

DOI 10.33099/2786-7714-2024-1-6-43-48

УДК 355.424.4

Глоба Олександр Володимирович (доктор філософії, старший викладач)
<https://orcid.org/0000-0002-1423-8365>

Національний університет оборони України, Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ КРИТЕРІЇВ ОПТИМАЛЬНОСТІ ПІД ЧАС ОБГРУНТУВАННЯ СПРОМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМИ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ПРИКРИТТЯ

Середовище функціонування системи зенітного ракетного прикриття характеризується, як правило, непередбачуваністю дій повітряного противника, що значно ускладнює процес прийняття рішення щодо вибору кращого варіанту системи. Це підтверджує актуальність додаткового вивчення придатності відомих критеріїв теорії прийняття рішень до обґрунтування спроможностей системи.

В статті розглядаються можливості щодо використання класичних критеріїв прийняття рішень (Вальда, Байєса-Лапласа, Севіджа) і одного похідного від них (критерію Гурвіца) для вибору кращого варіанту. Аналізується доцільність їх застосування щодо зенітного ракетного прикриття, вказуються на переваги застосування одних і складнощі при використанні інших. Фахівцям в галузі протиповітряної оборони також пропонується розглянути можливість усереднення або додавання рангових значень прийнятних до використання критеріїв з подальшим ранжуванням отриманих результатів.

Ключові слова: система протиповітряної оборони, система зенітного ракетного прикриття, спроможності, прийняття рішень, операція, угруповання військ.

Вступ

Однією із головних доктрин НАТО для планування об'єднаних операцій Альянсу [1] визначається, що командири повинні нарощувати здатність швидкого прийняття рішень, оскільки така здатність є необхідною умовою для здійснення успішного паралельного планування. З одного боку, це акцентує значимість розвитку систем підтримки прийняття рішень, а з іншого, говорить про необхідність аналізу вже наявного арсеналу теоретичних знань для забезпечення прийнятими рішеннями належного рівня обґрунтованості.

Успішне виконання бойових завдань системою зенітного ракетного прикриття також вимагає використання обґрунтованих підходів до створення такої системи, адже середовище її функціонування висуває безліч умов, які будуть впливати на остаточний результат. Спрямованість очікуваних результатів формується основним призначенням системи, а також тими особами (групою осіб), які залучаються до процесу її створення. Рішення про структуру приймаються з урахуванням існуючих доктринальних вимог [2-4] і вимог старшого начальника.

Обґрунтування спроможностей системи зенітного ракетного прикриття часто проводиться шляхом її оптимізації, що зводиться до пошуку математичних моделей функціонування системи, тобто, вирішенні прямої задачі дослідження операцій, а потім, пошуку таких її варіантів або альтернатив, які будуть відповідати екстремальним значенням цільових функцій спроможностей, тобто, зворотної задачі, як це зображено у [5]. По суті, це є типовими задачами теорії дослідження

операцій, які відносяться до добре структурованих та кількісно сформульованих [6].

У той же час, така структурована задача може містити елементи невизначеності. Вони пов'язані, у першу чергу, з невизначеністю дій повітряного противника, що полягає у відсутності достовірних прогнозів щодо кількості його сил і засобів, напрямків та порядку нанесення ударів. Тобто, частина інформації, яка необхідна для повного й однозначного визначення вимог до розв'язку, може бути принципово відсутньою. Це призводить до ускладнення побудови моделей, що адекватно описують функціонування системи та наближення задачі прийняття рішення до класу слабо структурованих задач.

Тому, є актуальним пошук методів і підходів вирішення задачі обґрунтування спроможностей системи зенітного ракетного прикриття, як слабо структурованої задачі прийняття рішень. Саме розгляду таких підходів присвячується стаття.

Матеріали та методи

Доволі часто існує бажання використати відомі формальні задачі та методи для розв'язання слабо структурованих проблем. Насправді, якщо такі дії не обґрунтовані, то це призведе не до розв'язання реальної проблеми, а до розв'язання тієї, яку вигадали для отримання можливості застосування вже відомої моделі і розв'язання відомої задачі, хоча вони можуть і не відобразити сутності реальної проблеми. Таким чином, зенітне ракетне прикриття як процес є структурованим доволі умовно і знаходиться буквально на межі структурованості, визначеності та невизначеності вихідних умов.

Теорія прийняття рішень, як і деякі інші дисципліни (системний аналіз, психологія тощо), призначена для розв'язання слабо структурованих задач. Такі задачі мають міждисциплінарний характер [7-11]. В статті відображені результати дослідження використання наступних функцій (критеріїв) корисності теорії прийняття рішень:

- мінімакний критерій, його ще називають критерій Вальда або ММ-критерій;
- критерій Байєса-Лапласа (BL-критерій);
- критерій Гурвіца (GW-критерій);
- критерій Севіджа (S-критерій).

Зазначені критерії часткового згадуються і в трудах сучасних військових дослідників [12-14]. Та новизною їх використання є перевірка придатності та адаптація до застосування в середовищі функціонування системи зенітного ракетного прикриття. Також, здійснюється спроба надання логічного змісту використання усередненого значення розглянутих критеріїв для його застосування під час досліджень процесів створення та функціонування системи зенітного ракетного прикриття. Така адаптація проводиться автором вперше, тому заздалегідь висловлюється подяка наданню корисних зауважень і коментарів.

Результати

Практичною цінністю від застосування теорії очікуваної корисності вважають наявність можливості формалізації процесу прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності [6,8]. При цьому, деталізація передумов виникнення такої невизначеності в загальних положеннях теорії не проводиться. Якщо задачу прийняття рішень для системи вважати визначеною на множині альтернатив (варіантів рішень, аргументів) – X , множині наслідків – Y (відгуків, функцій) і множині станів – V (зовнішніх умов, неконтрольованих факторів), де множина V є проявом стохастичної невизначеності у прийнятті рішень, то, як правило, говорять про дві форми взаємного зв'язку множин X, V, Y . Це – екстенсивна й нормальна форми. Кожна з них відповідає своєму визначенню множини станів і своєму підходу до оцінки очікуваної корисності альтернатив.

В екстенсивній формі стан визначається як відображення альтернатив у наслідки $v: X \rightarrow Y$. У такій постановці множина станів природи в задачі не фігурує. А стохастичну невизначеність можна описати розподілом імовірностей на множині наслідків Y , що відповідають альтернативам із X . Переваги об'єкта прийняття рішень виражаються у вигляді функцій корисності $u(y)$, визначеній на множині наслідків Y . Очікувана корисність альтернативи x може бути оціненою деякою функцією корисності $B(x) = B(u(y), p(x, y))$, де $p(x, y)$ – розподіл імовірностей на множині наслідків Y , що відповідають альтернативі x . Оскільки кожній альтернативі однозначно відповідає свій розподіл імовірностей, то в такій постановці задачі можна говорити про вибір найкращого розподілу імовірностей.

Для задач прийняття рішень у нормальній формі альтернативи $x \in X$ визначаються як відображення станів у наслідки $x: V \rightarrow Y$ [8]. Тут множина станів V фігурує в задачі, а стохастична невизначеність описується за допомогою одного незалежного від альтернатив розподілу імовірностей на V і задається відповідною щільністю. Переваги об'єкта прийняття рішень, як і у попередньому випадку, задаються функціями корисності, але тепер вони будуються не на множині наслідків Y , а на множині $X \times V$, оскільки будь-який наслідок однозначно визначається парою $(x, v) \in X \times V$. Для задачі прийняття рішень у нормальній формі очікувана корисність альтернативи x може бути оціненою деякою функцією корисності (або функціоналом) – $B(x) = B(u(x, v), p(x))$.

За наявності погодженості, тобто, коли невизначеність викликана однаковими причинами, екстенсивна і нормальна форми задачі прийняття рішення вважаються еквівалентними з погляду очікуваної корисності розглянутих альтернатив.

Розглянемо послідовно деякі види функцій корисності (критеріїв) для нормальної форми задачі прийняття рішення, які найчастіше використовуються під час прийняття рішень.

Мінімакний критерій (ММ-критерій, критерій Вальда). Мінімакний критерій використовує функцію корисності альтернатив

$$E_{MM}(x) = \min_{v \in V} u(x, v), \quad (1)$$

що відповідає позиції крайньої обережності. Шукана альтернатива обирається за такої умови, що

$$x^* \in \text{Arg max}_{x \in X} E_{MM}(x) = \text{Arg max}_{x \in X} \min_{v \in V} u(x, v). \quad (2)$$

Обрані таким чином альтернативи повністю виключають ризик. Це означає, що які б стани природи $v \in V$ не реалізувалися, відповідний результат не може виявитися гіршим за $E_{MM}(x^*)$. Ця властивість робить мінімакний критерій одним із фундаментальних і найбільш придатним до застосування в практичних задачах.

Віобразимо приклад використання мінімакного критерію Вальда для випадку прийняття рішення щодо майбутньої системи зенітного ракетного прикриття. Нехай пропонуємо альтернативи x_1, x_2, x_3, x_4 відобразатимуть вплив досліджуємого фактору на загальний результат, а стани природи v_1, v_2, v_3 відповідають можливим варіантам дій противника. Тоді, результати застосування критерію Вальда відображені у табл. 1.

Таблиця 1

Використання критерію Вальда

	Результати			min	max	maxmin	maxmax	Ранг песс.	Ранг опт.
	v_1	v_2	v_3						
x_1	0,31	0,21	0,28	0,21	0,31			2	3
x_2	0,42	0,19	0,33	0,19	0,42		0,42	3	1
x_3	0,23	0,27	0,34	0,23	0,34	0,23		1	2
x_4	0,09	0,29	0,27	0,09	0,29			4	4

За допомогою таблиці можна зрозуміти порядок застосування критеріїв крайнього оптимізму і крайнього песимізму до наявних результатів функціонування системи.

Запропонований підхід дає підстави для вибору альтернативи x_3 , як тієї, що відповідає кращому результату при найгіршому розвитку подій. Альтернатива x_2 повинна бути обраною за умов найкращого розвитку подій для системи зенітного ракетного прикриття.

У той же час, відсутність ризику може привести до певних втрат. Продемонструємо це на прикладі. При рівноімовірних варіантах дій повітряного противника найкраще середнє значення отриманих результатів виявиться при реалізації другої альтернативи, а не першої, як це відображено у табл. 2.

Таблиця 2

Недосконалість критерію Вальда							
	Результати			Середнє значення	Ранг за середн.	Ранг песс.	Ранг опт.
	v_1	v_2	v_3				
x_1	0,31	0,21	0,28	0,27	3	2	3
x_2	0,42	0,19	0,33	0,31	1	3	1
x_3	0,23	0,27	0,34	0,28	2	1	2
x_4	0,09	0,29	0,27	0,21	4	4	4

Якщо ж імовірності виявлення станів будуть неоднакові, то втрати явних переваг іншої альтернативи можуть виявитися ще більшими.

Запропонованим прикладом ми підтверджуємо думку про те, що песимізм мінімаксного критерію не завжди виявляється вигідним [6]. Застосування мінімаксного критерію буде більш доцільним, коли прийняттю рішення відповідають наступні умови:

імовірності виникнення зовнішніх станів невідомі;

потрібно рахуватися з появою різних зовнішніх станів природи $v \in V$;

рішення реалізується лише раз;

необхідно виключити будь-який ризик, тобто за жодних умов $v \in V$ не допускається отримання результату, меншого за $E_{MM}(x^*)$.

Критерій Байєса-Лапласа (BL-критерій). На відміну від мінімаксного критерію, цей критерій враховує кожен із можливих наслідків альтернативи. Якщо $p(v)$ вважати імовірністю появи стану $v \in V$, то для критерію Байєса-Лапласа корисність кожної альтернативи можна охарактеризувати математичним очікуванням корисностей її наслідків, тобто

$$E_{BL}(x) = \int p(v)u(x,v)dv, \quad (3)$$

при $v \in V$. Тоді, потрібну нам альтернативу можна обирати як

$$x^* \in \text{Arg max}_{x \in X} E_{BL}(x) = \text{Arg max}_{x \in X} \int p(v)u(x,v)dv, \quad (4)$$

при $v \in V$. При цьому, рішення приймається за наступних обставин:

імовірності появи станів відомі об'єкту, що приймає рішення і не залежать від часу;

теоретично рішення може реалізуватися нескінченну кількість разів;

для малого числа реалізацій рішення допускається деякий ризик.

При досить великій кількості реалізацій середнє значення корисностей альтернативи x наближається до математичного сподівання корисностей її наслідків. Тому при нескінченній реалізації будь-який ризик виключається. Критерій Байєса-Лапласа є більш оптимістичнішим, ніж критерій Вальда, однак він вимагає вищого рівня інформованості й досить тривалої реалізації. Це піддає сумніву доцільність його використання під час обґрунтування спроможностей системи зенітного ракетного прикриття, що створюється.

Варто також зазначити, що імовірності набуття визначених станів природи (варіантів дій повітряного противника) до створення системи є невідомими, а рішення реалізується лише один раз під час ведення реального протиповітряного бою. Це не відповідає прийнятним умовам застосування критерію Байєса-Лапласа при вирішенні задачі вибору потрібної альтернативи.

Критерій Гурвіца (GW-критерій). При виборі рішення пан Л. Гурвіц рекомендує керуватися деяким середнім результатом, що характеризує стан між крайнім песимізмом і нестримним оптимізмом, тобто критерій пропонує до реалізації альтернативу з максимальним середнім результатом. Тут є важливим те, що при всьому цьому діє припущення про рівноімовірність станів середовища. За критерієм Гурвіца корисність кожної альтернативи характеризується величиною

$$E_{GW}(x) = \alpha \max_{v \in V} u(x,v) + (1-\alpha) \min_{v \in V} u(x,v), \quad (5)$$

де $\alpha \in [0,1]$ – ваговий коефіцієнт, що характеризує схильність об'єкту, який приймає рішення до ризику. При цьому, рішення приймається за умови:

$$x^* \in \text{Arg max}_{x \in X} E_{GW}(x) = \text{Arg max}_{x \in X} (\alpha \max_{v \in V} u(x,v) + (1-\alpha) \min_{v \in V} u(x,v)). \quad (6)$$

Цілком очевидно, що при $\alpha=0$ критерій Гурвіца перетворюється в критерій Вальда, а для $\alpha=1$ він перетворюється у критерій $\max\max$. Під час обґрунтування рішень щодо кращої системи зенітного ракетного прикриття обирати значення коефіцієнту α може бути так само важко, як при правильному виборі самого критерію. Навряд чи можливо знайти кількісну характеристику для тих часток оптимізму й песимізму, що присутні під час прийняття рішення. Тому дуже часто обирають $\alpha=0,5$ (щось нахшталт “середньої” точки зору).

В теорії прийняття рішень для вирішення практичних задач коефіцієнт α інколи пропонують обирати для обґрунтування вже прийнятого рішення. Для рішення, що “сподобалося”, обчислюється потрібний ваговий коефіцієнт α , а потім він інтерпретується як доцільний показник співвідношення оптимізму та песимізму. Таким чином, рішення, які приймаються, можна

обґрунтувати заднім числом. Варто прокоментувати, що це є доволі сумнівною практикою і такий підхід не слід розглядати під час вибору найкращого рішення для варіантів бойового застосування угруповання зенітних ракетних військ.

Приклад застосування критерію Гурвіца для відомих нам раніше результатів функціонування системи наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Використання критерію Гурвіца (для $\alpha=0,5$)

	Результати			min	max	$\alpha \cdot \max$	$(1-\alpha) \cdot \min$	$\max_0 \text{GW}$	Ранг
	v_1	v_2	v_3						
x_1	0,31	0,21	0,28	0,21	0,31	0,15	0,1	0,25	3
x_2	0,42	0,19	0,33	0,19	0,42	0,21	0,09	0,3	1
x_3	0,23	0,27	0,34	0,23	0,34	0,17	0,11	0,28	2
x_4	0,09	0,29	0,27	0,09	0,29	0,14	0,04	0,18	4

Слід також прокоментувати, що в наведеному прикладі прийняття такої “усередненої” точки зору з використанням критерію Гурвіца врешті решт призвело до обґрунтування використання такої ж альтернативи, як і при використанні критерію Вальда, але, так би мовити, більш “обережно” і “виважено”.

Варто додати, що в окремих джерелах [6,8,9] наводяться приклади прийняття нерациональних рішень під час використання критерію Гурвіца.

До ситуації, яка складається під час прийняття рішень для застосування критерію Гурвіца висуваються наступні вимоги:

інформація про імовірності виникнення станів відсутня;

із появою нових станів обов'язково необхідно рахуватися;

реалізується мала кількість рішень;

допускається деякий ризик.

Придатність використання даного критерію для прийняття рішень щодо обґрунтування спроможностей системи зенітного ракетного прикриття можна визначити за результатами аналізу і співставлення особливостей і вимог середовища функціонування системи з вимогами, які сприяють застосуванню критерію. В цілому, зазначені вимоги доволі прийнятні, проте, залишається відкритим питання обґрунтування значення коефіцієнту α .

Критерій Севіджа (S-критерій). Як і мінімакський критерій, цей критерій за своєю суттю є доволі песимістичним. Під час вибору оптимальної стратегії він рекомендує орієнтуватись не на виграш від використання альтернативи, а на ризик прогашу, або “втрат”. Оптимальною обирається та стратегія, за якої величина гарантованих втрат мінімальна. За цим критерієм корисність кожної альтернативи характеризується як

$$E_{SE}(x) = \max_{v \in V} (\max_{b \in X} u(b, v) - u(x, v)), \quad (7)$$

де $b = x_{i\max}$ – множина найбільших значень альтернатив за різними станами природи

(варіантами застосування сил і засобів повітряного противника). Саме цю величину інтерпретують як втрати, що виникають у станах $v \in V$ при заміні оптимальної для неї альтернативи на альтернативу x . Тоді прийняття рішення відбувається за умовою мінімізації максимально можливих втрат, тобто

$$x^* \in \text{Arg min}_{x \in X} E_{GW}(x) = \text{Arg min}_{x \in X} \max_{v \in V} (\max_{b \in X} u(b, v) - u(x, v)). \quad (8)$$

Приклад проведених розрахунків із застосуванням критерію Севіджа для наявних результатів функціонування системи наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Використання критерію Севіджа

	Результати, x_{ij}			$x_{i\max}$	Матриця втрат, $r_{ij} = x_{i\max} - x_{ij}$			r_{\max}	min-max	Ранг
	v_1	v_2	v_3		r_{1j}	r_{2j}	r_{3j}			
x_1	0,31	0,21	0,28	0,31	0	0,1	0,03	0,1	0,1	1
x_2	0,42	0,19	0,33	0,42	0	0,23	0,09	0,23		4
x_3	0,23	0,27	0,34	0,34	0,11	0,07	0	0,11		2
x_4	0,09	0,29	0,27	0,29	0,2	0	0,02	0,2		3

Використання критерію Севіджа надає нам дещо інший ранговий розподіл альтернатив, ніж у попередніх випадках.

До ситуації прийняття рішень за цим критерієм висуваються такі ж самі вимоги, що і у випадку мінімакського критерію, що говорить про можливість його використання в ході прийняття рішень щодо обґрунтування спроможного варіанту системи зенітного ракетного прикриття.

Обговорення

Структурування задачі обґрунтування спроможностей системи зенітного ракетного прикриття повинно в решті решт привести до можливості її формалізації у вигляді задачі дослідження операцій. Надання визначеності вихідним умовам дає змогу обирати кращу систему навіть при появі передумов багатокритеріальності.

Якщо ж формалізуватися у площині визначеності не вдається, то з використанням розглянутих критеріїв теорії прийняття рішень можна по іншому здійснювати вибір кращого варіанту (альтернативи). В табл. 5 відображені результати порівняння рекомендацій щодо вибору кращої альтернативи при використанні MM -, BL -, GW -, S - критеріїв оптимальності.

Таблиця 5

Використання основних критеріїв оптимальності

	Результати			R_{MM}	R_{BL}	R_{GW}	R_S	Σ	R
	v_1	v_2	v_3						
x_1	0,31	0,21	0,28	2	3	3	1	9	2-3
x_2	0,42	0,19	0,33	3	1	1	4	9	2-3
x_3	0,23	0,27	0,34	1	2	2	2	7	1
x_4	0,09	0,29	0,27	4	4	4	3	11	4

В стовпчику R_{BL} при проведенні допоміжних розрахунків для ранжування альтернатив за BL - критерієм імовірності настання варіантів подій в

розглянутому прикладі обрані однакові, тобто, $p(v_1) = p(v_1) = p(v_1)$. Ранжування за загальним критерієм пропонується проводити шляхом додавання всіх обчислених рангів $R_{MM} + R_{BL} + R_{GW} + R_S$ для кожної альтернативи, а потім їх впорядкуванням за зростанням отриманих сум. Якщо ж розглядати використання лише так званих “основних” критеріїв, то зазначену послідовність дій слід проводити для $R_{MM} + R_{BL} + R_S$.

За такого підходу найвищий ранг буде відповідати альтернативі, яка обрана шляхом поєднання відразу трьох підходів формування критеріїв з огляду на користність їх реалізації:

вибору найкращого серед найгіршого;
усереднення результатів з урахуванням імовірностей умов реалізації альтернатив;
мінімізації очікуваних втрат.

Складнощі, які можуть бути пов'язані з визначенням імовірностей виникнення станів $p(v)$ під час практичного застосування BL - критерію можна вирішити шляхом введення додаткової умови про рівноімовірність дій повітряного противника, що ніяк не суперечить невизначеності вихідних умов для прийняття рішення і відповідає практичним умовам і реаліям функціонування системи зенітного ракетного прикриття.

Що стосується GW - критерію, то варто зазначити, що на даному етапі розвитку теорії прийняття рішень відсутні підходи для обґрунтування вибору значень вагового коефіцієнту α . Тому, застосування цього критерію в теорії і практиці зенітних ракетних військ поки що можна вважати необґрунтованим.

Висновки

Результати вивчення розглянутих критеріїв оптимальності свідчать про їх придатність до використання для прийняття рішень під час обґрунтування спроможностей системи зенітного ракетного прикриття за невизначеності вихідних умов і в умовах ризику, а також при невідомих імовірностях виникнення зовнішніх станів.

При цьому, потрібно рахуватися з можливою появою нових, відмінних від попередніх зовнішніх станів (появою нових варіантів дій повітряного противника), розуміти складнощі середовища функціонування системи зенітного ракетного прикриття і того факту, що прийняте рішення реалізується лише раз, тому необхідно виключити будь-який ризик, тобто, за жодного варіанту розвитку подій не допустити отримання результату, меншого за конкретно визначене значення результату діяльності системи.

Тому, для прийняття рішень щодо створення і функціонування системи зенітного ракетного прикриття за невизначеності вихідних умов є доцільним застосування MM - і S - критеріїв. Застосування BL - критерію рекомендується здійснювати за умов рівноімовірного виникнення станів (варіантів дій повітряного противника).

Використання GW - критерію для вирішення задачі обґрунтування спроможностей системи зенітного ракетного прикриття на даний момент не рекомендується.

Зусилля наступних пошуків було б доцільно зосередити на вивченні придатності і умовам використання й інших критеріїв оптимальності, які пропонуються теорією прийняття рішень, до використання в теорії і практиці бойового застосування зенітних ракетних військ.

Список використаних джерел

1. AJP-5, Allied Joint Doctrine for the Planning of Operations, NATO/OTAN Edition A, Version 2. May, 2019.
2. AJP-3.3 Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations. NATO/OTAN Edition B Version 1. April 2016.
3. FM 3-01 U.S. Army Air and Missile Defense Operations. Headquarters Department of the Army Washington, D.C., 22 December 2020.
4. ATP-82, Allied Doctrine for Ground-Based Air Defence, NATO/OTAN Edition A, Version 1, January, 2018.
5. Глоба, О., Левченко, М., Мельниченко, В., & Дранник, П. (2023). Формалізація завдання обґрунтування спроможностей системи зенітного ракетного прикриття. *Повітряна міць України*, 2 (5), 23–28. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2023-2-5-23-28>.
6. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О.Ф. Волошин, С.О. Мащенко. 3-є вид., перероб. Київ : “Видавництво Людмила”, 2018. 292 с.
7. Теорія прийняття рішень. Конспект лекцій / Уклад.: В.К. Анікін, Є.В. Крилов, В.П. Пасько, Київ : НТУУ “КПІ”, 2023. 134 с.
8. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. – 2-ге вид., перероб. та допов., Київ : Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2010. 336 с.
9. Теорія прийняття рішень. Конспект лекцій / Уклад.: С.О. Мащенко, Київ : КНУ імені Т.Шевченка, 2020. 61 с.
10. Мащенко С. О. Збірник задач з теорії прийняття рішень: навч. посіб. Київ : “Видавництво Людмила”, 2018.
11. Моделі й методи прийняття рішень: навч. посіб. / С.А. Ус, Л.С. Коряшкіна; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпро : НГУ, 2014. 300 с.
12. Горопчин А. Я., Кириченко І. О., Єрмошин М. О., Дробаха Г. А., Доліна М. П. Синтез адаптивних структур системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття об'єктів і військ та оцінка її ефективності. Харків : ХВУ, 2006. 348 с.
13. Загорка О. М., Мосов С. П., Сбітнев А. І., Стужук П. І. Елементи дослідження складних систем військового призначення : навч. посіб. для докторантів, ад'юнктів, здобувачів. Київ : НАОУ, 2005. 124 с.
14. Основи воєнно-технічних досліджень. Теорія та приклади : монографія в 4 т. Т.4. Методологія дослідження складних систем військового призначення. / С. В. Лапицький та ін. Київ : Видавничий дім Дмитра Бураго, 2013. 480 с.

Oleksandr Hloba (PhD)

<https://orcid.org/0000-0002-1423-8365>

The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

THE USE OF OPTIMALITY CRITERIA FOR SUBSTANTIATION THE ANTI-AIRCRAFT MISSILE COVER SYSTEM CAPABILITIES

The anti-aircraft missile cover system's functioning environment is characterized by the unpredictability of the aerial enemy's actions, which greatly complicates decision-making process to choose the best system variant. This fact confirms the topicality of an additional study of known criteria from the decision-making theory for the system's capabilities justifying.

The article considers the possibilities of using classical decision-making criteria (Wald, Bayes-Laplace, Savage) and one derivative of them (Hurwitz criterion) for choosing the best system variant. Their advisability for use in the field of anti-aircraft missile defense is analyzed, the advantages of using some and the difficulties in using others are specified. For air defense specialists are also encouraged to consider the possibility of averaging or adding rank values of criteria acceptable for use, followed by ranking of the obtained results.

Key words: *air defense system, anti-aircraft missile cover system, capabilities, decision-making, operation, grouping of troops.*

References

1. AJP-5, Allied Joint Doctrine for the Planning of Operations, NATO/OTAN Edition A, Version 2. May, 2019.
2. AJP-3.3 Allied Joint Doctrine for Air and Space Operations. NATO/OTAN Edition B Version 1. April 2016.
3. FM 3-01 U.S. Army Air and Missile Defense Operations. Headquarters Department of the Army Washington, D.C., 22 December 2020.
4. ATP-82, Allied Doctrine for Ground-Based Air Defence, NATO/OTAN Edition A, Version 1, January, 2018.
5. Hloba, O., Levchenko, M., Melnychenko, V., & Drannyk, P. (2023). Formalizatsiia zavdannia obgruntuvannia spromozhnosti systemy zenitnoho raketnoho prykyttia. *Povitriana mits Ukrainy*, 2 (5), 23–28. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2023-2-5-23-28>
6. Voloshyn O.F., Mashchenko S.O. Modeli ta metody pryiniattia rishen: navch. posib. dlia stud. vyshch. navch. zakl. / O.F. Voloshyn, S.O. Mashchenko. – 3-ye vyd., pererob. – K.: “Vydavnytstvo Liudmyla”, 2018. – 292 s.
7. Teoriia pryiniattia rishen. Konspekt leksii / Uklad.: V.K. Anikin, Ye.V. Krylov, V.P. Pasko, Kyiv : NTUU “KPI”, 2023. 134 s.
8. Voloshyn O.F., Mashchenko S.O. Modeli ta metody pryiniattia rishen : navch. posib. dlia stud. vyshch. navch. zakl. / O. F. Voloshyn, S. O. Mashchenko. – 2-he vyd., pererob. ta dopov. – K. : Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr “Kyivskiy universytet”, 2010. – 336 s.
9. Teoriia pryiniattia rishen. Konspekt leksii / Uklad.: S.O. Mashchenko, Kyiv : KNU imeni T.Shevchenka, 2020. 61 s.
10. Mashchenko S. O. Zbirnyk zadach z teorii pryiniattia rishen: navch. posib. – K.: “Vydavnytstvo Liudmyla”, 2018.
11. Modeli y metody pryiniattia rishen: navch. posib. / S.A. Us, L.S. Koriashkina; M-vo osvity i nauky Ukrainy, Nats. him. un-t. – D. : NHU, 2014. – 300 s.
12. Toropchyn A. Ya., Kyrchenko I. O., Yermoshyn M. O., Drobakha H. A., Dolina M. P. Syntez adaptivnykh struktur systemy zenitnoho raketno-artylerskoho prykyttia ob'ektiv i viisk ta otsinka yii efektyvnosti. Kharkiv : KhVU, 2006. 348 s.
13. Zahorka O. M., Mosov S. P., Sbitniev A. I., Stuzhuk P. I. Elementy doslidzhennia skladnykh system viiskovoho pryznachennia : navch. posib. dlia doktorantiv, adiunktiv, zdobuvachiv. Kyiv : NAOU, 2005. 124 s.
14. Osnovy voienno-tekhnichnykh doslidzen. Teoriia ta pryklady : monohrafiia v 4 t. T.4. Metodolohiia doslidzhennia skladnykh system viiskovoho pryznachennia. / S. V. Lapytskyi ta in. Kyiv : Vydavnychii dim Dmytra Buraho, 2013. 480 s.