УДК 519.81

В.М. Більчук, Н.І. Литвинець, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЗА ЕФЕКТИВНІСТЮ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ В ХОДІ ЗБРОЙНОЇ БОРОТЬБИ В УМОВАХ ЇЇ НЕЧІТКОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ

Розглядається порядок обґрунтування та зміст раціонального управління в ході збройної боротьби двох сторін в умовах нечіткого опису її інформаційного ресурсу.

конфліктні ситуації, операція, адаптація, інформаційний ресурс, нечіткі відношення

Вступ

Постановка проблеми. Прийняття рішень щодо вибору доцільних стратегій управління ресурсами в ході збройної боротьби сторін основуються на прийнятій чи розробленій моделі прийняття рішень. Такі моделі не можуть враховувати всіх факторів, які будуть визначати множину конфліктних ситуацій (ситуація – (от пізнолат. situation – положення), сполучення умов і обставин, що створюють певну обстановку, положення). Такі фактори можуть мати природу як стохастичної так і нестохастичної невизначеності. Так як розглядається збройна боротьба двох сторін, то до факторів нестохастичної невизначеності, перш за все, слід віднести фактори, які мають природу поведінкової невизначеності. Тому проблема полягає в адаптації заздалегідь розроблених моделей прийняття рішень до зміни множин конфліктних ситуацій, які можуть складатися в ході збройної боротьби.

Аналіз літератури. В [1] визначається, що "… сучасні операції виграють інтелектуали, оснащені новітніми системами зв'язку, управління військами і вогнем, могутньою високоточною зброєю". В [2] підкреслюється, що всяка операція визначається переліком чинників, які в загальному випадку мають природу як стохастичної невизначеності так і нестохастичної невизначеності. В [3 – 5] стверджується, що моделі, які враховують достатню кількість об'єктивних факторів, слід вважати більш адекватними до реального природного явища. В [6 – 8] на прикладі постановки багатьох задач доказано, що для прийняття ефективних рішень формалізація процесів врахування факторів, що мають природу нестохастичної невизначеності, досягається шляхом побудови функцій приналежності відповідних їм нечітких підмножин. Всі ці відомі положення є основою для необхідності розробки методичного підходу щодо адаптації розроблених моделей прийняття рішень до реальних умов, які можуть складатися в ході збройної боротьби.

Мета статті полягає в розробці методу визначення доцільних стратегій (стратегія – визначена послідовність дій (план дій) військ (сил), що передбачає варіанти дій, які закладаються у замисел ведення збройної боротьби) управління об'єктами в ході збройної боротьби, коли для прийняття управлінських рішень формування множин конфліктних ситуацій визначається нечітким описом інформаційного ресурсу суб'єктів управління.

Вирішення поставленого завдання

Збройну боротьбу двох сторін А і В, кожна із яких дбає тільки про свої кінцеві інтереси, опишемо операцію. Під операцією у спрощеному вигляді, згідно [2], розуміють систему цілеспрямованих дій, які об'єднані загальним замислом та єдиною метою. Поняття операції включає: управлінську діяльність органа управління чи людини, яка приймає рішення (ЛПР), організацію операції на основі доцільного способу використання активних засобів досягнення мети, активні засоби (ресурси), які є в розпорядженні ЛПР та використовуються у відповідності до визначеної стратегії ведення операції; об'єкти застосування активних засобів, які є у наявності у протилежної сторони в операції. Визначення ЛПР доцільної стратегії ведення операції можливе на основі моделювання дій сторін А і В. Виходячи з того, що кінцеві інтереси сторін протилежні, в якості моделі протидії сторін А і В слід розглядати матричну антагоністичну гру двох осіб з нульовою сумою, яка описується кортежем виду

$$\Gamma_C = \left\langle \{A,B\}, S_A, S_B, \{\overline{S}\}_{\overline{S}\in S_A\times S_B} \right\rangle, \qquad (1)$$

де $\{A,B\}$ – множина гравців; S_A, S_B – множина стратегій дій гравців А і В; $\{\overline{S}\}_{\overline{S}\in S_A\times S_B}$ – множина конфліктних ситуацій як декартовий добуток множин стратегій дій гравців.

Для любої конфліктної ситуації

$$\overline{S} = S_i \times S_j;\ \overline{S} \in S_A \times S_B;\ S_A = \bigcup_{i=1}^{n} S_i;\ S_B = \bigcup_{j=1}^{m} S_j,$$

що визначена в (1), маємо $W_A(\overline{S}) = -W_B(\overline{S})$, де $W_A(\overline{S})$, $W_B(\overline{S})$ є функції виграшу гравців А і В. Гра (1) компромісів обмін інформацією між гравцями не передбачає, бо всяке повідомлення щодо стратегій дій, яке може бути отримано однією із сторін відносно наміру другої, може тільки приводити до збільшення виграшу однієї з них.

Гра (1) задається матрицею $C = \left\| C_{ij} \right\|$, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,m}$, розмірність якої визначається розмірністю множини конфліктних ситуацій $\{\overline{S}\}_{\overline{S} \in S_A \times S_B}$, а її елементи C_{ij} – функції виграшу сторони А, що оперує. Кожній конфліктній ситуації $\overline{S}$ відповідає пара чистих стратегій $\{S_i, S_j\}$. Для всякої гри (1) в області чистих стратегій можна визначити нижню ціну гри $\alpha = \max_i \min_j C_{ij}$ та верхню ціну гри $\beta = \min_j \max_i C_{ij}$. Якщо А буде притримуватись своєї максимінної стратегії, тобто стратегії S_i, яка йому забезпечує α, то гравець А гарантує собі виграш при любих $B_j, j = \overline{1,m}$ не менше α. Якщо В буде притримуватись своєї мінімаксної стратегії, тобто стратегії S_j, яка йому забезпечує верхню ціну гри β, то гравець В гарантує собі програш при любих $A_i, i = \overline{1,n}$ не більше β. Виходячи з цього, слід відзначити, якщо сторона А розглядає вираз (1) як модель збройної боротьби двох сторін А і В, то з метою прийняття раціонального рішення щодо ведення операції (вибору стратегії), вона передбачає збитки, які може запобігти, із значенням α – нижньої ціни гри (1). Якщо при розгляді моделі (1) буде мати місце частковий випадок, коли гра Γ_C має рішення в чистих стратегіях, тобто коли існує сідлова точка і $\alpha = \beta$, то прийняття такого рішення щодо ведення операції здійснюється при виконанні зазначених умов. Якщо розглядати рішення (1) в змішаних стратегіях, тобто ціну гри $V\left(C, X_C^*, Y_C^*\right)$ розглядати як гарантований середній результат протидії сторін, де $X_C^* = \left(x_i^*\right)$, $i = \overline{1,n}$ – оптимальний вектор ймовірностей застосування стратегій $S_i, i = \overline{1,n}$ стороною А, а $Y_C^* = \left(y_j^*\right)$, $j = \overline{1,m}$ – оптимальний вектор ймовірностей застосування стратегій $S_j, j = \overline{1,m}$ стороною В, то для сторони А, що оперує, прийняття рішення щодо ведення операції може бути побудовано на розгляді пари чистих стратегій дій сторін $\{S_k, S_l\}, k \in (1,n), l \in (1,m)$, які визначають ймовірнішу конфліктну ситуацію $\overline{S}_{k,l} = S_k \times S_l$. Виграш, що відповідає конфліктній ситуації $\overline{S}_{k,l}$, є кількісним показником ступеня досягнення мети, яку поставила сторона А в ході прийняття рішення на ведення операції.

Вище відзначалось, що гра (1) описується матрицею $C = \left\| C_{ij} \right\|, i = \overline{1,n}; j = \overline{1,m}$, розмірність якої визначається розмірністю $\{\overline{S}\}_{\overline{S} \in S_A \times S_B}$ (S_A і S_B – множина стратегій дій сторін, $S_A = \bigcup_{i=1}^{n} S_i$; $S_B = \bigcup_{j=1}^{m} S_j$).

Виходячи із поняття операції можемо говорити про те, що управлінська діяльність ЛПР в інтересах сторони А пов'язана з розподілом задач активним об'єктам. Сторони в операції мають протилежні інтереси. Тому для формування множин стратегій S_A і S_B слід виходити з того, що сторона А має в своєму розпорядженні N_A активних (в загальному випадку різнотипних) об'єктів, між якими вона розподіляє бойові завдання по знищенню M_B об'єктів сторони В. Сторона В має в своєму розпорядженні N_B об'єктів та планує їх щодо пораження M_A об'єктів сторони А. Така постановка розподілу ресурсів N_A, N_B між об'єктами M_B, M_A дозволяє в поняття стратегій $S_i, i = \overline{1,n}$ та $S_j, j = \overline{1,m}$ вкладати можливі комбінації (план) розподілу завдань наступного змісту:

$$N_A^{(S_i)} = N_A, \forall S_i \in S_A, i = \overline{1,n}; \qquad (2)$$

$$N_B^{(S_j)} = N_B, \forall S_j \in S_B, j = \overline{1,m}; \qquad (3)$$

$$M_A = \left\{m_A^{(s)}\right\}, s = \overline{1,S}; \quad M_B = \left\{m_B^{(r)}\right\}, r = \overline{1,R}; \qquad (4)$$

$$N_A = \sum_{r=1}^{R} n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}; \qquad (5) \qquad N_B = \sum_{s=1}^{S} n_{m_B^{(s)}}^{(S_j)}, \qquad (6)$$

де (2), (3) відповідають умові того, що всі ресурси сторін А і В використовуються при формуванні стратегій $S_i, i = \overline{1,n}$ та $S_j, j = \overline{1,m}$; $m_A^{(s)}$, $m_B^{(r)}$ – відповідно s-х, та r-х об'єктів сторін А та В з витрачанням відповідно $n_{m_A^{(s)}}^{(S_j)}$, $n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}$ одиниць ресурсів сторони В та А у відповідності до стратегій S_j і S_i.

Задачу формування стратегій $S_i, i = \overline{1,n}$ ($S_j, j = \overline{1,m}$) слід віднести до класу розподілу завдань. Задача розподілу завдань в загальному випадку має зміст: між L споживачами необхідно так розподілити завдання, щоб функція критеріальної оцінки ефективності їх виконання F досягла максимуму при умові, що залежності виграшів $f_l(x_l), l = \overline{1,L}$ є відомими. Розглянемо задачу формування стратегій $S_i, i = \overline{1,n}$ ($S_j, j = \overline{1,m}$) як задачу розподілу ресурсу (кожне завдання передбачає витрати ресурсів). Одиниці ресурсу N_A (N_B), що планується для доставки об'єкту $m_B^{(r)}$ ($m_A^{(s)}$), відповідає $P_{m_B^{(r)}}$ ($q_{m_A^{(s)}}$) – ймовірність даної події. Ця подія є випадковою, бо її поява обумовлюється значним переліком природних факторів, які мають випадковий зміст. Тоді числу

$$u=\overline{1,n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}}\quad\left(v=\overline{1,n_{m_A^{(s)}}^{(S_j)}}\right)$$

одиниць ресурсу сторони А (В), які плануються для доставки об'єкту $m_B^{(r)}$ ($m_A^{(s)}$) буде відповідати ймовірність

$$P_{m_B^{(r)}}^{(u)}=1-\left(1-P_{m_B^{(r)}}\right)^u\quad\left(q_{m_A^{(s)}}^{(v)}=1-\left(1-q_{m_A^{(s)}}\right)^v\right).$$

Якщо визначити стратегію S_i (S_j) як комбінацію розподілених ресурсів N_A (N_B) між об'єктами M_B (M_A), де

$$S_i=\left\{n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}\right\},\ r=\overline{1,R}\ \left(S_j=\left\{n_{m_A^{(s)}}^{(S_j)}\right\}s=\overline{1,S}\right),$$

то такому вектору розподілу $\left\{n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}\right\}_R$ $\left(\left\{n_{m_A^{(s)}}^{(S_j)}\right\}_S\right)$ відповідає вектор ймовірностей ефективного використання відповідного ресурсу $n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}$ $\left(n_{m_A^{(s)}}^{(S_j)}\right)$ по об'єктах $m_B^{(r)}$ ($m_A^{(s)}$), а саме:

$$\left\{P_{m_B^{(r)}}^{(u)}\right\},u=\overline{1,n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}};$$

$$r=\overline{1,R}\left(\left\{q_{m_A^{(s)}}^{(v)}\right\},v=\overline{1,n_{m_A^{(s)}}^{(S_j)}},\ s=\overline{1,S}\right).$$

Така відповідність вектора розподілу ресурсів вектору ймовірностей їх використання по об'єктах дає право стверджувати, що випадкова величина «ресурсного забезпечення» сторін А(В) підпорядкована узагальненому біноміальному закону розподілу. В поняття величини «ресурсного забезпечення» вкладається розуміння того, що для ураження об'єктів $m_B^{(r)}$, $r=\overline{1,R}$ ($m_A^{(s)}$, $s=\overline{1,S}$) визначається хоча б одна одиниця ресурсу N_A (N_B). Тоді математичне сподівання випадкової величини $X^{(S_i)}$ ($Y^{(S_j)}$) – числа забезпечених ресурсом N_A (N_B) у відповідності до стратегії S_i (S_j) ведення операції стороною А(В) об'єктів $\left\{m_B^{(r)}\right\}$, $r=\overline{1,R}$ $\left(\left\{m_A^{(s)}\right\}, s=\overline{1,S}\right)$ визначається як:

$$M\left[X^{(S_i)}\right]=\sum_{r=1}^{R}P_{m_B^{(r)}}^{(u_r)},\ u_r=\overline{1,n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}};\qquad(7)$$

$$M\left[Y^{(S_j)}\right]=\sum_{s=1}^{S}q_{m_A^{(s)}}^{(v_s)},\ v_s=\overline{1,n_{m_A^{(s)}}^{(S_j)}}.\qquad(8)$$

Відзначимо, що в термінах задачі формування стратегій $S_i, i=\overline{1,n}$ ($S_j, j=\overline{1,m}$), як задачі класу розподілу ресурсу, функціями прибутків сторони А (В) буде виступати математичне сподівання випадкової величини кількості об'єктів сторони В (А), для ураження яких виділений ресурс N_A (N_B), а це означає, що для задачі формування стратегій $S_i, i=\overline{1,n}$ ($S_j, j=\overline{1,m}$) визначена функція критеріальної оцінки ефективності використання ресурсів на основі (7) або (8) має властивість адитивності.

Тоді розглянемо наступну постановку задачі: визначається така стратегія $S_i=\left\{n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}\right\}, r=\overline{1,R}$ розподілу ресурсу N_A між об'єктами R, на якій

$$F(u_1,u_2,\ldots,u_r)=\max_{\substack{\{u_r\}\\(r=\overline{1,R})}}\sum_{r=1}^{R}P_{m_B^{(r)}}^{(u_r)}\qquad(9)$$

при наявності обмежень

$$u_r\in\left[1,n_{m_B^{(r)}}^{(S_i)}\right];\quad(10)\qquad\sum_{r=1}^{R}u_r\le\sum_{r=1}^{R}\tilde{n}_{m_B^{(r)}};\quad(11)$$

$$u_r\le\tilde{n}_{m_B^{(r)}},\qquad(12)$$

де $u_r, r=\overline{1,R}$ – змінна значень одиниць ресурсу, які можуть бути заплановані на r-й об'єкт сторони В; $\tilde{n}_{m_B^{(r)}}$ – граничне значення одиниць ресурсу N_A, яким доцільно забезпечувати об'єкт $m_B^{(r)}$ та яке визначається, виходячи із умови $P_{m_B^{(r)}}^{\tilde{n}_{m_B^{(r)}}}=1-\left(1-P_{m_B^{(r)}}\right)^{\tilde{n}_{m_B^{(r)}}}\ge 0{,}9$; $\underset{(r=\overline{1,R})}{\{u_r\}}$ – множина можливих комбінацій, що складають елементи u_r.

Так як (9) має властивість адитивності та природно $P_{m_B^{(r)}}^{u_r}\ge 0$, то задача (9) – (12) є задачею динамічного програмування. Основний зміст алгоритму розв'язання задачі (9) – (12) визначається принципом оптимальності Р. Беллмана, який полягає в тому, що яким би не були початковий стан та початкове розв'язання задачі в початковий момент часу, всі послідовні її розв'язання складають оптимальну поведінку відносно стану, який стався на попередньому кроці. Виходячи з цього принципу алгоритм розв'язання задачі полягає в наступному.

Перший крок.

$$F(u_1,u_2)=\max_{x\in\{u_1;u_2\}}\left\{P_{m_B^{(r=1)}}^{(x)}+P_{m_B^{(r=2)}}^{[(u_1+u_2)-x]}\right\}.\qquad(13)$$

Другий крок.

$$F(u_1,u_2,u_3)=\max_{x\in\{u_1;u_2;u_3\}}\left\{P_{\substack{2\\ \bigcup_{r=1} m_B^{(r)}}}^{(x)}+P_{m_B^{(r=3)}}^{[(u_1+u_2+u_3)-x]}\right\}.\qquad(14)$$

k-й крок.

$$F(u_1,u_2,\ldots,u_k)=\max_{x\in\{u_1;u_2;\ldots;u_k\}}\left\{P_{\substack{k-1\\ \bigcup_{r=1} m_B^{(r)}}}^{(x)}+P_{m_B^{(r)}}^{\left[\sum_{r=1}^{k}u_r-x\right]}\right\}.\qquad(15)$$

. . . .

R-й крок.

$$F(u_1,u_2,...,u_R) = \max_{\substack{x\in\{u_r\} \\ (r=\overline{1,R})}} \left\{ P^{(x)}_{\bigcup\limits_{r=1}^{R-1} m_B^{(r)}} + P^{\left[\sum\limits_{r=1}^{R} u_r - x\right]}_{m_B^{(R)}} \right\}. \quad (16)$$

Визначення доцільних стратегій $S_j,\ j=\overline{1,m}$, в інтересах сторони B, забезпечується постановкою аналогічної (9) – (12) задачі, алгоритм розв‘язання якої аналогічний (13) – (16).

Реалізацію алгоритму (13) – (16) розв'язання задачі (9) – (12) зручно насамперед подавати у вигляді табл. 1, де наведені чисельні значення відповідно до постановки задачі: сформувати стратегії S_i розподілу $N_A = 6$ одиниць ресурсу між $m_B^{(r)},\ r=\overline{1,4}$ об'єктами сторони B, ймовірності ефективного використання одиниці ресурсу для знищення визначеного об'єкту мають значення:

$$P_{m_B^{(1)}} = 0{,}2;\ P_{m_B^{(2)}} = 0{,}45;\ P_{m_B^{(3)}} = 0{,}4;\ P_{m_B^{(4)}} = 0{,}35\ .$$

Відзначимо, що різні значення ймовірності доставки одиниці ресурсу для об'єктів $m_B^{(r)}$ відповідають тій дійсності, яка полягає в тому, що умови ефективного використання ресурсу по об'єктах є різними та самі об'єкти є різнотипними.

Таблиця 1

Ймовірності доставки
відповідних одиниць ресурсу до об'єктів сторони B

N_A	$m_B^{(1)}$	$m_B^{(2)}$	$m_B^{(3)}$	$m_B^{(4)}$
1	0,2	0,45	0,4	0,35
2	0,360	0,690	0,640	0,577
3	0,488	0,834	0,784	0,726
4	0,590	0,910	0,870	0,821
5	0,672		0,920	0,884
6	0,738			0,925

Із таблиці видно, що граничні значення одиниць ресурсу N_A, якими доцільно забезпечувати об'єкти відповідно є: $\tilde{n}_{m_B^{(1)}} > 6$; $\tilde{n}_{m_B^{(2)}} = 4$; $\tilde{n}_{m_B^{(3)}} = 5$; $\tilde{n}_{m_B^{(4)}} = 6$. Реалізація алгоритму (13) – (16) розв'язання приведеної задачі подано в табл. 2 – 4.

Таблиця 2

Реалізація алгоритму на першому кроці

N_A	$P^{(u_1)}_{m_B^{(1)}}$	$P^{(u_2)}_{m_B^{(2)}}$	$F(u_1,u_2)$	$S_i^{(1)}$
1	0,2	0,45	0,45	0;1
2	0,360	0,690	0,690	0;2
3	0,488	0,834	0,890	1;2
4	0,590	0,910	1,050	2;2
5	0,672		1,194	2;3
6	0,738		1,280	4;2

Таблиця 3

Реалізація алгоритму на другому кроці

N_A	$F(u_1,u_2)$	$P^{(u_3)}_{m_B^{(3)}}$	$F(u_1,u_2,u_3)$	$S_i^{(2)}$
1	0,45	0,4	0,45	0;1;0
2	0,690	0,640	0,850	0;1;1
3	0,890	0,784	1,090	0;2;1 0;1;2
4	1,050	0,870	1,330	0;2;2
5	1,194	0,920	1,560	0;2;3
6	1,280		1,690	2;2;2

Таблиця 4

Реалізація алгоритму на третьому кроці

N_A	$F(u_1,u_2,u_3)$	$P^{(u_4)}_{m_B^{(4)}}$	$F(u_1,u_2,u_3,u_4)$	$S_i^{(3)} = S_i$
1	0,45	0,35	0,45	0;1;0;0
2	0,850	0,577	0,850	0;1;1;0
3	1,090	0,726	1,200	0;1;1;1
4	1,330	0,821	1,440	0;2;1;1 0;1;2;1
5	1,560	0,884	1,68	0;2;2;1
6	1,690	0,925	1,91	0;2;3;1

Отримане розв'язання розглянутої задачі формування множини стратегій $S_i,\ i=\overline{1,n}$ має наступний зміст: якщо сторона A планує використання $N_A = 6$ одиниць ресурсу, то оптимальною стратегією, з точки зору максимального математичного сподівання випадкової величини числа об'єктів сторони B, які забезпечені ресурсом, є $S_i = \{0;2;3;1\}$. Число одиниць ресурсу, якими необхідно забезпечити об'єкти сторони B, та відповідні ймовірності доставки подані в табл. 5.

Таблиця 5

Забезпеченість об'єктів B
та їм відповідні значення ймовірностей

$n^{(u_r)}_{m_B^{(r)}}$	$n^{(u_1)}_{m_B^{(1)}} = 0$	$n^{(u_2)}_{m_B^{(2)}} = 2$	$n^{(u_3)}_{m_B^{(3)}} = 3$	$n^{(u_4)}_{m_B^{(4)}} = 1$
$P^{(u_r)}_{m_B^{(r)}}$	0	0,690	0,784	0,35

В операції протидії сторін, яка описується матричною грою двох гравців (1), сторона B також розподіляє свій ресурс за оптимальними стратегіями $S_j,\ j=\overline{1,m}$. Якщо об'єкти сторони B є, наприклад, повітряні цілі для сторони A, то для B це одиниці ресурсу, якими вона планує забезпечити об'єкти сторони A. Наприклад, коли сторона A має три об'єкти $m_A^{(1)}, m_A^{(2)}, m_A^{(2)}$ та відомі ймовірності доставки однієї одиниці ресурсу сторони B до кожного об'єкту $m_A^{(S)},\ S=\overline{1,3}$, формування оптимальної стратегії S_j розподілу чотирьох одиниць ресурсу між трьома об'єктами сторони A може бути визначено при постановці задачі (9) – (12) та її розв'язання за алгоритмом (13) – (16). Початкові дані надані в табл. 6.

Таблиця 6

Ймовірності доставки відповідних одиниць ресурсу до об'єктів сторони A

N_B	$m_A^{(1)}$	$m_A^{(2)}$	$m_A^{(3)}$
1	0,7	0,55	0,3
2	0,91	0,80	0,51
3		0,90	0,657
4			0,760

Із табл. 6 видно, що граничні значення одиниць ресурсу сторони B до об'єктів сторони A мають вигляд $\tilde{n}_{m_A^{(1)}} = 2$; $\tilde{n}_{m_A^{(2)}} = 3$; $\tilde{n}_{m_A^{(3)}} > 4$.

Реалізація алгоритму надана в табл. 7, 8.

Таблиця 7

Реалізація алгоритму за B на першому кроці

N_B	$P_{m_A^{(1)}}^{(v_1)}$	$P_{m_A^{(2)}}^{(v_2)}$	$F(v_1, v_2)$	$S_j^{(1)}$
1	0,7	0,55	0,7	1;0
2	0,91	0,80	1,25	1;1
3		0,90	1,5	1;2
4			1,71	2;2

Таблиця 8

Реалізація алгоритму за B на другому кроці

N_B	$F(v_1, v_2)$	$m_A^{(3)}$	$F(v_1, v_2, v_3)$	$S_j^{(2)} = S_j$
1	0,7	0,3	0,7	1;0;0
2	1,25	0,51	1,25	1;1;0
3	1,5	0,657	1,55	1;1;1
4	1,71	0,760	1,8	1;2;1

Із табл. 8 видно, якщо сторона B планує використати $N_B = 4$ одиниць ресурсу, то раціональне розподілення цього ресурсу з точки зору максимізації математичного сподівання випадкової величини кількості об'єктів сторони A, відповідає стратегії $S_j = \{1;2;1\}$. Кожній компоненті стратегії S_j відповідає значення ймовірності доставки, які наведені в табл. 9.

Таблиця 9

Забезпеченість об'єктів A та їм відповідні значення ймовірностей

$n_{m_A^{(S)}}^{(v_s)}$	$n_{m_A^{(S=1)}}^{(v_1)} = 1$	$n_{m_A^{(S=2)}}^{(v_2)} = 2$	$n_{m_A^{(S=3)}}^{(v_3)} = 1$
$P_{m_A^{(S)}}^{(v_s)}$	0,7	0,8	0,3

Модель протидії (1) двох гравців (сторін A та B), як відзначалось вище, задається матрицею C, розмірність якої відповідає розмірності конфліктних ситуацій $\{\tilde{S}\}_{\tilde{S} \in S_{A \times S_B}}$, а її елементи є функції виграшу сторони A, що оперує. Постановка задачі (9) – (12) та її розв'язання за допомогою алгоритму (13) – (16) дозволяють сформувати матрицю C гри Γ_C. Вихідними даними при цьому є ймовірності ефективного використання одиниці ресурсу сторони A (B) для ураження об'єктів сторони B (A), а саме: $P_{m_B^{(r)}}, r = \overline{1,R}$ $\left(q_{m_A^{(s)}}, s = \overline{1,S}\right)$. Різні значення $P_{m_B^{(r)}}, r = \overline{1,R}$ $\left(q_{m_A^{(s)}}, s = \overline{1,S}\right)$ відповідають тому загальному випадку, коли об'єкти $m_B^{(r)}, r = \overline{1,R}$ $\left(m_A^{(s)}, s = \overline{1,S}\right)$ є різнотипними.

Якщо об'єкти, наприклад, сторони B, є повітряні цілі, то на формування множин конфліктних ситуацій, які можуть реально статися, та на значення ймовірності доставки одиниць ресурсу сторони A до $m_B^{(r)}, r = \overline{1,R}$ будуть впливати різні фактори, які мають поведінкову невизначеність, а саме:

– вибір противником у побудові удару невизначених для сторони A ешелонів висоти, напрямків удару, кількості ешелонів і груп;

– вибір об'єктів удару, які для сторони A є невизначеними;

– можливість проведення маневру висотою;

– можливість проведення маневру курсом та інші.

Намагання врахувати змінні, що відповідають зазначеним факторам, відповідає меті адаптації моделі (1) до множини реальних конфліктних ситуацій, які можуть скластися в ході збройної боротьби сторін. Це і буде відповідати меті сторони A, що оперує, по прийняттю доцільних рішень щодо ведення операції відповідно до конфліктних ситуацій, які реально складаються. Звичайно, розгляд адаптації моделі (1) до реальних ситуацій доцільно розглядати за термін часу, який не перевищує термін реалізації ресурсів сторони B по об'єктах $m_A^{(s)}, s = \overline{1,S}$ сторони A.

В подальшому будемо виходити з того, що сторона A забезпечена засобами для виявлення об'єктів сторони B, але ці засоби сторони A здатні лише забезпечити "якісну сторону" можливостей об'єктів $m_B^{(r)}, r = \overline{1,R}$. А це означає, що для опису адаптації моделі (1) для зазначених вище факторів доцільно вводити лінгвістичну змінну. Згідно [2, 4, 8] під лінгвістичною змінною розуміють кортеж $< \beta, T(\beta), G, M >$, де β – назва лінгвістичної змінної; $T(\beta)$ – терм-множина лінгвістичної змінної, елементи якої $\gamma_i, i = \overline{1,n}$, є назва нечіткої змінної $< \gamma, X, \tilde{C}(\gamma) >$, як лінгвістичних значень лінгвістичної змінної β, де X – область визначення змінної, $\tilde{C}(\gamma) = \{\mu_{\tilde{C}(\gamma)}(x)/x\}, x \in X$, $\mu_{\tilde{C}(\gamma)}(x)$ – значення функції приналежності нечіткої підмножини $\tilde{C}(\gamma)$; G – синтаксичне правило, яке породжує назву нечіткої змінної $\gamma \in T(\beta)$ як вербальних значень лінгвістичної змінної; M – синтаксичне правило, яке ставить у відповідність кожній нечіткій змінній $\gamma \in T(\beta)$ нечітку підмножину $\tilde{C}(\gamma)$.

Для зазначених вище факторів поставимо у відповідність лінгвістичні змінні, наприклад, β_h – "маневр висотою", β_φ – "маневр курсом", яким відповідають нечіткі змінні: h_1 – "незначний маневр висотою", h_2 – "значний маневр висотою"; φ_1 – "незначний маневр курсом", φ_2 – "значний маневр курсом". Визначення функцій приналежності нечітких змінних h_1, h_2 лінгвістичної змінної β_h, та нечітких змінних φ_1, φ_2 лінгвістичної змінної β_φ забезпечується постановкою експертиз. Кожний l-й експерт, $l = \overline{1, L}$, висловлює свою суб'єктивну думку: у скільки разів значення функції приналежності, скажемо відносно нечіткої змінної h_1, $\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_i)$ більше значення функції приналежності $\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_j)$, де $x_i, x_j \in X; i, j = \overline{1, n}$ та X – область визначення лінгвістичної змінної β_h. Таке судження l-й експерт подає, виходячи із якісної шкали оцінок, яка зазначена в [8] та подана в табл. 10.

Таблиця 10

Якісна шкала оцінок

Оцінка	Визначення якісної оцінки	Тлумачення якісної функції
0	Незрівнянні	Немає сенсу порівнювати елементи
1	Однакове значення	Рівний внесок елементів, щодо досягнення мети
3	Незначна перевага	Є перевага одного елемента над другим, але вона невелика
5	Є перевага	Є перевага одного елемента над другим
7	Значна перевага	Є значна перевага одного елемента над другим
9	Дуже значна перевага	Цілком підтверджується значна перевага одного елемента над другим
2,4,6,8	Проміжні оцінки між двома сусідніми	Застосовується у випадку компромісу
Зворотні величини відносно зазначених вище	Якщо при порівнянні першого елемента з другим визначено, наприклад 3, то при порівнянні другого елемента з першим визначається 1/3	

Порівняння $\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_i)$ і $\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_j)$ за шкалою, яка зазначена вище, кожний l-й експерт подає у вигляді матриці $A^{(l)} = \left\| a_{ij}^{(l)} \right\|; i, j = \overline{1, n}; l = \overline{1, L}$. Згідно виразу $a_{ij} = \frac{1}{L}\sum_{l=1}^{L} a_{ij}^{l}$ матриці усереднюються, та отримується матриця $A = \left\| a_{ij} \right\|; i, j = \overline{1, n}$.

Для матриці A, виходячи із якісної шкали оцінок, яка подана в табл. 10, маємо, що $a_{ij} > 0$, $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$, $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$, $a_{ii} = 1$, $\forall\, i, j = \overline{1, n}$, тобто матриця A є невід'ємною, зворотньосиметричною та погодженою. Матричне рівняння $BY = \lambda Y$, яке має місце для всякої квадратної матриці B, дозволяє визначити власні числа λ_q, $q = \overline{1, \Theta}$, як корні характеристичного рівняння $B - \lambda E = 0$. Якщо матриця A має зазначені вище властивості невід'ємності, зворотньосиметричності та погодженості, то їй відповідне характеристичне рівняння $A - \lambda E = 0$ має один корінь, тобто A відповідає одне власне число $\lambda = \lambda_{max} = n$, якому ставиться у відповідність один власний вектор. Якщо $\sum_{i=1}^{n} \mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_i) = 1$, то $\sum_{i=1}^{n} a_{ij} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_i)}{\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_j)} = \frac{1}{\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_j)} = k_j$, а у відповідності до рівняння $A\mu^T = n \cdot \mu$ формується вектор $\mu = \{\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_j)\}$, $j = \overline{1, n}$, де його компоненти визначаються як $\mu_{\tilde{C}(h_1)}(x_j) = 1/k_j$.

Визначені вектори $\mu_k = \{\mu_{\tilde{C}(h_k)}(x_j)\}$, $k = \overline{1, 2}$, $j = \overline{1, n}$, які відповідають нечітким змінним h_1 та h_2 лінгвістичної змінної β_h, нормуються. Аналогічно визначаються значення функції приналежності для нечітких змінних φ_1 та φ_2 лінгвістичної змінної β_φ.

Графічне зображення, після згладжування отриманих значень, як зазначено вище, та нормування функцій приналежності зображено на рис. 1 та 2.

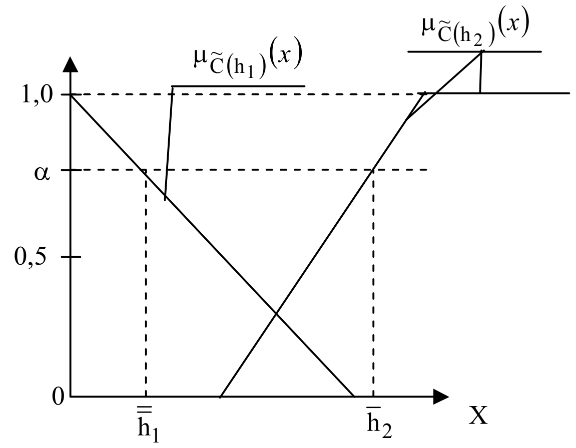

Рис. 1. Функції приналежності нечітких змінних h_1 та h_2

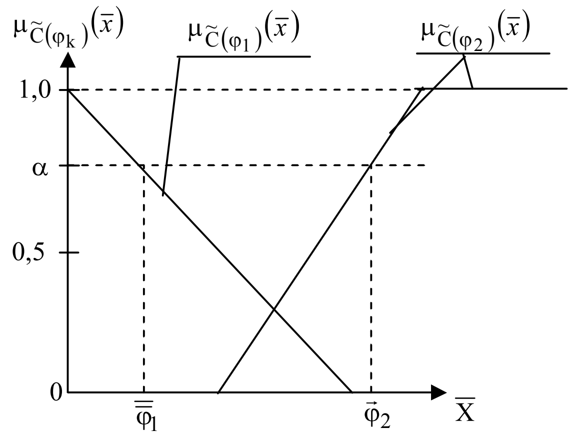

Рис. 2. Функції приналежності нечітких змінних φ_1 та φ_2

Звичайно, область визначення X лінгвістичної змінної β_h показується в метрах від значення висоти, на якій було виявлено об'єкт сторони В, а область визначення $\bar{X}$ показується в градусній мірі відносно того курсу, який було виявлено на початку супроводження об'єкту.

Слід також відзначити, що особливо важливо для розглянутого методичного підходу адаптації моделі (1) до реальних конфліктних ситуацій, є те, що описана вище обробка експертних даних може проводитися по наявній інформації відносно тактико-технічних характеристик об'єктів сторони В як повітряних цілей, а також з метою побудови функцій приналежності нечітких змінних h_1, h_2 та φ_1, φ_2 лінгвістичних змінних β_h та β_φ доцільно проводити розрахунки заздалегідь в програмах перспективної автоматизованої системи управління.

При цьому зазначеному рівню функцій приналежності

$$\alpha = \mu_{\tilde{C}(h_1)}(x) = \mu_{\tilde{C}(h_2)}(x) = \mu_{\tilde{C}(\varphi_1)}(\bar{x}) = \mu_{\tilde{C}(\varphi_2)}(\bar{x})$$

відповідають носії нечітких змінних h_1, h_2 та φ_1, φ_2, які в той же час можна описати чіткими підмножинами, а саме:

для $h_1 - H_\alpha^{(1)} = \left\{0,...,\bar{\bar{h}}_1\right\}$; для $h_2 - H_\alpha^{(2)} = \left\{\bar{h}_2,...,\tilde{h}_2\right\}$;

для $\varphi_1 - G_\alpha^{(1)} = \left\{0,...,\bar{\bar{\varphi}}_1\right\}$; для $\varphi_2 - G_\alpha^{(2)} = \left\{\bar{\varphi}_2,...,\tilde{\varphi}_2\right\}$,

де $\bar{\bar{h}}, \bar{\bar{\varphi}}$ – праві границі чітких підмножин $H_\alpha^{(1)}, G_\alpha^{(1)}$; $\bar{h}_2, \bar{\varphi}_2$ – ліві границі чітких підмножин $H_\alpha^{(2)}, G_\alpha^{(2)}$; $\tilde{h}_2, \tilde{\varphi}_2$ – граничні значення змінних висоти при маневрі висотою та змінних кута визначення курсу при маневрі курсом, що відповідають об'єктам $m_B^{(r)}, r = \overline{1,R}$ як повітряним цілям, виходячи з їх тактико-технічних характеристик.

Визначення $P_{m_B^{(r)}}, r = \overline{1,R}$ з урахуванням впливу зазначених вище факторів, розгляд яких привів до введення нечітких змінних h_1, h_2 лінгвістичної змінної β_h та φ_1, φ_2 лінгвістичної змінної β_φ, потребує знань щодо $\tilde{h}_1^{(\alpha)} \in H_\alpha^{(1)}, \tilde{h}_2^{(\alpha)} \in H_\alpha^{(2)}$, $\tilde{\varphi}_1^{(\alpha)} \in G_\alpha^{(1)}, \tilde{\varphi}_2^{(\alpha)} \in G_\alpha^{(2)}$. Тоді визначення, наприклад $\tilde{h}_1^{(\alpha)}$, пов'язано з постановкою та розв'язанням задачі ранжування елементів $h_1^{(\alpha,q)}, q \in \overline{1,Q}$ на основі їх бінарних відношень несуворої переваги. В інтересах постановки цієї задачі розглядається чітка підмножина $H_\alpha^{(1)} = \left\{0,...,\bar{\bar{h}}_1\right\}$, на основі якої при виборі шагу $\Delta h_1^{(\alpha)}$ формується універсальна множина $M = \left\{h_1^{(\alpha,q)}\right\}, q \in \overline{1,Q}$. Розглядається експертиза, в якій l-й експерт $l = \overline{1,L}$ свою суб'єктивну думку подає функцією приналежності $\mu_{\tilde{R}_\succeq}\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')}\right), h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')} \in M$ нечіткої підмножини $\tilde{R}_\succeq$ бінарних відношень несуворої переваги. У відповідності до [3] нечітким відношенням $\tilde{R}\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')}\right)$ на звичайній множині M називають нечітку підмножину прямого декартового добутку $M \times M$, яка характеризується функцією приналежності $\mu_{\tilde{R}} : M \times M \to [0,1]$, а значення $\mu_{\tilde{R}_\succeq}\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')}\right)$ розглядається як суб'єктивна міра відношення $\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')}\right) \in R$. Значення функції приналежності $\mu_{\tilde{R}_\succeq}\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')}\right)$ для кожної пари елементів, що порівнюються кожним l-м експертом, $l = \overline{1,L}$ визначається як чисельна міра наявності переваги: «елемент $h_1^{(\alpha,q')}$ «не гірше» елемента $h_1^{(\alpha,q'')}$». Так як нечітке відношення несурової переваги має властивість рефлексивності, то $\mu_{\tilde{R}_\succeq}\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q')}\right) = 1$. Якщо $\mu_{\tilde{R}_\succeq}\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')}\right) = 0$, то елементи не можуть порівнюватись. Експерти також враховують умову нормування, з якої випливає, що $\mu_{\tilde{R}_\succeq}\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')}\right) = 1 - \mu_{\tilde{R}_\succeq}\left(h_1^{(\alpha,q'')}, h_1^{(\alpha,q')}\right)$. З урахуванням всього зазначеного вище, кожний експерт свою суб'єктивну думку відносно нечіткого бінарного відношення несуворої переваги елементів подає у вигляді матриці

$$\mu_{\tilde{R}_\succeq}^{(l)} = \left\| \mu_{\tilde{R}_\succeq}\left(h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')}\right) \right\|, h_1^{(\alpha,q')}, h_1^{(\alpha,q'')} \in \tilde{R};\ l = \overline{1,L}.$$

У подальшому з урахуванням вагових коефіцієнтів експертів матриці $\mu_{\tilde{R}_\succeq}^{(l)}$, $l = \overline{1,L}$ усереднюються за виразом

$$\mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)=\frac{\sum_{l=1}^{L}k_l\mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q'')};h_1^{(\alpha,q')}\right)}{\sum_{l=1}^{L}k_l}.$$

Обробка результатів експертизи полягає в наступному. За виразом

$$\mu_{\tilde{R}_{\succ}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)=\begin{cases}\mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)-\mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q'')},h_1^{(\alpha,q')}\right),\\ \text{якщо}\quad \mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)\geq\\ \qquad\geq\mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q'')},h_1^{(\alpha,q')}\right);\\ 0,\quad\text{якщо}\quad \mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)<\\ \qquad<\mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q'')},h_1^{(\alpha,q')}\right).\end{cases}$$

матриця значень функції приналежності нечіткого бінарного відношення несуворої переваги $\mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)$ перераховується в матрицю значень функції приналежності нечіткого бінарного відношення суворої переваги $\mu_{\tilde{R}_{\succ}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)$. Формування множини елементів $M_\eta \subset M$, які мають більшу перевагу серед елементів множини M, пов'язано з звужуванням множини M на основі виявлення міри недомінованості його елементів. Елемент $h_1^{(\alpha,\tilde{q})} \in M$ визнається недомінованим по відношенню суворої переваги, якщо серед елементів множини M, що залишились, не існує ні одного такого елемента $h_1^{(\alpha,\bar{q})} \in M$ для якого $h_1^{(\alpha,\bar{q})} \succ h_1^{(\alpha,\tilde{q})}$, $\bar{q}=\overline{\overline{1,Q}}$. Підмножина елементів $h_1^{(\alpha,\tilde{q})}$ складає ядро $M_{\tilde{R}_{\succ}}$ нечіткого відношення суворої переваги на M, тобто

$$M_{\tilde{R}_{\succ}}=\left\{\begin{array}{l}h_1^{(\alpha,\tilde{q})}\middle|\,\overline{\exists}h_1^{(\alpha,\bar{q})}\in M:\\ :h_1^{(\alpha,\bar{q})}\succ h_1^{(\alpha,\tilde{q})};\forall h_1^{(\alpha,\bar{q})},h_1^{(\alpha,\tilde{q})}\in M\end{array}\right\}.$$

Ядро $M_{\tilde{R}_{\succ}}$ має функцію приналежності, що визначається виразом

$$\mu_{M_{\tilde{R}_{\succ}}}\left(h_1^{(\alpha,\tilde{q})}\right)=\min_{h_1^{(\alpha,q)}\in M}\left[1-\mu_{M_{\tilde{R}_{\succ}}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)\right],$$
$$\forall h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\in M.$$

Значення компонент функції приналежності ядра нечіткого відношення суворої переваги дозволяє упорядкувати елементи множини $M \subset M$ за рівнями недомінованості.

Вище було зазначено, що дійсна конфліктна ситуація протидії сторін, яка може скластися, може бути наслідком того, що об'єкт $m_B^{(r_\eta)}$ сторони B виконує маневр висотою. Такому чиннику, який бажано врахувати, поставили у відповідність лінгвістичну змінну β_h, та її відповідну нечітку змінну h_1 – "незначний маневр за висотою". Функція приналежності нечіткої змінної h_1, при заданому її рівні α дозволяє визначити чітку підмножину $H_\alpha^{(1)}=\left\{0,...,\overline{\overline{h}}_1\right\}$. Конкретному типу об'єкта $m_B^{(r_\eta)}$, виходячи з його тактико-технічних характеристик, може бути визначена $\overline{\overline{h}}_1^{(r_\eta)}$. З визначеним шагом, наприклад, множина $H_\alpha^{(1)}$ має вигляд $H_{\alpha,r_\eta}^{(1)}=\{100;200;300;400\}$, де значення компонент характеризують зміну висоти об'єкту $m_B^{(r_\eta)}$ в метрах. Розглянемо на цьому прикладі виявлення недомінованості елементів підмножини $H_{\alpha,r_\eta}^{(1)}$, які складають універсальну множину M. Усереднена функція приналежності суб'єктивних думок експертів щодо бінарного нечіткого відношення несуворої переваги має вигляд

$\mu_{\tilde{R}_{\succeq}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)=$

	α_1 = =100	α_2 = =200	α_3 = =300	α_4 = =400
α_1 =100	1	0,3	0,2	0,4
α_2 =200	0,7	1	0,4	0,8
α_3 =300	0,8	0,6	1	0,3
α_4 =400	0,6	0,2	0,7	1

Функція приналежності бінарного нечіткого відношення суворої переваги має вигляд

$\mu_{\tilde{R}_{\succ}}\left(h_1^{(\alpha,q')},h_1^{(\alpha,q'')}\right)=$

	α_1	α_2	α_3	α_4
α_1	0	0	0	0
α_2	0,4	0	0	0,6
α_3	0,6	0,2	0	0
α_4	0,2	0	0,4	0

Функція приналежності ядра бінарного нечіткого відношення суворої переваги має вигляд

$$\mu_{\tilde{R}_{\succ}}\left(h_1^{(\alpha,\tilde{q})}\right)=(0{,}4;0{,}8;0{,}6;0{,}4).$$

Це означає, що для об'єкта $m_B^{(r_\eta)}$ маневр за висотою слід очікувати на 200 м, бо елемент $\alpha_2 = 200$ має найбільший рівень недомінованості. Об'єкт $m_B^{(r_\eta)}$ не буде виконувати маневр за висотою 100 або 400 м, а впевненість також твердження на рівні 0,4.

Аналогічно можуть бути визначені елементи чітких підмножин $H_\alpha^{(2)}$, $G_\alpha^{(1)}, G_\alpha^{(2)}$ відповідно для нечітких змінних $h_2^{(\alpha)}$, $\varphi_1^{(\alpha)}, \varphi_2^{(\alpha)}$ при рівні α їх функцій приналежності. Об'єкт $m_B^{(r_\eta)}$ може одночасно виконувати маневр висотою та курсом.

Визначення найбільш недомінованих значень елементів чітких підмножин $H_\alpha^{(1)}, H_\alpha^{(2)}$, $G_\alpha^{(1)}, G_\alpha^{(2)}$ дозволяє поставити їм у відповідність відповідне значення $P_{m_B^{(r_\eta)}}$ – ймовірність ефективного використання одиниці ресурсу сторони А по об'єкту $m_B^{(r_\eta)}$.

Якщо розглядати тільки такі чинники, які зазначено вище, то є сенс при визначенні $P_{m_B^{(r_\eta)}}$ розглядати при заданому рівні α їх функцій приналежності наступні можливі комбінації нечітких змінних: $(h_1,\varphi_1);(h_1,\varphi_2);(h_2,\varphi_1);(h_2,\varphi_2)$. Визначені значення $P_{m_B^{(r)}}$, $r=\overline{1,R}$ дозволяють адаптувати модель (1) до конфліктних ситуацій з урахуванням чинників, які мають природу поведінкової невизначеності.

Висновки

Якщо термін часу, за який сторона, що оперує, може приймати рішення щодо вибору стратегії раціонального управління з деякою дискретністю, то для кожного визначеного малого проміжку часу може буде за поданим вище методичним підходом прийнята раціональна стратегія ведення операції. Такий зміст відповідає адаптації моделі (1) до випадкової конфліктної ситуації, яка може характеризуватись факторами стохастичної та нестохастичної невизначеності. Урахування факторів, природа яких описується нестохастичною невизначеністю, дозволяє приймати раціональні за ефективністю рішення по вибору стратегій ведення операції з рівнем довіри α-функцій приналежності їм відповідних нечітких змінних лінгвістичних змінних та прийнятим рівнем недомінованості елементів множин носіїв, що відповідають рівню довіри.

Список літератури

1. *Біла книга 2005: Оборонна політика України / Авторський колектив МО та ГШ ЗСУ. Редакція центру Розумкова. – К.: МО України, 2006. – 134 с.*
2. *Дробаха Г.А., Ткаченко В.І., Смірнов Є.Б. Шляхи формалізації процесів багатокритеріальної оцінки в системі підтримки прийняття рішень // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – Вип. 2 (10). – С. 3-11.*
3. *Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10-ти томах. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф.Уткина, Ю.В.Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.*
4. *Дробаха Г.А., Городнов В.П., Єрмошин М.О., Смірнов Є.Б., Ткаченко В.І. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управляння ними (теорія, практика, історія розвитку): Монографія. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.*
5. *Більчук В.М. Прийняття рішень щодо визначення перспективних зразків озброєння при нечіткому опису їх інформаційного ресурсу // Системи озброєння і військова техніка. – 2006 – Вип. 4 (8). – С. 124-130.*
6. *Саати Т., Керне К. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.*
7. *Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / Под ред. Рональда Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 406 с.*
8. *Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 314 с.*

Надійшла до редколегії 7.11.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Пєвцов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.