

УДК 004.825

М.І. Литвиненко

*Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків*

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ПОВІТРЯНОГО ОБ'ЄКТУ

*У роботі обґрунтовано вибір методу визначення класу повітряного об'єкта при використанні мережної моделі знань для формалізації знань про процес визначення класу повітряного об'єкту.*

**Ключові слова:** управління, системи підтримки прийняття рішень, повітряний об'єкт.

### Вступ

В сучасних системах управління широко застосовуються системи підтримки прийняття рішень [1, 2]. Але їх використання з високою ефективністю передбачає необхідність вирішення низки задач, вирішення яких можливе з використанням ідей та методів штучного інтелекту [1 – 6].

Так, в системі управління повітряним рухом актуальним є рішення задачі розпізнавання типу повітряних об'єктів. Результати рішення даної задачі будуть вихідними даними для рішення багатьох інших задач, наприклад: виробки рекомендацій щодо усунення конфліктних ситуацій, виробки рішень в кризових ситуаціях та ін. Рішення задачі розпізнавання повітряних об'єктів в умовах неповноти та невизначеності вихідних даних дозволить підвищити якість виробки рішень та рекомендацій.

В інтелектуальних системах задача представлення знань є фундаментальним поняттям, а рішення про вибір методу представлення знань впливає на побудову всієї системи [1 – 3]. Під розпізнаванням повітряних об'єктів розуміється процес ухвалення рішення про приналежність спостережуваного об'єкта до певного класу на підставі порівняння його властивостей з вже відомим еталоном (еталонами) [3]. Але поряд з задачею формалізації знань про процес визначення типу повітряного об'єкту актуальним є вибір процедури визначення типу повітряного об'єкту по існуючим даним про об'єкт та з використанням знань, які описують процес визначення типу повітряного об'єкту.

**Аналіз літератури.** У літературі [1, 2, 4, 5, 6,] запропонована велика кількість методів що дозволяють вирішити задачу розпізнавання. У роботах [2, 5] розглядаються методи представлення знань, засновані на положеннях теорії нечітких множин. Використання безперервної шкали оцінок дозволяє ухвалювати рішення про клас об'єкта на основі неточної, неповної і різномірної інформації. Недоліком даних методів є неможливість визначення кількісних характеристик розпізнаваних класів.

У роботах [4, 5] запропоновано використовувати модель знань, засновану на теорії нечітких множин

для категоризування повітряних об'єктів, при цьому розподіл значень ознак представляється у вигляді гістограм. Використання такого підходу не завжди дозволяє адекватно представити описи відповідних класів повітряних об'єктів і свідомо його огрублює. Методи представлення знань засновані на логічних моделях описані в роботі [2]. Дані методи дозволяють представити знання про задачі логико-аналітичного, розрахункового і пошукового характеру. Проте вони мають ряд істотних недоліків: відсутність оптимальної процедури підбору аксіом для організації логічного висновку; наявність невизначеності початкової інформації не завжди дозволяє організувати логічний висновок на формалізованих структурах знань. Це обмежує застосування даних методів для уявлення знань про процеси рішення задачі розпізнавання.

Опис методів представлення знань, заснованих на фреймових моделях, приведений в роботах [1, 2, 6]. Перевагою даних методів є природність опису типів об'єктів. Проте та обставина, що фрейм є безліччю описів (слотів), що знаходяться в деяких взаємних відносинах, а слоти пов'язані з процедурами, які передають один одному управління за допомогою обміну повідомленнями, приводить в реальних завданнях до різкого збільшення описів фрейма, зменшується можливість адаптації до змін параметрів, що характеризують розпізнавані об'єкти, збільшує час їх обробки.

Проведений аналіз існуючих методів представлення знань свідчить про необхідність проведення додаткових досліджень за оцінкою якості застосування методів рішення задачі розпізнавання типів повітряних об'єктів.

**Мета статті:** представити результати розробки методу визначення типу повітряних об'єктів при використанні мережних моделей знань.

### Основна частина

Як було показано в роботах [2, 4], найбільш якісно задача розпізнавання повітряних об'єктів вирішується за допомогою штучних нейронних мереж. Але цей метод має ряд недоліків, які впливають на можливість його застосування в системах підтримки прийняття рішень. Найвагоміша причина для

обмеження використання штучних нейронних мереж полягає в відсутності можливості отримання пояснень за результатами розпізнавання. Тому для отримання результатів розпізнавання повітряних об'єктів пропонується використовувати логічний вивід заснований на апараті симетричних сум.

Ідея методу симетричних сум полягає в наступному. Спочатку інформація про повітряні об'єкти формалізується за допомогою нечіткого LR-інтервала. Всі кількісні характеристики повітряних об'єктів, а саме висота, швидкість та ЕПР представляються за допомогою LR інтервалу (рис. 1) з ключовими точками (A,0), (B,1), (C,1), (D,0), де A та D відповідають границям можливих значень ознак, B та C - границі діапазону найімовірніших значень.

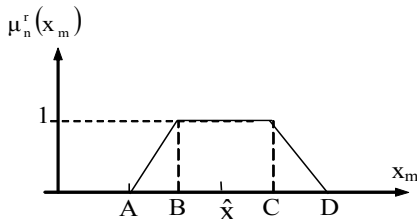


Рис. 1. Графічна ілюстрація представлення кількісних ознак з використанням нечіткого LR-інтервалу

Формалізований опис якісних ознак представляється функцією можливості  $\pi_n^r(x_m)$  з областю визначення на інтервалі [0,1], яка визначає ступінь можливості віднесення об'єкту до n-го класу г-го алфавіту по значенню ознаки  $x_m$ . (рис. 2).

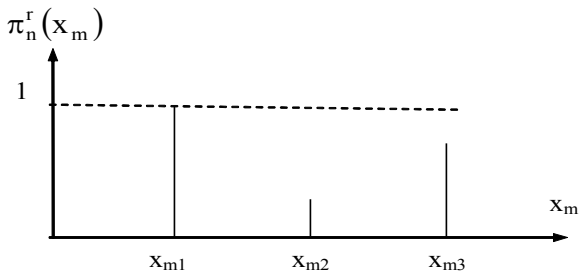


Рис. 2. Графічна ілюстрація представлення якісних ознак з використанням міри можливості

Далі формалізовані якісні та кількісні характеристики поєднуються за допомогою асоціативної симетричної суми, оператором такого вигляду:

$$\sigma(x, y) = \frac{x + y - x * y}{1 + x + y - 2xy} \quad (1)$$

Наступний крок полягає у виборі максимального значення з усіх розрахованих для кожного повітряного об'єкта, вибране максимальне значення буде відповідати певному класу повітряних об'єктів.

Таким чином, даний метод дозволяє більш повніше описати повітряну обстановку і підвищити якість рішення задач прийняття рішень.

На основі запропонованого підходу до формалізації даних про повітряні об'єкти заповнимо таблицю 1 про розподілення висот (H), швидкостей (V) та ефективної площі розсіювання (ЕПР), що представляє собою LR – інтервали відповідно до кожного повітряного об'єкта, а саме бомбардувальник (Б), винищувач (В), повітряний командний пункт (ПКП), крилата ракета (КР), постановник активних перешкод (ПАП).

Формалізований опис якісних ознак може бути теж представлений функцією можливості  $\pi_n^r(x_m)$  з областю визначення на інтервалі [0,1], яка визначає ступінь можливості віднесення об'єкту до n-го класу г-го алфавіту по значенню ознаки  $x_m$ .

При такій постановці задачі, повітряні об'єкти мають дві якісні характеристики: інтенсивність перешкод та інтенсивність маневру. Кожна з характеристик має три можливих значень: велика (в); середня (с); мала (м) для кожного з п'яти повітряних об'єктів.

Наприклад: значення міри можливості віднесення повітряного об'єкта по значенню “велика інтенсивність перешкод” якісного признака “інтенсивність перешкод” до типів повітряних об'єктів {бомбардувальник (Б), винищувач (В), повітряний командний пункт (ПКП), крилата ракета (КР), постановник активних перешкод (ПАП)} може бути представлено відповідно {0,0,0.3,0,1}, що і приведено в табл. 1 [5, 7]

Таблиця 1

Розподілення значень кількісних і якісних ознак ПО

	V				H				ЕПР				Інтенсивність маневру			Інтенсивність перешкод		
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	в	с	м	в	с	м
Б	800	1000	1500	2000	500	5000	15000	20000	4	6	9	13	0	0,4	1	0	0,4	1
В	500	1500	2500	3000	200	1000	8000	15000	0,5	0,55	1	2	1	0,6	0,1	0	0,4	0,7
ПКП	700	800	900	1000	3000	8000	9000	15500	6	8,5	9	10	0	0,5	1	0,3	0,5	0,9
КР	500	600	700	900	50	600	800	950	0,1	0,11	0,15	2	1	0,8	0	0	0,4	1
ПАП	600	700	800	950	100	3000	8000	12000	1	1,5	2	2,5	0,9	0,5	0,1	1	0,7	0,1

**Модель визначення типу повітряного об'єкту.**

Формалізовані якісні та кількісні характеристики поєднуються за допомогою асоціативної симетричної суми, оператором (1).

Симетричні суми володіють наступними властивостями:

- A1.  $\sigma(0,0) = 0, \sigma(1,1) = 1$ ;
- A2.  $\sigma$  - комутативна функція;
- A3.  $\sigma$  - неубуваюча функція по кожному аргументу;
- A4.  $\sigma$  - безперервна функція;
- A5.  $1 - \sigma(x, y) = \sigma(1 - x, 1 - y)$ .

При цьому аксіому A5 можна узагальнити для будь-якого числа змінних.

Слід також відзначити, що 0 тут не буде поглинаючим елементом, що дозволить врахувати оцінку всіх ознак. Графічне відображення вирішального правила (5) для випадку двох змінних приведено на рис. 3. яке показує, що при ухваленні рішень у разі узагальнення двох змінних одержуємо безперервну оцінку що не має випадків байдужості, як наприклад, при використанні максимінних вирішальних правил (рис. 4).

Тоді для узагальнення значень інтерпретації висловів у разі n змінних отримаємо:

$$LQ = \sigma(A_1, A_2, \dots, A_m) = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_m - A_1 * A_2 * \dots * A_m}{1 + A_1 + A_2 + \dots + A_m - 2 * A_1 * A_2 * \dots * A_m} \quad (2)$$

У нашому випадку n=5, так як використовуємо п'ять характеристик повітряних об'єктів. Отже можливість того що даний повітряний об'єкт буде бомбардувальником матиме такий вигляд:

$$B = \sigma(\mu_B^{PO}(H), \mu_B^{PO}(V), \mu_B^{PO}(EPR), \mu_B^{PO}(I), \mu_B^{PO}(M)) = \frac{\mu_B^{PO}(H) + \mu_B^{PO}(V) + \mu_B^{PO}(EPR) + \mu_B^{PO}(I) + \mu_B^{PO}(M) - \mu_B^{PO}(H) * \mu_B^{PO}(V) * \mu_B^{PO}(EPR) * \mu_B^{PO}(I) * \mu_B^{PO}(M)}{1 + \mu_B^{PO}(H) + \mu_B^{PO}(V) + \mu_B^{PO}(EPR) + \mu_B^{PO}(I) + \mu_B^{PO}(M) - 2 * \mu_B^{PO}(H) * \mu_B^{PO}(V) * \mu_B^{PO}(EPR) * \mu_B^{PO}(I) * \mu_B^{PO}(M)} \quad (3)$$

де  $\mu_B^{PO}(H)$  - значення належності даної висоти до бомбардувальника;

$\mu_B^{PO}(V)$  - значення належності даної швидкості до бомбардувальника;

$\mu_B^{PO}(EPR)$  - значення належності даної ефективної площі розсіювання до бомбардувальника;

$\mu_B^{PO}(I)$  - значення належності даної інтенсивності перешкод до бомбардувальника;

$\mu_B^{PO}(M)$  - значення належності даної інтенсивності маневру до бомбардувальника.

Всі вище перераховані значення формалізовані аналітичною функцією  $\mu_n^r(x_m)$  і внесені в табл. 1.

Аналогічно проводяться розрахунки і для інших повітряних об'єктів.

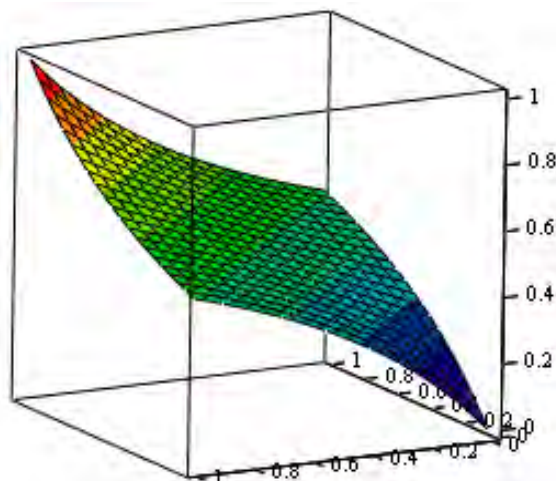


Рис. 3. Згортка нечіткої множини двох аргументів за правилом  $\delta(\delta, \delta)$

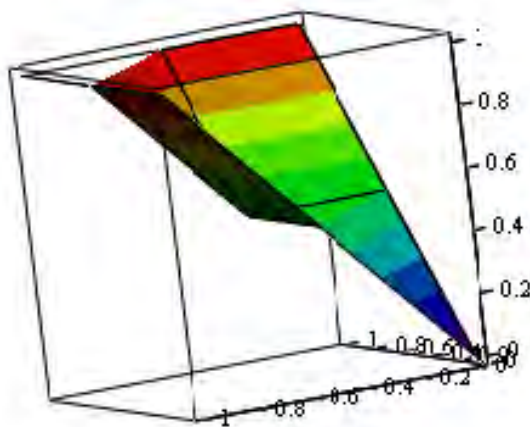


Рис. 4. Згортка нечітких змінних по правилу  $\max(x, y)$ .

Після розрахунку функцій приналежності даного об'єкта до всіх можливих класів обирається максимальне значення, яке і буде результатом вирішення задачі розпізнавання.

Оцінка якості рішення задачі розпізнавання класів ПО проведемо методом експерименту. Для оцінки якості рішення задачі розпізнавання типів ПО з використанням кожного з вибраних методів розроблені тестові вибірки.

При цьому, одні вибірки однозначно характеризують ПО, а інші враховують схожість характеристик ПО.

У табл. 2 приведена тестова вибірка, яка використовується для перевірки якості роботи методу оснований на симетричних сумах (розпізнавання типу ПО при застосуванні методу симетричних сум складає 64%).

Таблиця 2

## Тестова вибірка та результати моделювання

№ пп	Реальный тип	V	H	ЕПР	Інтенсивність маневру	Інтенсивність перешкод	Результат розпізнавання	Сим. сум
1	Б	1000	5000	8	н	н	Б	Б
2		1600	15000	9	с	н	Б	Б
3		1200	10000	7	с	с	Б-И	Б
4		960	1000	12	н	н	Б	Б
5		1800	2000	5	с	н	И-КР	И
6	ВКП	700	5000	8	н	с	Б-ВКП	Б
7		800	13500	9	н	н	ВКП-Б	ВКП
10		1000	2000	5	н	с	Б	Б
11	И	700	900	0,5	с	с	КР	КР
14		2300	10000	1,5	в	н	И-Б	И
15		3000	15000	2	в	н	Б-КР	Б
16	КР	500	60	0,05	в	н	КР	КР
19		800	500	0,15	в	н	КР	КР
20		900	900	0,25	в	н	КР	КР
21	ПАП	700	900	0,5	с	в	ПАП	КР
22		1100	3000	0,7	с	в	И-ПАП	И
23		1500	5000	1	в	в	И	И
24		2300	10000	1,5	в	в	ПАП-И	ПАП
25		3000	15000	2	в	в	ПАП	ПАП
<b>Вірогідність вірного розпізнавання типу ПО:</b>								<b>0,64</b>

**Висновки**

Проведений аналіз відомих методів представлення знань показав, що для розробки апарату формалізації задач даного класу доцільно використовувати мережні моделі знань. Для формального опису процесу узагальнення знань на основі мережних моделей знань доцільно використовувати метод логічного виведення заснованого на симетричних сумах. Так, якщо порівняти отримані результати з [3] то можна стверджувати, що отримана вірогідність вірного розпізнавання наближається до результатів отриманих за допомогою штучної нейронної мережі.

**Список літератури**

1. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам / Д. Уотермен; Пер. с англ. под ред. В.Л. Стефанюка. – М.: Мир, 1989. – 388 с.
2. Искусственный интеллект. Справочник в 3-х книгах. Книга 2. Модели и методы / Под ред. Д.А. Поселова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.

3. Васильев В.Н. Распознающие системы: Справочник / В.Н. Васильев. – К.: Наук. думка, 1969. – 292 с.

4. Низиенко Б.И. Методика автоматизированного синтеза формализованных описаний знаний для распознавания воздушных объектов / Б.И. Низиенко, О.В. Шевченко, А.В. Александров // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 1. – С. 29-35.

5. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.

6. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов, В.В. Борисов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001, – 382 с.

7. Представление и использование знаний: Пер. с японского / Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. – М.: Мир, 1987. – 220 с.

Надійшла до редколегії 29.01.2013

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

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ВОЗДУШНОГО ОБЪЕКТА**

М.И. Литвиненко

*В работе обоснован выбор метода определения класса воздушного объекта с использованием сетевой модели знаний для формализации знаний о процессе определения класса воздушного объекта.*

**Ключевые слова:** управление, системы поддержки принятия решений, воздушный объект.

**METHOD OF AIR OBJECT TYPE DETERMINATIONS**

M.I. Litvinenko

*The choice of method of determination of class of air object is in-process grounded with the use of network model of knowledges for formalization of knowledges about the process of determination of class of air object.*

**Keywords:** management, systems of support of making a decision, air object.