

УДК 681.3

Н.О. Королюк, О.І. Тимочко, О.А. Коршец

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ,  
ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ОПИСІ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ  
ЗАПЛАНОВАНОГО ПЕРЕХВАТУ ПРИ ПРИЗНАЧЕННІ ВПЛИВІВ  
ВИНИЩУВАЧАМИ НА ПОВІТРЯНІ ЦІЛІ**

*Розглядаються особливості формалізації лінгвістичних змінних, що використовуються при описі процесу вибору параметрів запланованого перехвату, які пов'язані з визначенням їх функцій приналежності за допомогою метода парних порівнянь*

*метод парних порівнянь, матриця попарних порівнянь, вектор пріоритетів, максимальне власне значення, погодженість суджень*

### Вступ

Автоматизоване управління винищувальною авіацією здійснюється з командних пунктів з уніфікованим математичним і програмним забезпеченням. Якісне наведення винищувачів на повітряні цілі (ПЦ) залежить від результату рішення завдань на етапі призначення впливів винищувачами.

Аналіз показав, що траєкторії, сформовані алгоритмом в умовах інформаційних помилок і маневру ПЦ, не завжди відповідають траєкторіям, які вибрав би кваліфікований штурман наведення. Для здійснення оптимізації при рішенні завдань штурманського забезпечення при повній визначеності та вірогідності вихідної інформації в існуючих АСУ широко використовуються методи теорії ймовірностей, випадкових функцій, методи математичного програмування. Дані методи не дозволяють урахувати неповноту, невизначеність, неточність відомостей про противника та умови бойових дій, помилки навігаційних вимірів, дотримання режиму польоту та застосування засобів поразки. Штучне введення однозначності означає огрубіння вихідних даних, що сприяє одержанню нехай чіткого, але невірною результату [1].

**Постановка задачі.** У роботі [2, 3] запропоновано на етапі призначення впливів винищувачами робити вибір параметрів запланованого перехоплення з урахуванням інтуїції, досвіду, накопичених знань офіцерів бойового управління, що можливо завдяки використанню в теорії управління моделей і методів штучного інтелекту та інженерії знань [4].

Фактори, що обґрунтовують вибір параметрів запланованого перехоплення на етапі призначення впливів, мають якісні та кількісні характеристики. Тому для їхнього опису найбільш зручним є представлення у формі лінгвістичних змінних (ЛЗ), які

виражають знання експерта, що має певний досвід бойової роботи [5]. ЛЗ є розповсюдженим способом опису складних систем, параметри яких розглядаються не з кількісних, а з якісних позицій. При цьому ЛЗ дають можливість поставити у відповідність якісним значенням деяку кількісну інтерпретацію із заданою часткою впевненості.

Безпосереднє застосування ЛЗ у тій або іншій області зв'язано з рішенням завдання її формування, тобто опису компонентів. Це, як правило, реалізується на основі опитувань експертів - фахівців у даній предметній області. Особлива увага при цьому приділяється формуванню функцій приналежності нечітких множин, що є базовими термами даної ЛЗ.

Таким чином, розглянемо особливості формування ЛЗ, яка використовується при описі процесу вибору параметрів запланованого перехоплення на етапі призначення впливів винищувачами на ПЦ.

Мета статті полягає в розробці формалізації ЛЗ, які використовуються при описі процесу вибору параметрів запланованого перехоплення на етапі призначення впливів, пов'язаної з визначенням функцій приналежності нечітких змінних, які складають зміст терм-множини даних ЛЗ.

### Основний матеріал

Розглянемо процес формалізації ЛЗ «Курсовий кут винищувача», що є однією з важливих умов вибору параметрів запланованого перехоплення при наведенні винищувачів на ПЦ. Одним з найпоширеніших методів опитувань експертів є метод парних порівнянь, що лежить в основі методу аналізу ієрархій, запропонованого М. Саати [4]. Метод використовується для одержання групових суджень за допомогою консенсусу. В результаті будь-яке отримане рішення перетворюється для особи, що приймає рішення, у зовсім певну відповідь. Отже, використо-

вуючи метод парних порівнянь, зроблене індивідуальне непряме опитування офіцерів бойового управління, які приймають особисту участь при наведенні винищувачів і мають багаторічний досвід бойового управління, для формалізації ЛЗ «Курсовий кут винищувача» шляхом формування функцій приналежності нечітких множин «Малий», «Невеликий», «Середній», «Великий». Процедура обробки результатів опитування експертів наступна:

1. Кожний експерт І, з погляду розглянутої нечіткої змінної (наприклад, «Малий»), робить порівняння кожного зі значень курсового кута з кожним з інших значень, керуючись при цьому наступною шкалою (табл. 1) [4]

Таблиця 1  
Шкала порівняння значень

	Якісна оцінка	Зміст якісної оцінки
0	Не порівнянність	Немає смислу порівнювати ці оцінки
1	Однакове значення	Елементи рівні по значимості
2	Проміжна оцінка між сусідніми оцінками	Необхідний компроміс
3	Мала значимість	Елемент $x_i$ слабо значимий ніж $x_j$ . Існують показання про перевагу одного елемента іншому, але показання не переконливі
4	Проміжна оцінка між сусідніми оцінками	Необхідний компроміс
5	Істотна або сильна значимість	Існують гарні докази, які можуть показати, що один з елементів більш важливий
6	Проміжна оцінка між сусідніми оцінками	Необхідний компроміс
7	Очевидна значимість	Існують переконливі докази більшої значимості одного елемента в порівнянні з іншим
8	Проміжна оцінка між сусідніми оцінками	Необхідний компроміс
9	Абсолютна значимість	Максимально підтверджується відсутність переваги одного елемента іншому

2. Складання матриці попарних порівнянь. За згодою порівняння ступеня пріоритету одного елемента іншому виражається для значення, що стоїть в лівому стовпці стосовно значення, що стоїть у верхньому рядку матриці парних порівнянь. Таким чином, експерт висловлює судження

$$a_{ij}^{(1)} = \frac{\mu_{\text{мал}}^{(1)}(x_i)}{\mu_{\text{мал}}^{(1)}(x_j)}, \quad (1)$$

де  $\mu_{\text{мал}}^{(1)}(x_i)$  – ступінь приналежності елемента  $x_i$  нечіткої змінної «Малий», висловлена експертом І;  $\mu_{\text{мал}}^{(1)}(x_j)$  – ступінь приналежності елемента  $x_j$  нечіткої змінної «Малий», висловлена експертом І. При порівнянні елемента із самим собою маємо рівну значимість, тобто 1. Після проведення суджень одержуємо матрицю парних порівнянь:

«Малий»	10	15	20	25	30
10	1	3	7	8	9
15	1/3	1	3	7	8
20	1/7	1/3	1	2	3
25	1/8	1/7	1/2	1	3
30	1/9	1/8	1/3	1/3	1

3. Обчислення вектора пріоритетів по даній матриці, тобто визначення головного власного вектора, який після нормалізації стає вектором пріоритетів. Підсумуємо елементи кожного стовпця та одержимо зворотні величини цих сум. Сума стовпців дає вектор-рядок (1,7; 4,59; 11,83; 18,33; 24). Зворотними величинами цих сум є  $\omega = (0,58; 0,22; 0,08; 0,05; 0,04)$ , а після нормалізації стають (1; 0,37; 0,14; 0,09; 0,07). Отже, одержуємо  $\mu_{\text{мал}}^{(1)}(x) = (10/1; 15/0,37; 20/0,14; 25/0,09; 30/0,07)$ .

4. Оцінювання міри погодженості суджень. Відомо, що погодженість позитивної зворотно симетричної матриці еквівалентна вимозі рівності її максимального власного значення  $\lambda_{\text{max}}$  з  $n$  (число значень курсового кута). Отже, задача

$$A \omega^T = \lambda_{\text{max}} \omega \quad (2)$$

має єдине рішення – власне значення матриці. Помноживши матрицю порівнянь  $A$  праворуч на вектор  $\omega^T$ , одержимо новий вектор. Розділивши перший компонент цього вектора на перший компонент вектора  $\omega$ , другий компонент нового вектора на другий компонент вектора  $\omega$  і т.д., визначимо ще один вектор. Розділивши суму компонентів на число компонентів, знайдемо наближення до числа  $\lambda_{\text{max}}$ , яке використовується для оцінки погодженості суджень. Чим ближче  $\lambda_{\text{max}}$  до  $n$ , тим більше погоджений результат:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 7 & 8 & 9 \\ 1/3 & 1 & 3 & 7 & 8 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 2 & 3 \\ 1/8 & 1/7 & 1/2 & 1 & 3 \\ 1/9 & 1/8 & 1/3 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,58 \\ 0,22 \\ 0,08 \\ 0,05 \\ 0,04 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 2,51 \\ 1,32 \\ 0,45 \\ 0,31 \\ 0,15 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 2,51 \\ 1,32 \\ 0,45 \\ 0,31 \\ 0,15 \end{pmatrix} \div \begin{pmatrix} 0,58 \\ 0,22 \\ 0,08 \\ 0,05 \\ 0,04 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4,32 \\ 6 \\ 5,62 \\ 6,2 \\ 3,75 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$\lambda_{\max} = 5,178.$$

5. Виходячи з оцінки максимального власного значення, проаналізуємо погодженість суджень експерта при виконанні парних порівнянь.

$$\frac{\lambda_{\max} - n}{\alpha(n-1)} \leq 0,1, \quad (4)$$

де  $\alpha$  – випадковий індекс, що залежить від кількості порівнюваних об'єктів (табл. 2).

Таблиця 2

Значення випадкового вектора

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\alpha$	0,6	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6

У випадку невиконання умови погодженості опитування повинно бути проведено повторно.

$$\frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{5,178 - 5}{4} = 0,04 < 0,1. \quad (5)$$

Розбіжність в судженнях експерта дуже мала (4%), що вважається допустимим, отже, можемо формалізувати ЛЗ «Курсовий кут винищувача» шляхом побудови функції приналежності нечітких змінних, які складають зміст терм-множини ЛЗ.

Для розглянутої вище нечіткої змінної «Малий» побудуємо кусочно-лінійну функцію приналежності  $\mu_{\text{мал}}^{(1)}(x) = (10/1; 15/0,37; 20/0,14; 25/0,09; 30/0,07)$  (рис. 1).

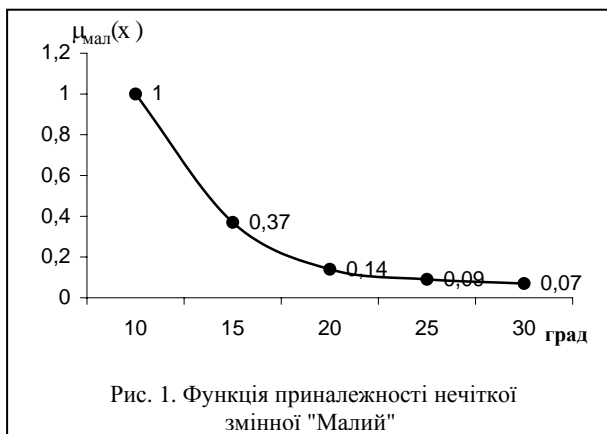


Рис. 1. Функція приналежності нечіткої змінної "Малий"

На рис. 2 представлена ЛЗ «Курсовий кут винищувача» після побудови функцій приналежності всіх нечітких змінних. Отримані кусочно-лінійні функції приналежності можуть бути апроксимовані деякими гладкими функціями. Звичайно таке за-

вдання ставиться при необхідності забезпечити компактність подання ЛЗ або мінімізації обчислювальних витрат.

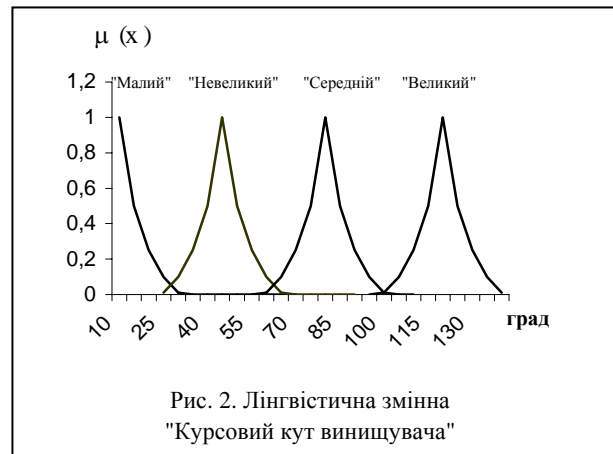


Рис. 2. Лінгвістична змінна "Курсовий кут винищувача"

## Висновки

Таким чином, формалізація лінгвістичних змінних, які використовуються при описі процесу вибору параметрів запланованого перехоплення на етапі призначення впливів винищувачами на ПЦ, за допомогою методу парних порівнянь, що лежить в основі методу аналізу ієрархій, дає можливість створити модель прийняття рішень, яка має нечіткий словесний опис і є основою для якісного поліпшення та підвищення ефективності автоматизованих систем керування.

## Список літератури

1. *Обработка нечеткой информации в системах принятия решений* / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
2. *Королюк Н.А., Тимочко А.И., Касьян О.В. Логико-лингвистическая модель для повышения оперативности и качества принятия решения при наведении* // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Х.: Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ". – 2005. – Вып. 3 (19). – С. 60-63.
3. *Королюк Н.О., Тимочко О.И. Наведения винищувачів на повітряні цілі як складова частина процесу бойового управління авіацією* // *Системи обробки інформації*. – Х.: ХУПС, 2005. – Вып. 2 (42). – С. 53-61.
4. *Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий* / Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе – М.: Радио и связь, 1993. – 314 с.
5. *Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления*. – М.: Энергоиздат, 1981. – 190 с.

Надійшла до редколегії 11.08.2006

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Є.В. Бодяньський, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.