

УДК 004.825

М.І. Володін¹, Е.Ю. Першина¹, В.О. Капранов¹, Б.М. Шмоняк²¹Об'єднаний науково-дослідний інститут Збройних Сил, Харків²Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

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.

повітряний об'єкт, мережна модель знань

Вступ

В сучасних системах управління широко застосовуються системи підтримки прийняття рішень [1, 2]. Але їх використання з високою ефективністю передбачає необхідність вирішення низки задач, яке можливе з використанням ідей та методів штучного інтелекту [1 – 10]. 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.

Однією з найбільш трудомістких задач при розробці системи розпізнавання є задача формалізації знань про класи повітряних об'єктів та, процес ви-

робки рішень про клас повітряного об'єкту [12].

В інтелектуальних системах задача представлення знань є фундаментальним поняттям, а рішення про вибір методу представлення знань впливає на побудову всієї системи [1 – 3]. Під представленням знань розуміється сукупність методів, способів форм і моделей структуризації відображення і формалізації знань [2]. Під завданнями розпізнавання зазвичай розуміються завдання розпізнавання образів. Під образом розумітимемо безліч явищ, що об'єднуються загальними властивостями [3]. Образи володіють характерними об'єктивними властивостями, які і дозволяють відрізнити один образ від іншого. Отже, 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 актуа-

льним 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, 4–7] запропонована велика кількість методів що дозволяють вирішити задачу розпізнавання. У роботах [2, 5, 6] 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 різноманітної 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 категоризації 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 роботах [2, 6]. Дані методи дозволяють представити знання про задачі логіко-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.

У роботах [1, 2, 6] приведені методи представлення знань, засновані на продукційних моделях. До достоїнств даних методів належать: універсальність, застосовність до широкого круга завдань; модульна організація знань; декларативність представлення знань та ін. В той же час, представлення знань у вигляді продукцій властиві недоліки, що обмежують їх застосування. Основним з них є розростання системи продукцій при описі складних об'єктів і динамічних систем, що викликає труднощі по управлінню такою системою знань і перевірці її коректності.

У ряді робіт [2, 4, 5, 7] для формалізації процесу рішення задач розпізнавання було запропоновано

використання апарату формалізації, що дозволяє представити знання про процеси рішення задачі розпізнавання у вигляді функціональної мережевої моделі. Такі методи дозволяють створити прості для розуміння формалізовані описи наочної області, але при цьому володіють поряд істотних недоліків:

трудомісткий процес попереднього опису логічних і інших типів зв'язків між початковими даними;

необхідність побудова апріорних інтервалів розподілу значень вхідних параметрів [4], що не дозволяє врахувати всього різноманіття можливих значень вхідних параметрів, або свідомо огрублює дійсні розподіли значень вхідних величин;

необхідність створення процедур попередньої обробки і формалізації кількісних і якісних ознак для їх сумісної обробки [4–6];

за відсутності значень одного або декількох кількісних або якісних ознак отримання рішення неможливе або якість результатів розпізнавання істотно погіршується.

Опис методів представлення знань, заснованих на штучних нейронних мережах приведено в роботах [8, 7, 12]. Аналіз літератури з даної тематики дозволяє стверджувати, що застосування даних методів можливе для вирішення достатньо широкого круга завдань. Широке застосування дані методи отримали при рішенні задач розпізнавання образів як статичних, так і динамічних, а також при аналізі неповних і суперечливих даних (аналіз банківських ризиків, курсів валют, рішення задач управління і ін.) [7, 8]. Основний недолік таких мереж полягає в обмежених можливостях по отриманню пояснень про процес виробки рішень.

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. Представити результати розробки методу визначення типу повітряних об'єктів при використанні мережних моделей знань.

Основна частина

Як було показано в роботі [12] 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.

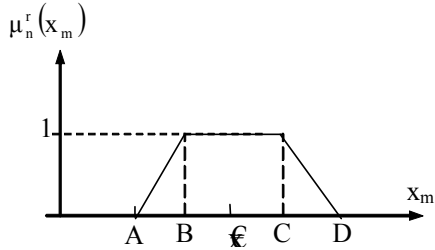


Рис. 1. Графічна ілюстрація представлення кількісних ознак з використанням нечіткого LR-інтервалу

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).

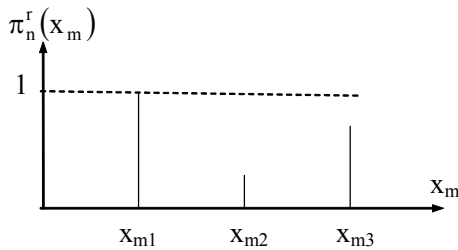


Рис. 2. Графічна ілюстрація представлення якісних ознак з використанням міри можливості

Далі формалізовані якісні та кількісні характеристики поєднуються за допомогою асоціативної симетричної суми, оператором наступного 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 табл. 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 [9, 13].

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. σ – комутативна функція;
- A3. σ – неубуваюча функція по кожному аргументу;
- A4. σ – 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 рішень у разі узагальнення двох змінних безперервну оцінку, що не має випадків байдужості, як на приклад, при використанні максимінних вирішальних правил (рис. 4). Тоді для узагальнення значень інтерпретації у разі n змінних отримаємо:

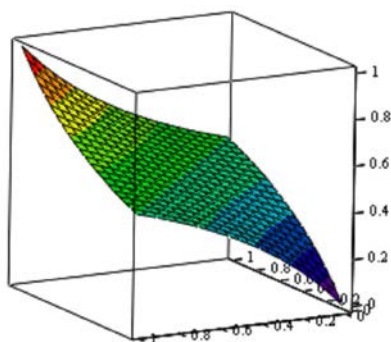


Рис. 3. Згортка нечіткої множини двох аргументів за правилом $\delta(x, y)$

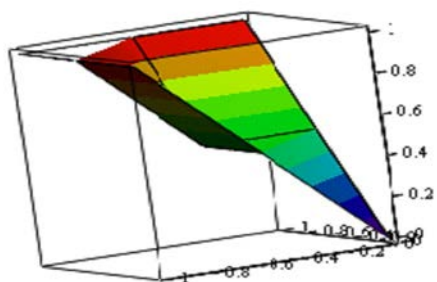


Рис. 4. Згортка нечітких змінних за правилом $\max(x, y)$

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

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 наступний вигляд:

$$B = \sigma(\mu_B^{PO}(H), \mu_B^{PO}(V), \mu_B^{PO}(EPR), \mu_B^{PO}(\pi m), \mu_B^{PO}(\pi r)) = \frac{\mu_B^{PO}(H) + \mu_B^{PO}(V) + \mu_B^{PO}(EPR) + \mu_B^{PO}(\pi m) + \mu_B^{PO}(\pi r) - \mu_B^{PO}(H) * \mu_B^{PO}(V) * \mu_B^{PO}(EPR) * \mu_B^{PO}(\pi m) * \mu_B^{PO}(\pi r)}{1 + \mu_B^{PO}(H) + \mu_B^{PO}(V) + \mu_B^{PO}(EPR) + \mu_B^{PO}(\pi m) + \mu_B^{PO}(\pi r) - 2 * \mu_B^{PO}(H) * \mu_B^{PO}(V) * \mu_B^{PO}(EPR) * \mu_B^{PO}(\pi m) * \mu_B^{PO}(\pi r)}$$

де $\mu_B^{PO}(H)$ – значення належності даної висоти до бомбардувальника; $\mu_B^{PO}(V)$ – значення належності даної швидкості до бомбардувальника; $\mu_B^{PO}(V)$ – значення належності даної ефективної площі розсіювання до бомбардувальника.

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

Аналогічно і для інших повітряних об'єктів.

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 проведена 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 наведена 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

№ п/п	Реальний 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
Ймовірність вірного розпізнавання типу ПО:								0,64

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, як що порівняти отримані результати з [3] то можна стверджувати, що отримана вірогідність вірного розпізнавання наближається до результатів отриманих за допомогою штучної нейтронної мережі.

Список літератури

1. Уотермен Д. *Руководство по экспертным системам: 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. Поспелова.* – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
3. Васильев В.Н. *Распознающие системы: Справочник.* – К.: Наукова думка, 1969. – 292 с.
4. Низиенко Б.И., Шевченко О.В., Александров А.В. *Методика автоматизированного синтеза формализованных описаний знаний для распознавания воздушных объектов // Системи обробки інформації.* – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 1. – С. 29-35.
5. Ярушек В.Е., Прохоров В.П., Судаков Б.Н., Мишин А.В. *Теоретические основы автоматизации процес*
6. Дюбуа Д., Прад А. *Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатики: Пер. с французского / Под ред. С.А. Орловского.* – М.: Радио и связь, 1990. – 287 с.
7. Круглов В.В., Борисов В.В. *Искусственные нейронные сети. Теория и практика.* – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 382 с.
8. *Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы / Под ред. Н.М. Амосова.* – К.: Наукова думка, 1991. – 272 с.
9. Ильин В., Кудишин Н. *Боевая авиация зарубежных стран: Иллюстрированный справочник.* – М.: АСТ Астрель, 2001. – 512 с.
10. Ярушек В.Е. *Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления.* – Х.: ХВУ, 1993. – 230 с.
11. Дюбуа Д., Прад А. *Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатики: Пер. с французского.* – М.: Радио и связь, 1990. – 287 с.
12. Затхей В.А., Павленко М.А., Першин А.В., Александров А.В. *Выбор метода решения задачи распознавания воздушных объектов в экспертной системе реального времени // Моделирование та інформаційні технології.* – К.: НАНУ, ПІМЕ. – 2004. – Вип. 26. – С. 67-74.
13. Ермошин М.О. *Аэродинамичні цілі зенітних активних військ.* – Х., 1993. – 246 с.

Надійшла до редколегії 12.12.2006

Рецензент: канд. техн. наук, проф. Б.Н. Судаков, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.