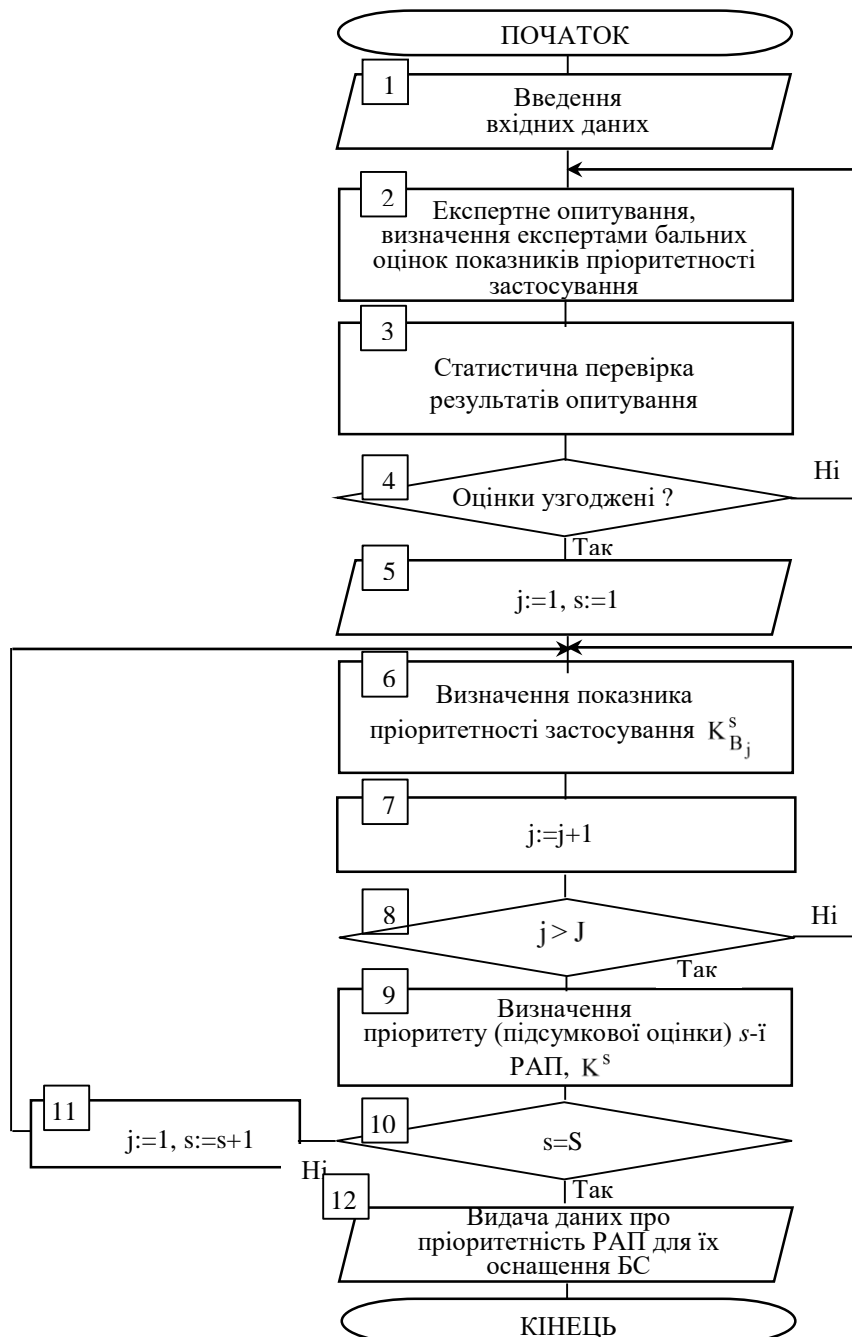


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму визначення пріоритетності ракетних та артилерійських підрозділів для їх оснащення безпілотними системами

Етап 1 – визначення вхідних даних. Тут і далі позначено: s – поточний номер важливої РАП ($s = \overline{1, S}$, де S – кількість важливих РАП), j – порядковий номер показника пріоритетності застосування РАП ($j = \overline{1, J}$, де J – кількість показників пріоритетності ($J = 5$)).

Етап 2 – проведення експертного опитування. У ході опитування пропонується, що кожен m -й експерт для кожної s -ї РАП визначає бальні оцінки $k_{B_{jm}}^s$ для кожного j -го показника пріоритетності застосування РАП.

Етап 3 – статистична перевірка результатів опитування експертів. У ході етапу пропонується виявляти узгодженість в оцінках. Гіпотезу про

наявність узгодженості в оцінках експертів під час визначення бальної оцінки показника для розглянутих РАП перевіряють за допомогою коефіцієнта конкордації Кендала W , обчисленого за виразами (1) – (5).

Етап 4 – перевірка виконання умов узгодженості оцінок експертів за коефіцієнтом конкордації Кендала, визначеним за виразом (1). Високого рівня узгодженості оцінок експертів досягають при $W \geq 0,7$. При $0,5 < W$ результати експертизи слід визнати незадовільними, а етапи 2 і 3 експертизи повторити.

Етап 5 – встановлення поточних номерів РАП $s:=1$ і показника пріоритетності застосування $j:=1$.

Етап 6 – опрацювання результатів експертного опитування, а саме обчислення показника пріоритетності застосування $K_{B_{jm}}^s$, розрахунок усереднених значень бальних оцінок j -го показника пріоритетності застосування за співвідношенням [23]:

$$k_{B_j}^s = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M k_{B_{jm}}^s, \quad (9)$$

де $k_{B_{jm}}^s$ – бальні оцінки j -го показника пріоритетності застосування m -ї РАП, отримані m -м експертом;

M – кількість експертів у групі.

З використанням узагальненої функції переваг Харрінгтона пропонується обчислювати j -й показник пріоритетності застосування за таким співвідношенням:

$$K_{B_j}^s = \exp(-\exp(-y_{B_j}^s)). \quad (10)$$

В аналітичній залежності (10) введено допоміжну величину $y_{B_j}^s$, яку пропонується визначати за таким співвідношенням:

$$y_{B_j}^s = -2 + \frac{7}{8}(k_{B_j}^s - 1). \quad (11)$$

Етап 7 – збільшення поточного номера показника пріоритетності застосування, який розглядають, на одиницю $j := j + 1$;

Етап 8 – перевірка виконання умови розгляду всіх показників пріоритетності застосування. Якщо умову виконано, переходять до етапу 9 в іншому разі – повертаються до етапу 6.

Етап 9 – визначення підсумкового пріоритету (бальної оцінки) s -ї РАП, який пропонується визначати за таким співвідношенням:

$$K^s = \sum_{i=1}^4 K_{A_i}^n \cdot V_{A_i} + \sum_{j=1}^5 K_{B_j}^s \cdot V_{B_j}, \quad (12)$$

де $K_{A_i}^n$ – значення показника важливості s -ї РАП;

V_{A_i} – ваговий коефіцієнт показника важливості;

$K_{B_j}^s$ – значення показника пріоритетності застосування s -ї РАП;

V_{B_j} – ваговий коефіцієнт показника пріоритетності застосування.

Вагові коефіцієнти V_{A_i} і V_{B_j} експертна група визначає так, щоб їхня сума дорівнювала 1.

Етап 10 – перевірка виконання умови розгляду всіх важливих РАП. Якщо умови виконано переходять до етапу 11, в іншому разі – до етапу 12.

Етап 11 – збільшення поточного номера важливої РАП на одиницю $s := s + 1$, встановлення поточного номера показника пріоритетності $j := 1$, та повернення до етапу 6.

Етап 12 – за результатами визначення бальних

оцінок формування переліку пріоритетності серед важливих РАП. Кожну РАП зараховують до однієї з груп пріоритетів. Вважають, що s -та РАП під час її оснащення БС має такі пріоритети:

«дуже високий» – при $0,8 < K^s \leq 1,0$;

«високий» – при $0,63 < K^s \leq 0,8$;

«задовільний» – при $0,37 < K^s \leq 0,63$;

«низький» – при $K^s \leq 0,37$.

Числові межі груп пріоритетів обрано відповідно до вербально-числової шкали Харрінгтона. В межах груп пріоритетів «дуже високий», «високий», «задовільний», «низький» РАП упорядковують відповідно до отриманих значень пріоритетів (підсумкових бальних оцінок) у порядку від вищого до нижчого пріоритету.

Результати попередніх досліджень [24] показують, що для проведення експертного опитування доцільно призначати експертну групу з 5...7 експертів. Розглянемо приклад визначення пріоритетності артилерійських підрозділів (далі – АП) для оснащення їх безпілотними системами з використанням запропонованої методики. Для проведення експертизи було сформовано групу з $M = 5$ експертів. Пріоритетність оснащення БС пропонується визначати для трьох АП, $N = 3$.

За запропонованою методикою група експертів визначає перелік важливих АП для оснащення БС (див. рис. 1). За результатами експертного опитування на етапі 2, визначають бальні оцінки $k_{A_i}^n$ для кожного i -го показника важливості АП під час їх оснащення БС (табл. 3).

За результатами статистичної перевірки результатів опитування експертів (етап 3) встановлено узгодженість рішень експертів за співвідношеннями (1) – (5).

На етапі 4 проведено статистичну перевірку за допомогою коефіцієнта конкордації Кендала W , значення якого для показників важливості $A_1...A_4$ дорівнює: $W_{A_1} = 0,84$, $W_{A_2} = 0,84$, $W_{A_3} = 0,86$, $W_{A_4} = 1$, відповідно. Приклад статистичної перевірки результатів опитування експертів та узгодженості їх рішень наведено для показника важливості A_1 . Отримані експертами $M = 5$ бальні оцінки показника важливості A_1 (див. табл. 3) для АП $N = 3$ наведено в табл. 4.

Отримані експертною групою у складі п'яти експертів бальні оцінки для трьох АП із застосуванням рекомендацій, наведених на етапі 3, перетворюють у ранги (табл. 5).

Далі визначають дисперсію рангів оцінок експертів D (табл. 6).

Застосовуючи співвідношення (4), (5), визначають максимальну дисперсію рангів оцінок експертів. За виразом (5) визначають t_m , k_m і T_m для кожного експерта.

Таблиця 3

Визначення важливості артилерійських підрозділів у процесі визначення пріоритетності їх оснащення безпілотними системами

Показник	Бальна оцінка показника важливості					$k_{A_i}^n$	$K_{A_i}^n$
	Експерт, $M_1 \dots M_5$						
	1	2	3	4	5		
Артилерійський підрозділ № 1 (N_1)							
A_1 – ступінь впливу функціонування АП на результативність виконання оперативних (тактичних) завдань в операціях (діях)	9	7	8	9	7	8,0	0,98
A_2 – ступінь відповідності вогневих можливостей АП вимогам під час їх застосування в операціях (діях)	5	6	7	6	6	6,0	0,91
A_3 – ступінь відповідності маневрених можливостей АП вимогам під час їх застосування в операціях (діях)	7	5	6	6	5	5,8	0,89
A_4 – ступінь відповідності спроможності АП вимогам до виконання основних завдань за призначенням	9	9	8	8	7	8,2	0,99
Артилерійський підрозділ № 2 (N_2)							
A_1 – ступінь впливу функціонування АП на результативність виконання оперативних (тактичних) завдань в операціях (діях)	5	6	5	5	5	5,2	0,83
A_2 – ступінь відповідності вогневих можливостей АП вимогам під час їх застосування в операціях (діях)	4	5	5	4	5	4,6	0,73
A_3 – ступінь відповідності маневрених можливостей АП вимогам під час їх застосування в операціях (діях)	5	5	4	5	5	4,8	0,77
A_4 – ступінь відповідності спроможності АП вимогам до виконання основних завдань за призначенням	5	6	5	5	6	5,4	0,85
Артилерійський підрозділ № 3 (N_3)							
A_1 – ступінь впливу функціонування АП на результативність виконання оперативних (тактичних) завдань в операціях (діях)	5	6	5	5	7	5,6	0,88
A_2 – ступінь відповідності вогневих можливостей АП вимогам під час їх застосування в операціях (діях)	4	4	5	5	4	4,4	0,68
A_3 – ступінь відповідності маневрених можливостей АП вимогам під час їх застосування в операціях (діях)	7	8	7	7	6	7,0	0,96
A_4 – ступінь відповідності спроможності АП вимогам до виконання основних завдань за призначенням	3	4	3	4	4	3,6	0,47

Таблиця 4

Бальні оцінки показника важливості артилерійського підрозділу для його оснащення безпілотними системами

Артилерійські підрозділи	Бальні оцінки за показником A_1 – ступінь впливу функціонування АП на результативність виконання оперативних (тактичних) завдань в операціях (діях)				
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
АП № 1 (N_1)	9	7	8	9	7
АП № 2 (N_2)	5	6	5	5	5
АП № 3 (N_3)	5	6	5	5	7

Таблиця 5

Ранги бальних оцінок, отриманих експертами за показником важливості A_1 для трьох артилерійських підрозділів

Експертна група	Бальні оцінки за показником A_1	Ранг бальних оцінок за показником A_1
Експерт M_1	{9; 5; 5}	{1; 2,5; 2,5}
Експерт M_2	{7; 6; 6}	{1; 2,5; 2,5}
Експерт M_3	{8; 5; 5}	{1; 2,5; 2,5}
Експерт M_4	{9; 5; 5}	{1; 2,5; 2,5}
Експерт M_5	{7; 5; 7}	{1,5; 3; 1,5}

Розрахунок дисперсії рангів бальних оцінок, отриманих експертами за показником важливості A_1

Артилерійські підрозділи	Ранги r_{nm}					$\sum_{m=1}^M r_{nm}$	$\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M r_{nm}$	Δ_n	Δ_n^2	$D = \sum_{n=1}^N (\Delta_n)^2$
	Експерти									
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5					
АП № 1 (N_1)	1	1	1	1	1,5	5,5	5,5+13+11,5=30	-4,5	20,25	20,5+9,0+2,25=31,5
АП № 2 (N_2)	2,5	2,5	2,5	2,5	3	13		3,0	9,0	
АП № 3 (N_3)	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5	11,5		1,5	2,25	

Експерт M_1 : $k_1 = 1$, $t_1 = 2$,
 $T_1 = t_1^3 - t_1 = 2^3 - 2 = 6$.

В оцінках експерта M_1 є одне повторення рангів: значення 2,5 повторено двічі.

Експерт M_2 : $k_2 = 1$, $t_2 = 2$,
 $T_2 = t_2^3 - t_2 = 2^3 - 2 = 6$.

Експерт M_3 : $k_3 = 1$, $t_3 = 2$,
 $T_3 = t_3^3 - t_3 = 2^3 - 2 = 6$.

Експерт M_4 : $k_4 = 1$, $t_4 = 2$,
 $T_4 = t_4^3 - t_4 = 2^3 - 2 = 6$.

Експерт M_5 : $k_5 = 1$, $t_5 = 1$,
 $T_5 = t_5^3 - t_5 = 2^3 - 2 = 6$.

Із застосуванням співвідношення (4) аналітична залежність для визначення максимальної дисперсії D_{max} рангів оцінок п'яти експертів для трьох АП матиме такий вигляд:

$$D_{max} = \frac{1}{12} M^2 (N^3 - N) - \frac{1}{12} M \cdot \sum_{m=1}^M T_m = \frac{1}{12} M^2 (N^3 - N) - \frac{1}{12} M \cdot (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5). \quad (13)$$

Підставивши вхідні параметри, отримують розв'язок співвідношення (13):

$$D_{max} = \frac{1}{12} 5^2 (3^3 - 3) - \frac{1}{12} 5 \cdot (6 + 6 + 6 + 6 + 6) = 50 - 12,5 = 37,5. \quad (14)$$

Відповідно до етапу 4 перевіряють виконання умов узгодженості оцінок експертів за співвідношенням (1), визначаючи коефіцієнт конкордації Кендала:

$$W_{A_1} = \frac{D}{D_{max}} = \frac{31,5}{37,5} = 0,84. \quad (15)$$

Оскільки $W_{A_1} \geq 0,7$, то гіпотезу про узгодженість оцінок експертів приймають.

Пропонується обробляти результати експертного опитування (див. табл. 3) та обчислювати значення показника важливості $K_{A_i}^n$

за співвідношенням (7), застосовуючи розраховані усереднені значення бальних оцінок показників важливості АП $K_{A_i}^n$, обчислені за співвідношенням (6).

Перевіряють виконання умови $K_{A_i}^n > 0,63$ для всіх показників важливості ($i \in \{1,4\}$) для всіх АП ($n \in \{1, N\}$). Оскільки для АП № 3 (N_3) значення $K_{A_4}^3 = 0,47 < 0,63$, пропонується вважати АП № 3 (N_3) неважливим. З решти (АП № 1 (N_1) та АП № 2 (N_2)) формують перелік АП для визначення

$$K^1 = \frac{1}{9} \cdot (0,98 + 0,91 + 0,89 + 0,99) + \frac{1}{9} \cdot (0,97 + 0,97 + 0,89 + 0,98 + 0,92) = 0,95; \quad (16)$$

$$K^2 = \frac{1}{9} \cdot (0,83 + 0,73 + 0,77 + 0,85) + \frac{1}{9} \cdot (0,83 + 0,73 + 0,80 + 0,77 + 0,77) = 0,79 \quad (17)$$

У наведеному прикладі значення вагових коефіцієнтів V_{A_i} і V_{B_j} серед усіх вагових

пріоритетності їх оснащення БС.

За запропонованою методикою групою експертів визначається перелік пріоритетних АП для їх оснащення БС (див. рис. 2). При цьому, за результатами експертного опитування (етап 2) пропонується визначати бальні оцінки $k_{B_j}^s$ для

кожного j -го показника пріоритетності застосування АП під час їх оснащення БС (табл. 7).

За результатами статистичної перевірки результатів опитування експертів (етап 3) встановлено узгодженість рішень експертів за співвідношеннями (1) – (5).

На етапі 4 проведено статистичну перевірку за допомогою коефіцієнта конкордації Кендала W , значення якого для показників пріоритетності застосування $B_1 \dots B_5$ значення якого вказує на узгодженість рішень. Застосовуючи розраховані усереднені значення бальних оцінок показників важливості $k_{B_j}^s$ та значення показників

пріоритетності застосування АП $K_{B_j}^s$, (див. табл. 7), за співвідношенням (12) визначають підсумкову оцінку (пріоритет) АП для оснащення його БС:

кофіцієнтів дорівнює 1/9. За підсумковими оцінками пріоритету АП № 1 – $K^1 = 0,95$ та

пріоритету АП № 2 – $K^2 = 0,79$ упорядковують перелік важливих АП. Артилерійський підрозділ зараховують до однієї з груп пріоритетів: АП № 1 – до групи «дуже високий», оскільки

$0,8 < k^1 = 0,95 \leq 1,0$; АП № 2 – до групи «високий», оскільки $0,63 < k^2 = 0,79 \leq 0,8$.

Таблиця 7

Визначення пріоритетності застосування артилерійського підрозділу для його оснащення безпілотними системами

Показник	Бальна оцінка показника важливості					$k_{B_j}^s$	$K_{B_j}^s$
	Експерт, $M_1 \dots M_5$						
	1	2	3	4	5		
Артилерійський підрозділ № 1 (N_1)							
B_1 – ступінь участі АП в дезорганізації системи управління військами і зброєю, розвідки та радіоелектронної боротьби противника	8	7	7	7	7	7,2	0,97
B_2 – ступінь участі АП у протидії засобам ураження повітряного базування та протиповітряної оборони противника	7	7	7	9	7	7,4	0,97
B_3 – ступінь участі АП у вогневій протидії засобам вогневої підтримки противника	5	7	5	5	7	5,8	0,89
B_4 – ступінь участі АП у зниженні спроможностей частин (підрозділів) угруповання військ (сил) противника	7	7	9	9	7	7,8	0,98
B_5 – ступінь участі АП у порушенні логістичного забезпечення	7	5	7	7	5	6,2	0,92
Артилерійський підрозділ № 2 (N_2)							
B_1 – ступінь участі АП в дезорганізації системи управління військами і зброєю, розвідки та радіоелектронної боротьби противника	6	5	5	4	6	5,2	0,83
B_2 – ступінь участі АП у протидії засобам ураження повітряного базування та протиповітряної оборони противника	5	4	5	5	4	4,6	0,73
B_3 – ступінь участі частини АП у вогневій протидії засобам вогневої підтримки противника	5	6	5	4	5	5,0	0,80
B_4 – ступінь участі АП у зниженні спроможностей частин (підрозділів) противника	5	5	5	4	5	4,8	0,77
B_5 – ступінь участі АП у порушенні логістичного забезпечення	5	5	4	5	5	4,8	0,77

Висновки і перспективи подальших досліджень

Таким чином, у статті набула подальшого розвитку чинна методика [23]. Для обґрунтування рекомендацій щодо визначення пріоритетності РАП під час їх оснащення безпілотними системами запропоновано застосовувати дві групи показників: важливості та пріоритетності застосування РАП. Узгодження результатів експертного опитування у пропонованій методиці проведено за допомогою коефіцієнта конкордації Кендала. Бальні оцінки показників, отриманих експертами, приведено до єдиної безрозмірної шкали переваг, для чого

використано узагальнену функцію переваг Харрінгтона. Це дало змогу виключити помилки в оцінках експертів, спричинені їх психологічними особливостями (нелінійним зв'язком між значеннями показника та його оцінкою експертом). Отримані внаслідок таких перетворень значення показників важливості та пріоритетності пропонується використовувати для розрахунку підсумкової оцінки і з'ясування пріоритету РАП в їх оснащенні безпілотними системами.

Методику пропонується застосовувати в органах військового управління під час визначення пріоритетності РАП для їх оснащення безпілотними системами.

Список бібліографічних посилань

1. Головченко О., Іщенко О., Линок Н. Здобуті уроки ведення бойових дій артилерійськими підрозділами в ході збройного конфлікту на Сході України за аспектом живучості в 2014–2015 роках. *Воєнно-історичний вісник*: зб. наук. пр. Київ, 2021. № 1(39). С. 82–96. DOI: <https://doi.org/10.33099/2707-1383-2021-39-1-82-96>.
 2. Репіло Ю. Є., Головченко О. В., Іщенко О. В. Контент-аналіз уроків збройного конфлікту в Нагірному Карабасі щодо вогневої підтримки військових формувань Азербайджану в наступальних діях. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Військові та технічні науки*. Хмельницький, 2021. № 1 (84). С. 86–99. DOI:

<https://doi.org/10.32453/3.v84i1.805>.
 3. Репіло Ю. Є., Головченко О. В. Обґрунтування показників та критеріїв можливої живучості артилерійських підрозділів під час вогневої підтримки в наступальних діях. *Системи озброєння і військова техніка*. Харків, 2021. № 3 (67). С. 39–44. DOI: <https://doi.org/10.30748/soivt.2021.67.05>.
 4. Репіло Ю. Є., Головченко О. В. Аналіз базових концепцій і понять вогневої підтримки артилерійськими підрозділами в бою армій країн НАТО. *Грааль науки*. Вінниця, 2023. № 27. С. 209–211. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.12.05.2023.030>.
 5. STANAG 2484 AARTYP-05 Ed B NATO Fire Support Doctrine, 5 November 2015. URL:

- <https://nato.int> (дата звернення 12.05.2023). **6. FM 3-09 Fire Support and Field Artillery Operations**, 30 April 2020. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023). **7. АТР 3-09.12 Field Artillery Target Acquisition**, 24 July 2015. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023). **8. АТР 3-09.23 Field Artillery Cannon Battalion**, 24 September 2015. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023). **9. АТР 3-09.24 Techniques for the Fires Brigade**, 21 November 2012. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023). **10. АТР 3-09.42 Fire Support for The Brigade Combat Team**, 1 March 2016. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023). **11. АТР 3-09.50 The Field Artillery Cannon Battery**, 04 May 2016. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023). **12. АТР 3-09.70 Paladin Operations**, 25 September 2015. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023). **13. АТР 3-09.90 Division Artillery Operations and Fire Support for the Division**, 12 October 2017. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023). **14. Temiz Y. Z.** Artillery survivability (Monterey, California: Postgraduate School, 2016). URL: <http://hdl.handle.net/10945/49399> (дата звернення: 07.02.2022). **15. Younglak S.** An analysis of «shoot-and-scoot» tactics (Monterey, California: Postgraduate School, 2017). URL: <https://hdl.handle.net/10945/53047> (дата звернення: 24.08.2022). **16. Browne K. D.** Self-propelled wheeled howitzer for Marine Corps use: capability-based assessment (Monterey, California: Postgraduate School, 2018). URL: <http://hdl.handle.net/10945/61319> (дата звернення: 03.01.2023). **17. Turk J. H.** Analysis of artillery survivability in distribute operations (Monterey, California: Postgraduate School, 2020). URL: <http://hdl.handle.net/10945/64893> (дата звернення: 11.02.2023). **18. Репіло Ю. Є., Головченко О. В., Купрієнко Д. А.** Модель застосування ракетних та артилерійських підрозділів під час вогневої підтримки в операції (бою) з використанням теорії випадкових процесів зі скінченною множиною станів. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. Київ, 2021. № 2 (44). С. 28–37. DOI: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-44-2-28-37>. **19. Репіло Ю. Є., Іщенко О. В.** Методика оцінювання відповідності можливостей безпілотних авіаційних комплексів щодо повітряної розвідки в інтересах виконання вогневих завдань артилерією у збройних конфліктах. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Військові та технічні науки*. Жмельницький, 2022. № 3 (88). С. 125–149. DOI: <https://doi.org/10.32453/3.v88i3.1252>. **20. Khudov H., Oleksenko O., Lukianchuk V., Herasymenko V., Yaroshenko Y., Ishchenko O., Ikaiev D., Golovchenko O., Volobuiev A., Drob Y., Solomonenko Y., Khizhnyak I.** The determining the flight routes of unmanned aerial vehicles groups based on improved ant colony algorithms. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2021. Vol. 11. Issue 9. P. 23–32. DOI: https://doi.org/10.46338/IJETAЕ0921_03. **21. Майстренко О., Караванов О., Лихольот О.** Обґрунтування сукупності показників оцінювання стійкості функціонування розвідувально-вогневих систем. *Честь і закон*. 2022. No 1 (80). С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2022/1/80/262458>. **22. Гамора В. В.** Удосконалена методика визначення пріоритетності об'єктів ураження противника для нанесення ракетно-авіаційних ударів в операціях (бойових діях) Збройних Сил України. *Наука і техніка Повітряних Сил України*. Харків, 2014. № 4 (17). С. 5–9. **23. Коваль В. В., Сень М. П., Лагно Є. О., Ларін В. В., Таран І. А.** Методика визначення пріоритетності науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, які пов'язані зі створенням (модернізацією) зразків озброєння та військової техніки. *Наука і техніка Повітряних Сил України*. Харків, 2022. № 3 (48). С. 7–16. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2022.48.01>. **24. Грабовецький Б. Є.** Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с. **25. Лук'яничук В., Ніколас І., Опенько П., Дзєверін І, Угрінович О.** Методика визначення пріоритетності проектів науково-дослідних робіт у сферах розробок озброєння та військової техніки. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*. Київ, 2020. № 6 (10). С. 40–56. **26. Телелим В. М., Шевчук В. В., Баргилевич А. В.** Методичний підхід до визначення пріоритетності важливих об'єктів в зоні територіальної оборони, охорона та оборона яких покладається на формування територіальної оборони держави. *Наука і техніка Повітряних Сил України*. Харків, 2020. № 4 (41). С. 37–43. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.41.04>. **27. Ярош С. П., Філіпенко О. В.** Удосконалена методика визначення важливості елементів оперативної побудови оперативного угруповання військ. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил України*. Харків, 2022. № 2 (72). С. 14–20. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2022.72.02>. **28. Теоретичні основи управління угрупованням військ (сил) у сучасних умовах збройної боротьби : монографія / [О. М. Загорка, А. К. Павліковський, А. А. Корецький, С. О. Кириченко, І. О. Загорка] ; за заг. ред. І. С. Руснака.** Київ: НУОУ ім. Івана Черняховського, 2020. 248 с. **29. Розвідувально-ударні, розвідувально-вогневі комплекси (принципи побудови в умовах реалізації концепції мережецентричних війн, оцінка ефективності бойового застосування) : монографія / [В. М. Тарасов, Р. І. Тимошенко, О. М. Загорка] ; за заг. ред. В. М. Телелима.** Київ : НУОУ ім. Івана Черняховського, 2015. 248 с. **30. Доктрина «Ракетні війська і артилерія» затверджена Головнокомандувачем Збройних Сил України 03.11.2022, СДП 3-06,07(03).01.**

METHOD FOR DETERMINING THE PRIORITY OF THE MISSILES AND ARTILLERY UNITS FOR THEIR EQUIPMENT WITH UNMANNED SYSTEMS

Repilo Iurii (Doctor of Military Sciences, Professor)

Golovchenko Oleg (Doctor of Philosophy)

Riman Oleksii (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The results of the analysis of lessons learned in the use of troops (forces) in the course of military operations in recent years show that the success of operations (actions) will largely depend on effective fire support. In turn, achieving its desired effectiveness is impossible without timely and reliable intelligence data about enemy objects (targets) using unmanned systems. At the same time, in the theory and practice of managing missile and artillery units, an unacceptable discrepancy arose between the need to equip missile and artillery units with unmanned systems and the limited number of such systems based on priority. So, there is a need to maximize the equipment of missile and artillery units depending on the specifics of fire support tasks, and on the other hand, there is a limited number of unmanned systems that can provide missile and artillery units with up-to-date intelligence on enemy objects (targets) for performance of fire support tasks in operations (actions). Based on this, the purpose

of the article is to develop a methodology for determining the priority of missile and artillery units to be equipped with unmanned systems. In the article, the method of solving the problem of multi-criteria selection of the optimal solution among alternatives based on priority by the method of expert survey was further developed. At the same time, to determine the priority of the multidimensional system when solving the problem of multi-criteria selection, it is proposed to use two groups of indicators: the importance and priority of the use of missile and artillery units. The expert survey is agreed using Kendall's concordance coefficient. Scores of indicators obtained by experts lead to a single dimensionless scale of preferences, for which Harrington's generalized preference function is used. The proposed methodology is proposed to be used in the military administration bodies when determining the priority of missile and artillery units for their equipping with unmanned systems.

Keywords: management, priority, importance, fire support, missile and artillery units, unmanned systems, expert survey, Kendall's concordance coefficient, Harrington's preference function.

References

- Holovchenko, O., Ishchenko, O., & Lynok, N.,** (2021). Lessons learned by artillery units in armed conflict in eastern Ukraine in the aspect of survival in 2014–2015. *Military Historical Bulletin*, 39(1), 8–96. <https://doi.org/10.33099/2707-1383-2021-39-1-82-96>.
- Repilo, I., Golovchenko, O., & Ishchenko, O.,** (2021). Content analysis of lessons learned from armed conflict in Nagorno-Karabakh for fire support for maneuver formations of Azerbaijan in offensive actions. *Collection of Scientific Works of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine. Series: Military and Technical Sciences*, 84(1), 86–99. <https://doi.org/10.32453/3.v84i1.805>.
- Repilo, I., & Golovchenko, O.,** (2021). Justification of indicators and criterion of possible survivability of artillery units during fire support in offensive operations. *Systems of Arms and Military Equipment*, 3(67), 39–44. <https://doi.org/10.30748/soivt.2021.67.05>.
- Repilo, I., & Golovchenko, O.,** (2023). Analysis of basic concepts and definitions of fire support by artillery units in battle of the armies of NATO countries. *Grail of Science*, 27, 209–211. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.12.05.2023.030>.
- STANAG 2484 AARTYP-05 Ed B NATO Fire Support Doctrine**, 5 November 2015. URL: <https://nato.int> (дата звернення 12.05.2023).
- FM 3-09 Fire Support and Field Artillery Operations**, 30 April 2020. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023).
- ATP 3-09.12 Field Artillery Target Acquisition**, 24 July 2015. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023).
- ATP 3-09.23 Field Artillery Cannon Battalion**, 24 September 2015. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023).
- ATP 3-09.24 Techniques for the Fires Brigade**, 21 November 2012. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023).
- ATP 3-09.42 Fire Support for The Brigade Combat Team**, 1 March 2016. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023).
- ATP 3-09.50 The Field Artillery Cannon Battery**, 04 May 2016. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023).
- ATP 3-09.70 Paladin Operations**, 25 September 2015. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023).
- ATP 3-09.90 Division Artillery Operations and Fire Support for the Division**, 12 October 2017. URL: <https://armypubs.army.mil> (дата звернення 12.05.2023).
- Temiz, Y. Z.,** (2016). Artillery survivability. Monterey, California: Postgraduate School. URL: <http://hdl.handle.net/10945/49399> (дата звернення: 07.02.2022).
- Younglak S.,** (2017). An analysis of «shoot-and-scoot» tactics. Monterey, California: Postgraduate School. URL: <https://hdl.handle.net/10945/53047> (дата звернення: 24.08.2022).
- Browne K. D.,** (2018). Self-propelled wheeled howitzer for Marine Corps use: capability-based assessment (Monterey, California: Postgraduate School.). URL: <http://hdl.handle.net/10945/61319> (дата звернення: 03.01.2023).
- Turk, J. H.,** (2020). Analysis of artillery survivability in distribute operations. Monterey, California: Postgraduate School. URL: <http://hdl.handle.net/10945/64893> (дата звернення: 11.02.2023).
- Repilo, I., Golovchenko, O., & Kupriyenko, D.,** (2022). A model of the missiles and artillery units employment at the fire support in operation (combat) using the theory of random processes with a finite set of states. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, 2 (44), 28–37. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2022-44-2-28-37>.
- Repilo, I., & Ishchenko, O.,** (2022). The method of assessing the adequacy of the capabilities of unmanned aviation complexes regarding aerial reconnaissance in the interests of performing artillery fire tasks in armed conflicts. *Collection of Scientific Works of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine. Series: Military and Technical Sciences*, 88, 3, 125–149. <https://doi.org/10.32453/3.v88i3.1252>.
- Khudov, H., Oleksenko, O., Lukianchuk, V., Herasymenko, V., Yaroshenko, Y., Ishchenko, O., Ikaiev, D., Golovchenko, O., Volobuiev, A., Drob, Y., Solomonenko, Y., Khizhnyak, I.,** (2021). The determining the flight routes of unmanned aerial vehicles groups based on improved ant colony algorithms. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 11, 9, 23–32. https://doi.org/10.46338/IJETAE0921_03.
- Maistrenko, O., Karavanov O., & Lykholot O.,** (2022). Substantiation of a set of indicators for assessing the stability of the functioning of reconnaissance and fire systems. *Honor and Law*, 1(80), 19–25. <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2022/1/80/262458>.
- Hamora, V. V.,** (2014). Improved method of determination of priority of defeat rocket objects opponent for -aviation inflicting blows in the operations (battle actions) of Military Forces of Ukraine. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, 4(17), 5–9.
- Koval, V., Sen, M., Lahno, E., Larin, V., & Taran, I.,** (2022). A methodology of determining the priority of research and development works related to the creation (modernization) of armament and military equipment samples. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 3 (48), pp. 7–16. <https://doi.org/10.30748/mitps.2022.48.01>.
- Hrabovetskyi, B. Ye.** (2010). Methods of expert evaluations: theory, methodology, directions of use” (Textbook). Vinnvtsia. VNTU, 2010. p.171.
- Lukvanchuk, V., et al.,** (2020). Methods of Determining the Priority of Research Projects in the Field of Development of Armament and Military Equipment. *Social Development and Security*, 10, 6, 40–56. doi: 10.33445/sds.2020.10.6.5.
- Telelim, V., Shevchuk, V., & Bargilevich, A.,** (2020). Methodical approach to determining the priority of important objects and communications of the territorial defense, the protection and defense of the territorial defense units. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, (4(41), 37–43. <https://doi.org/10.30748/mitps.2020.41.04>.
- Yarosh, S., & Filippenkov, O.,** (2022). The improved methodology of determination of the importance of objects from deployment design of the combined arms task force. *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, 2(72), 14–20. <https://doi.org/10.30748/zhups.2022.72.02>.
- Zagorka, O., Pavlikovskiy, A., Koretskyi, A., Kyrychenko, S. & Zagorka, I.,** (2020) Theoretical foundations of managing a group of troops (forces) in modern conditions of armed struggle. (Textbook), Kyiv. NUOU, 248.
- Tarasov, V., Tymoshenko, R., & Zagorka, O.,** (2015). Reconnaissance and strike, reconnaissance and fire complexes (principles of construction in the implementation of the concept of network-centric wars, assessment of the effectiveness of combat use). (Textbook), Kyiv. NUOU, 2015. 184.
- Doktryna «Raketni viiska i artyleriya» zatverdzhena Holovnokomanduvachem Zbroinykh Syl Ukrainy** 03.11.2022, SDP 3-06.07(03).01.