

Олексій Миколайович Загорка (доктор військових наук, професор)

Сергій Васильович Поліщук (кандидат військових наук)

Ірина Олексіївна Загорка

Наталія Миколаївна Фреган

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

НЕЧІТКО-МНОЖИННИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ НЕВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ УГРУПОВАННЯМ ВІЙСЬК (СИЛ) В ОБОРОНІ

Під час планування операцій (бойових дій) органами військового управління проводиться оцінювання ефективності застосування військ (сил) в операції та визначаються очікувані втрати протидіючих сторін. Проте аналіз існуючих підходів дозволив зробити висновок, що оцінювання ефективності застосування військ під час ведення бойових дій зазвичай здійснюється за фіксованих напрямків ударів та складу сил і засобів противника, а також без урахування ризику невиконання завдань угрупованням своїх військ (сил) в операції (бойових діях). Для підвищення обґрунтованості прийнятих органами військового управління рішень під час планування операцій (бойових дій) необхідно враховувати ці чинники. У статті наведено методичний підхід для оцінювання ризику невиконання завдань угрупованням власних військ (сил) в обороні в умовах невизначеності складу сил і засобів противника та напрямків завдання його ударів. Запропоновано нечітко-множинний підхід, в якому використовуються функції приналежності трикутного типу співвідношення сил і засобів протидіючих сторін, імовірності виконання завдань противником та ступені використання противником напрямків ударів. Функція приналежності співвідношення сил і засобів сторін з використанням наведених у статті аналітичних залежностей трансформується в функцію приналежності імовірності виконання завдань противником. Під час оцінювання ризику на можливному напрямку завдання удару противником визначається центр ваги нечіткого числа функцій приналежності, добутку функцій приналежності імовірності виконання завдань і ступеня використання напрямків ударів противником. Для визначення центру ваги приведена аналітична залежність. Ризик невиконання завдань угрупованням військ (сил), що обороняється, визначається як ступінь наближення центру ваги нечіткого числа добутку цих функцій приналежності до імовірності виконання завдань противником. Визначення інтегрального ризику невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні здійснюється шляхом адитивного згортання ризиків на напрямках завдання ударів з урахуванням їх важливості. Застосування розробленого підходу показано на прикладі.

Ключові слова: нечітко-множинний підхід; функція приналежності; центр ваги нечіткого числа; ризик.

Вступ

Постановка проблеми. Планування органами військового управління (далі – ОВУ) операцій (бойових дій) здійснюється в умовах часткової невизначеності як способів бойових дій противника, зокрема, напрямків завдання ударів у наступу, так і бойового складу його угруповання військ (сил). Під час планування ОВУ оцінюється ефективність застосування угруповання військ (сил), яка зазвичай характеризується втратами в операції (під час ведення бойових дій) військ (сил) протидіючих сторін, що є не зовсім достатнім для прийняття обґрунтованих рішень. Для підвищення обґрунтованості прийняття рішень доцільно додатково враховувати ризик невиконання завдань угрупованням військ (сил) в операції (під час

ведення бойових дій), оцінювання якого потребує використання відповідних методичних положень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На теперішній час у багатьох наукових працях розглянуті питання оцінювання ефективності застосування угруповань військ (сил) в операціях (під час ведення бойових дій).

У працях [1; 2] для оцінювання втрат протидіючих угруповань військ (сил) залежно від початкового співвідношення бойової могутності сил і засобів сторін використовується відомий закон Осіпова-Лачестера. У праці [3] для визначення кількісно-якісного співвідношення сил і засобів протидіючих сторін обґрунтована можливість використання замість бойової могутності бойових потенціалів угруповань військ (сил).

Застосування системи диференційних рівнянь Колмогорова в моделі загальновійськового бою для визначення імовірностей перебування протидіючих підрозділів у боездатному стані, стані вогневої протидії противнику, небоездатному стані наведено у працях [4; 5]. Відзначається, що агрегуючи подібні моделі, можна синтезувати моделі вищестоячих рівнів, тобто моделі загальновійськових частин, з'єднань, об'єднань. Проте, у наведених [1–5] та інших працях оцінювання ефективності застосування військ під час ведення бойових дій здійснюється за фіксованих напрямків ударів та складу сил і засобів противника, невизначеність яких доцільно враховувати під час прийняття рішень ОВУ.

Тому **метою статті** є розроблення методичного підходу до визначення ризику невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні з урахуванням невизначеності напрямків завдання ударів та складу сил і засобів противника.

Виклад основного матеріалу дослідження

Ризик невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні залежить від можливостей щодо виконання завдань військами противника. За аналогією праці [6] ризик можна оцінювати через імовірність виконання завдань військами противника у наступі. Зазвичай, імовірність виконання оборонних P_o і наступальних P_n завдань угрупованнями військ визначається залежно від кількісно-якісного співвідношення сил і засобів протидіючих сторін, яке оцінюється з використанням їх бойових потенціалів або бойової могутності [2]. Залежності імовірностей P_o, P_n від співвідношення сил і засобів C отримується шляхом узагальнення результатів моделювання операцій (бойових дій). Для оперативного рівня застосування військ характер змінювання таких залежностей показано на рис. 1.

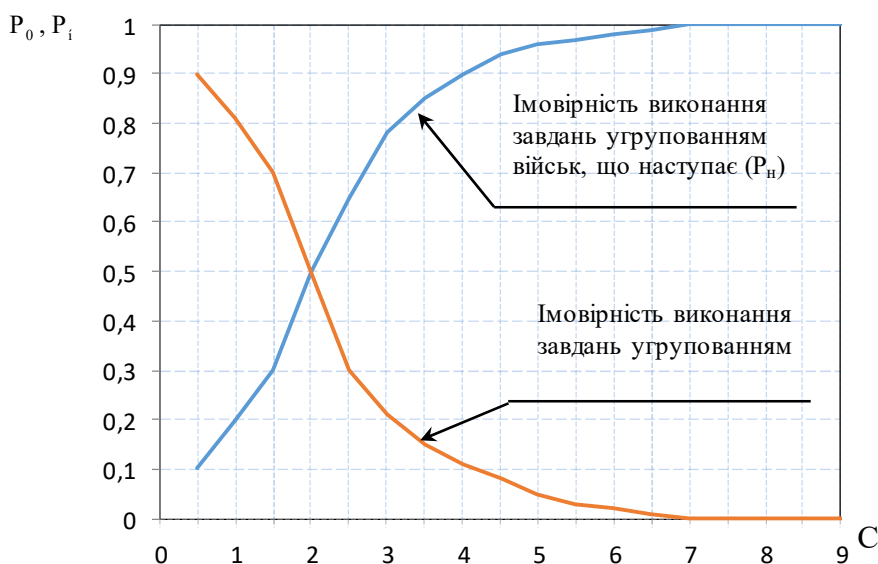


Рис. 1. Характер змінювання залежностей імовірностей виконання завдань угрупованнями військ, що обороняються і наступають від співвідношення сил та засобів протидіючих сторін

За умов співвідношення сил і засобів $C = 2$ імовірності становлять $P_o = P_n = 0,5$. За попередніми дослідженнями встановлено, що характер змінювання імовірностей P_o, P_n від співвідношення C для стратегічного і тактичного рівнів застосування військ залишається як показано на рис. 1. Але для стратегічного рівня застосування військ залежності будуть переміщатися ліворуч паралельно осі абсцис, для тактичного рівня – праворуч.

Для апроксимації змінювання імовірності P_n від співвідношення сил і засобів протидіючих сторін C на оперативному рівні їх застосування доцільно використати такі аналітичні залежності:

$$\begin{aligned}
 P_n &= a_1 e^{b_1 C} \text{ при } 0,5 \leq C \leq 2; \\
 P_n &= b_2 C - a_2 \text{ при } 2 \leq C \leq 3; \\
 P_n &= 1 - a_3 e^{-b_3 C} \text{ при } C > 3,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ – коефіцієнти апроксимації.

Коли напрямки завдання ударів та склад сил і засобів військ противника відомі, ризик невиконання завдань угрупованням військ в обороні визначається імовірністю P_n , яка розраховується за виразом (1). В умовах невизначеності напрямків завдання ударів, складу сил і засобів противника на цих напрямках для визначення ризику невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні доцільно використовувати нечітко-множинний підхід.

Терми, які утворюють функції приналежності ступеня використання противником напрямків завдання ударів по військах, що обороняються, і співвідношення сил і засобів сторін на цих напрямках, визначаються експертами. Використовуються трикутні типи функцій приналежності, які більш зручні для їх формування експертами.

Для кожного напрямку завдання ударів експерти визначають трикутні нечіткі числа, які характеризують мінімальне (C_{\min}), середнє ($C_{\text{сеп}}$), максимальне (C_{\max}) співвідношення сил і засобів сторін. За таких умов:

$$C_{\text{сеп}} = \frac{C_{\min} + C_{\max}}{2}. \quad (2)$$

Таким чином утворюються трикутні функції приналежності $\mu(C)$ співвідношення сил і засобів сторін. Далі, за значеннями співвідношень $C_{\min}, C_{\text{сеп}}, C_{\max}$ з використанням виразу (1) розраховуються відповідні імовірності $P_{\text{н}}^{\min}, P_{\text{н}}^{\text{сеп}}, P_{\text{н}}^{\max}$ виконання завдань стороною, що

наступає. Співвідношення сил і засобів протидіючих сторін C для розрахунку проміжних значень імовірності $P_{\text{н}}$ за заданими рівнями функції приналежності $\mu(C)$ визначаються виразами:

$$\begin{aligned} C &= C_{\min} + \mu(C)(C_{\text{сеп}} - C_{\min}) \text{ при } C_{\min} < C_{\text{сеп}}; \\ C &= C_{\text{сеп}} + [1 - \mu(C)](C_{\max} - C_{\text{сеп}}) \text{ при } C_{\text{сеп}} \leq C_{\max}. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким чином функція приналежності співвідношення сил і засобів протидіючих сторін $\mu(C)$ трансформується у функцію приналежності імовірності виконання завдань військами (силами) противника у наступу $\xi(P_{\text{н}})$. Значення функції $\xi(P_{\text{н}})$ визначає ступінь приналежності результату оцінювання імовірності $P_{\text{н}}$ до діапазону її змінювання (нечіткій множині). Вигляд функції приналежності $\xi(P_{\text{н}})$, визначеною за виразом (1) для $C_{\min} = 1, C_{\max} = 2$ і коефіцієнтів $a_1 = 0,0833, b_1 = 0,9$, наведено на рис. 2.

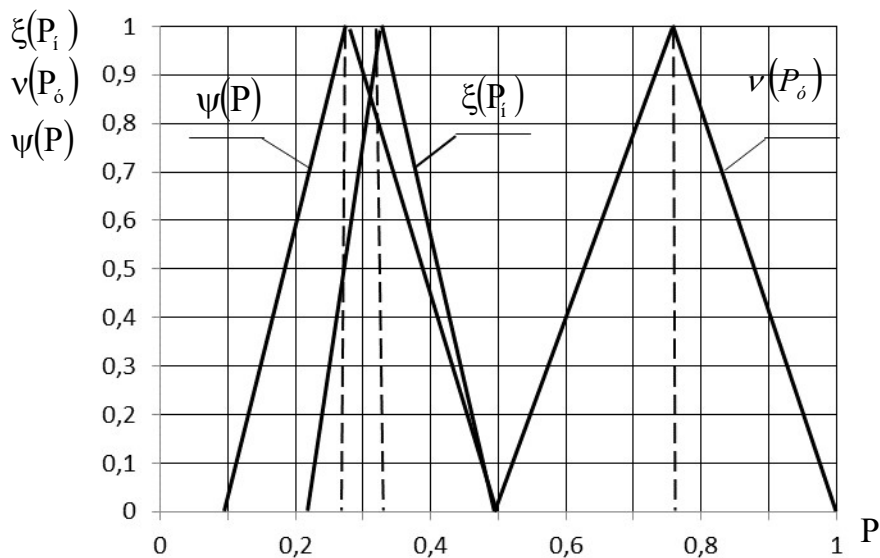


Рис. 2. Вигляд функції приналежності $\xi(P_{\text{н}}), v(P_{\text{о}}), \psi(P)$

Отримані імовірності виконання завдань стороною, що наступає, становлять: $P_{\text{н}}^{\min} = 0,206, P_{\text{н}}^{\text{сеп}} = 0,323, P_{\text{н}}^{\max} = 0,500$. За нечіткого оцінювання ступеня використання противником напрямків удару розглядаються як терми п'яти лінгвістичних змінних: дуже низький (ДН); низький (Н); середній (С); високий (В); дуже високий (ДВ). Для представлення лінгвістичних змінних використовуються лінгвістичні терми. Трикутні нечіткі числа термів відповідають: ДН (0; 0; 0,25); Н (0; 0,25; 0,50); С (0,25; 0,50; 0,75); В (0,50; 0,75; 1,00); ДВ (0,75; 1,00; 1,00). Вигляд функції приналежності ступеня використання противником напрямку удару $v(P_{\text{о}})$

для терму В показано на рис. 2.

Імовірність виконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні визначається за виразом:

$$P_{\text{о}} = 1 - P_{\text{н}}. \quad (4)$$

За умов відомого співвідношення сил і засобів сторін, ризиком невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні можна вважати імовірність виконання завдань військами противника у наступу. За невизначеності напрямків удару та складу сил і засобів військ противника необхідно під час оцінювання ризику враховувати добуток функцій приналежності $\xi(P_{\text{н}}) v(P_{\text{о}})$. Трикутні нечіткі числа функції приналежності $\psi(P)$ добутку цих функцій

визначаються виразами:

$$P^{\min} = P_n^{\min} P_y^{\min}; P^{\text{сеп}} = P_n^{\text{сеп}} P_y^{\text{сеп}}; P^{\max} = P_n^{\max} P_y^{\max}, \quad (5)$$

де $P_y^{\min}, P_y^{\text{сеп}}, P_y^{\max}$ – трикутні нечіткі числа функції приналежності $v(P_y)$.

Для прикладу на рис. 2 $P^{\min} = 0,103; P^{\text{сеп}} = 0,242; P^{\max} = 0,500$.

Трикутні нечіткі числа функції приналежності $\psi(P)$ визначаються експертами для кожного k -го напрямку удару противника ($k = \overline{1, K}$), що розглядаються.

У ході оцінювання ризику невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні під час завдання противником удару з k -го напрямку доцільно використовувати центр ваги q_k нечіткого числа функції приналежності $\psi_k(P)$ [8]. Центр ваги нечіткого числа поділяє площу, яка утворюється функцією приналежності, на рівні частини. Для функції приналежності трикутного типу це дозволяє отримати квадратне рівняння:

$$2q_k^2 - 4P_k^{\max} q_k + P_k^{\max}(P_k^{\min} + P_k^{\text{сеп}} + P_k^{\max}) - P_k^{\min} P_k^{\text{сеп}} = 0. \quad (6)$$

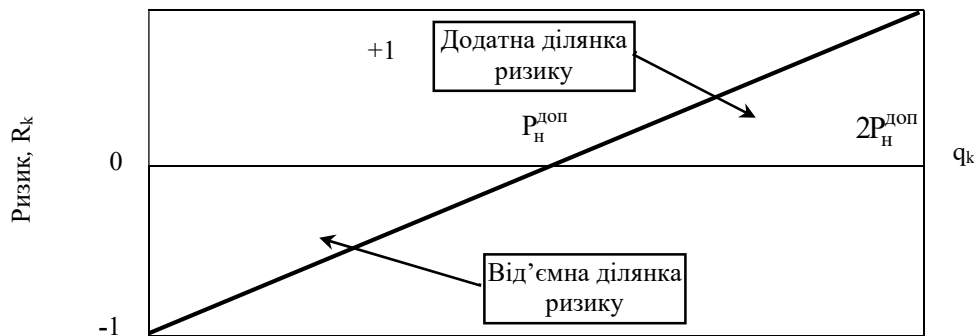


Рис. 3. Ризик-функція $R_k = f(q_k)$.

Від'ємний ризик ($q_k < P_n^{\text{доп}}$) характеризує упевненість виконання, а додатний ($q_k > P_n^{\text{доп}}$) – небезпечність невиконання завдань угрупованням військ в обороні. Для оцінювання інтегрального ризику невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні необхідно визначити важливість можливих напрямків ударів військ противника. Для цього може бути використаний експертний метод ранжирування [9; 10]. За використання цього методу експерти повинні розташувати напрямки у порядку їх важливості і приписати кожному з них числа натурального ряду. Найбільш важливому напрямку надається перший ранг, а найменш важливому – останній. Коефіцієнт, який характеризує вплив застосування військ противника на k -му напрямку на виконання завдань угрупованням військ (сил), визначається виразом [10]:

$$S_{kn} = 1 - \frac{r_{kn} - 1}{K}; k = \overline{1, K}; n = \overline{1, N}, \quad (9)$$

$$q_k = P_k^{\max} \frac{\sqrt{16P_k^{\max 2} - 8(P_k^{\max}(P_k^{\min} + P_k^{\text{сеп}} + P_k^{\max}) - P_k^{\min} P_k^{\text{сеп}})}}{4}. \quad (7)$$

З рис. 1 та залежності (4) випливає, що імовірності виконання завдань угрупованням військ в обороні не менше заданої $P_o^{\text{зад}}$ повинна відповідати імовірність виконання завдань військами противника не більше допустимої $P_n^{\text{доп}}$. Тому ризик невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні можна характеризувати ступенем наближення центра ваги нечіткого числа q_k до імовірності $P_n^{\text{доп}}$. Звідси для k -го напрямку удару військ противника ризик визначається за формулою

$$R_k = \frac{q_k - P_n^{\text{доп}}}{P_n^{\text{доп}}}. \quad (8)$$

За $q_k = P_n^{\text{доп}}$ ризик $R_k = 0$. На рис. 3 наведена ризик-функція $R_k = f(q_k)$, що має додатну та від'ємну ділянки.

де r_{kn} – ранг, наданий n -м експертом k -му напрямку удару військ противника;

N – кількість експертів.

Для отримання коефіцієнтів важливості напрямків удару n -м експертом коефіцієнти S_{kn} нормуються виразом:

$$\omega_{kn} = \frac{S_{kn}}{\sum_k S_{kn}}; \sum_k \omega_{kn} = 1. \quad (10)$$

Коли компетентність експертів однакова, коефіцієнти важливості напрямків удару визначаються за формулою:

$$\omega_k = \frac{1}{N} \sum_n \omega_{kn}; \sum_k \omega_k = 1. \quad (11)$$

Коли компетентність n -го експерта оцінюється певним коефіцієнтом $\xi_n, \sum_n \xi_n = 1$, то

$$\omega_k = \sum_n \xi_n \omega_{kn}. \quad (12)$$

Інтегральний ризик виконання завдань оцінювання ризику невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні визначається угрупованням військ (сил) в обороні наведено на рис. 4.

$$R = \sum_k \omega_k R_k, k = \overline{1, K}. \quad (13)$$

Структурна схема методичного підходу до

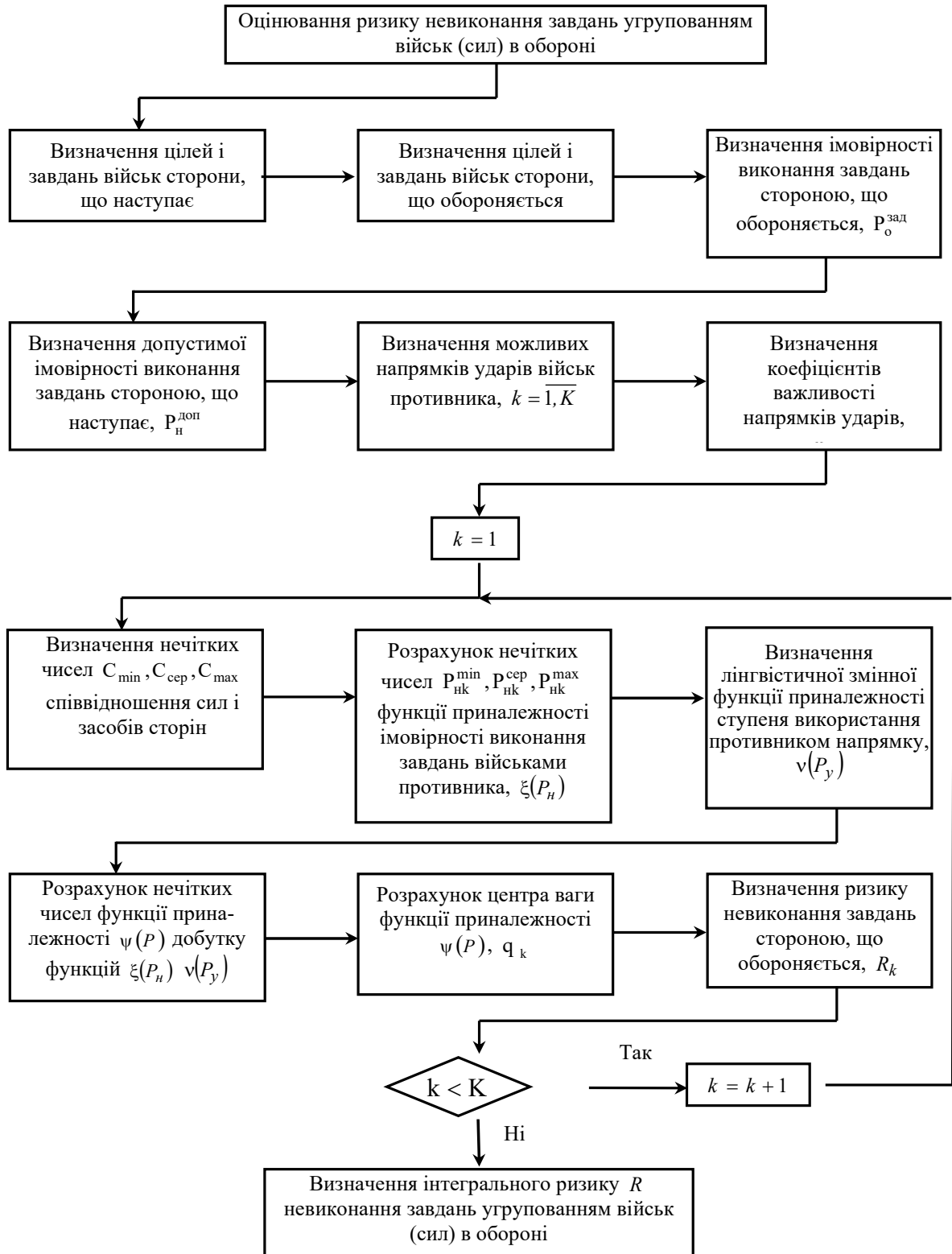


Рис. 4. Структурна схема методичного підходу до оцінювання ризику невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні

Для прийняття рішень ОВУ під час планування операцій (бойових дій) необхідно мати відповідні критерії ризику. За умов створення критеріальної шкали ризиків доцільно використовувати лінгвістичні змінні (з урахуванням їх рівнозначності), які застосовувалися раніше під час визначення експертами функцій приналежності. Шкала критеріальних інтервалів ризиків приведена у табл. 1.

Критерії визначаються для інтегрального R і

часткових R_k ризиків. Коли отримується середній додатній ризик, доцільно підсилювати угруповання військ (сил). Середній від'ємний ризик характеризує наявність певного надлишку сил і засобів для виконання угрупованням військ (сил) оборонних завдань. Застосування розробленого методичного підходу розглянуто для визначення ризику невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні за можливих дій військ противника з п'яти напрямків.

Таблиця 1

Критеріальні інтервали ризиків

| Ділянка ризик-функції | Характеристика ризику | Нечіткі терми | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | Дуже низька | Низька | Середня | Висока | Дуже висока |
| Додатна | небезпека невиконання завдань | 0 – 0,19 | 0,20 – 0,39 | 0,40 – 0,59 | 0,6, – 0,79 | $\geq 0,8$, |
| Від'ємна | упевненість виконання завдань | 0 – (- 0,19) | (- 0,19) – (- 0,39) | (- 0,40) – (- 0,59) | (- 0,60) – (- 0,79) | (- 0,80) – (- 1,00) |

Розрахунки приведені для заданої імовірності $P_{зад} = 0,7$, що відповідає допустимій імовірності $P_{н}^{доп} = 0,3$. У табл. 2 приведені трикутні нечіткі числа функцій приналежності співвідношення сил

і засобів сторін $\mu(C)$, імовірності виконання завдань стороною, що наступає $\xi(P_i)$, ступеня використання військами противника напрямків удару $v(P_y)$.

Таблиця 2

Трикутні нечіткі числа функцій приналежності $\mu(C), \xi(P_n), v(P_y)$

| Напрямок удару, k | Функції приналежності | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | $\mu(C)$ | | | $\xi(P_i)$ | | | $v(P_o)$ | | |
| | C_{min_k} | $C_{сер_k}$ | C_{max_k} | $P_{нк}^{min}$ | $P_{нк}^{сер}$ | $P_{нк}^{max}$ | $P_{ок}^{min}$ | $P_{ук}^{сер}$ | $P_{ук}^{max}$ |
| 1 | 2,5 | 2,75 | 3,00 | 0,65 | 0,73 | 0,77 | 0,75 | 1,00 | 1,00 |
| 2 | 1,5 | 1,75 | 2,00 | 0,30 | 0,39 | 0,50 | 0 | 0,25 | 0,50 |
| 3 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 0,60 | 0,65 | 0,73 | 0,50 | 0,75 | 1,00 |
| 4 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 0,50 | 0,60 | 0,65 | 0,25 | 0,50 | 0,75 |
| 5 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 0,20 | 0,24 | 0,30 | 0 | 0 | 0,25 |

Трикутні нечіткі числа функції приналежності імовірності виконання завдань противником $P_{нк}^{min}, P_{нк}^{сер}, P_{нк}^{max}$ визначені на підставі залежності, що показана на рис. 1.

Результати розрахунків ризиків невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Ризики невиконання завдань угрупованням військ (сил) в обороні

| Напрямок удару, k | Коефіцієнт важливості напрямку, ω_k | Трикутні числа функції приналежності, $\psi(P)$ | | | Центр ваги нечіткого числа функції приналежності, $\psi(P), q_k$ | Ризик невиконання оборонних завдань на напрямку, R_k | Інтегральний ризик невиконання завдань, R_k |
|-------------------|--|---|-------------|-------------|--|--|---|
| | | P_k^{min} | $P_k^{сер}$ | P_k^{max} | | | |
| 1 | 0,33 | 0,49 | 0,73 | 0,77 | 0,69 | 1,30 | 0,45 |
| 2 | 0,12 | 0 | 0,07 | 0,25 | 0,10 | - 0,66 | |
| 3 | 0,28 | 0,30 | 0,49 | 0,73 | 0,50 | 0,68 | |
| 4 | 0,17 | 0,12 | 0,30 | 0,49 | 0,30 | 0,01 | |
| 5 | 0,10 | 0 | 0 | 0,07 | 0,02 | - 0,93 | |

Відповідно до шкали критеріальних інтервалів (табл. 1) інтегральний ризик невиконання завдань у групуванням військ (сил) в обороні вважається за середній, що потребує його підсилення. Найбільш небезпечним є перший напрямок, який вважається і найбільш важливим. Дуже високий від'ємний ризик на п'ятому напрямку обумовлює можливість передислокації частини сил і засобів для підсилення у групуванням військ (сил), що повинне відбивати удар з першого напрямку. Через те, має забезпечуватися зниження інтегрального ризику невиконання оборонних завдань у групуванням військ (сил).

Таким чином на прикладі показана доцільність урахування ОБУ ризиків невиконання оборонних завдань у групуванням військ (сил) під час планування операцій (бойових дій).

Висновки й перспективи подальших досліджень

Вироблення рішення на застосування у групуванням військ (сил) в обороні, зазвичай, здійснюється в умовах часткової невизначеності

Література

1. Загорка О. М., Павліковський А. К., Корещький А. А., Кириченко С. О., Загорка І. О. Теоретичні основи управління у групуванням військ (сил) у сучасних умовах збройної боротьби: монографія / за заг. ред. І. С. Руснака. Київ : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2020. 248 с. 2. Рябчук В. Д. Элементы военной системологии применительно к решению проблем оперативного искусства и тактики общевойсковых объединений, соединений и частей: Военно-теоретический труд. Москва : Академия им. М.В. Фрунзе, 1995. 228 с. 3. Загорка О.М., Поліщук С.В., Загорка І.О. Методичні положення прогнозування втрат протидіючих сторін у загальновійськовій операції (бою). *Наука і оборона*. 2020. № 1. С. 52–57. 4. Булойчик В. М., Скрипко Д. М. Моделирование боя мотострелкового подразделения. *Наука и военная безопасность*. 2005. № 5. С. 27–29. 5. Пермяков О. Ю., Сбитнев А. І. Інформаційні

складу сил і засобів противника та напрямків завдання його ударів, що обумовлює доцільність урахування ОБУ у ході планування операцій (бойових дій) не тільки ефективності, а й ризиків невиконання завдань. Для оцінювання ризиків застосовується нечітко-множинний підхід, використовуються лінгвістичні змінні, що описуються трикутними функціями приналежності. Під час оцінювання ризику на можливому напрямку завдання удару противником визначається центр ваги нечіткого числа добутку функцій приналежності імовірності виконання завдань і ступеня використання напрямку удару противником. Ризик невиконання завдань у групуванням військ (сил), що обороняється, визначається як ступінь наближення центру ваги нечіткого числа добутку цих функцій приналежності до імовірності виконання завдань противником. Інтегрований ризик визначається як адаптивна згортка ризиків на напрямках завдання ударів противником із врахуванням їх важливості.

технології і сучасна збройна боротьба. Луганськ : Знання, 2008. 204 с. 6. Кириченко І. О., Наливайко Ю. В. Війна і математика: Елементи теорії складних бойових систем. Харків : Академія ВВ МВС України, 2012. 260 с. 7. Герасимов Б. М., Локазюк В. М., Оксіюк О. Г., Поморова О. В. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: Навч. посібник. Київ : Вид-во Європ. ун-ту, 2007. 335 с. 8. Свешников С. В., Бочарников В. П. Основы нечеткой технологии и примеры решения аналитических задач в государстве и бизнесе. Москва : ДМК Пресс, 2014. 408 с. 9. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. Москва : Статистика, 1974. 160 с. 10. Денисов А. А., Колесников Д. Н. Теория больших систем управления: учебное пособие для вузов. Ленинград : Энергоиздат, 1982. 288 с.

FUZZY-MULTIPLE APPROACH TO ASSESSING THE RISK OF FAILURE TO ACCOMPLISH TASKS BY GROUPS OF TROOPS (FORCES) IN DEFENSE

Oleksii Zahorka (Doctor of Military Sciences, Professor)

Serhii Polishchuk (Candidate of Military Sciences)

Iryna Zahorka

Natalia Fregan

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine

During the planning of combat operations, the military management bodies evaluate the expected effectiveness of the troop's usage in the operation and determine the expected losses of the opposing parties. However, the analysis of the existing approaches made it possible to conclude that the assessment of the expected effectiveness of the troop's usage during combat operations is usually carried out with fixed directions of strikes and the composition of the enemy's forces and means. Also they do not take into account the risk of non-fulfillment of tasks by the grouping of own troops in operations. In order to increase the validity of the decisions made by the military management bodies during the planning of operations, it is necessary to take into account the partial uncertainty of the enemy's forces and means and the expected direction of their strikes, as

well as the risk of failure to fulfill tasks by the grouping of own troops in the operation. The article provides a methodical approach for assessing the risk of non-fulfillment of tasks by the grouping of own troops in defense in conditions of uncertainty about the composition of the enemy's forces and means and the directions of their strikes. A fuzzy-multiple approach is proposed, which uses the affiliation functions of the triangular type of the forces and resources ratio of the opposing sides, the probability of the enemy's tasks performance, and the degree of the enemy's use of the direction of strikes. The affiliation function of the forces and resources ratio of the parties using the analytical dependencies given in the article is transformed into the affiliation function of the probability of the enemy's tasks performance. When assessing the risk on a possible direction of an enemy's strike, the center of gravity of a fuzzy number of affiliation functions, the product of the affiliation functions, the probability of completing tasks, and the degree of enemy's usage of strike directions are determined. An analytical dependence is given to determine the center of gravity. The risk of non-fulfillment of tasks by a defending group of troops is defined as the degree of approximation of the center of gravity of the fuzzy number of the product of these affiliation functions to the probability of the completing tasks by the enemy. Determination of the integral risk of non-fulfillment of tasks by the grouping of troops in defense is carried out by additively collapsing the risks in the directions of the strike, taking into account their importance. The application of the developed approach is shown on an example.

Keywords: fuzzy set approach; membership function; center of gravity of a fuzzy number; risk.

References

- 1. Zagorka, O. M., Pavlikovsky, A. K., Koretskyi, A. A., Kyrychenko, S. O., Zagorka, I. O.** (2020). Theoretical foundations of the management of groups of troops (forces) in modern conditions of armed struggle: a monograph / in general ed. I. S. Rusnak. Kyiv : NUOU named after Ivan Chernyakhovskiy, 248.
- 2. Ryabchuk, V. D.** (1995). Elements of military systemology applied to solving problems of operational art and tactics of combined forces, formations and units: Military-theoretical work. Moskva : Academy named after M. V. Frunze, 228.
- 3. Zagorka, O. M., Polishchuk, S. V., Zagorka, I. O.** (2020). Methodical provisions for forecasting the losses of opposing parties in a combined military operation (battle). Science and defense, 1, 52–57.
- 4. Buloychik, V. M., Skrypko, D. M.** (2005). Modeling the battle of a motorized rifle unit. Science and military security. 5. 27–29.
- 5. Permyakov, O. Yu., Sbitnev, A. I.** (2008). Information technologies and modern armed struggle. Luhansk : Znannia, 204.
- 6. Kirichenko, I. O., Nalivayko, Yu. V.** (2012). War and mathematics: Elements of the theory of complex combat systems. Kharkiv : Academy of the Armed Forces of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 260.
- 7. Gerasimov, B. M., Lokaziuk, V. M., Oksiyuk, O. G., Pomorova, O. V.** (2007). Intelligent decision support systems: Education. manual. Kyiv : View of Europe. University, 335.
- 8. Sveshnikov, S. V., Bocharnikov, V. P.** (2014). Basics of fuzzy technology and examples of solving analytical problems in government and business. Moskva: DMK Press, 408.
- 9. Beshelev, S. D., Gurvykh, F. G.** (1974). Mathematical and statistical methods of expert evaluations. Moskva : Statistics, 160.
- 10. Denisov, A. A., Kolesnikov, D. N.** (1982). The theory of large control systems: A textbook for universities. Leningrad : Energoizdat, 288.