

УДК 007.355

І.О. Ляшенко<sup>1</sup>, Є.В. Цветков<sup>1</sup>, Д.В. Безкровний<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет оборони України, Київ

<sup>2</sup>Державний науково-випробувальний центр ЗС України, Феодосія

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИМИ СИСТЕМАМИ РОЗВІДКИ

*Пропонується підхід до формалізації задачі ідентифікації повітряних суден інформаційно-управляючими системами розвідки.*

**Ключові слова:** ідентифікація, повітряні судна, нечіткі множини, матриця знань.

### Вступ

Досвід практичного застосування інформаційно-управляючих систем контролю повітряного простору переповнений прикладами важких наслідків помилок у визначенні ступеня небезпеки повітряних об'єктів. Це й необґрунтоване знищення літальних апаратів військового й цивільного призначення, проліт літаків з терористами-смертниками на борту без впливу сил протиповітряної оборони (ППО),

випадки приведення стратегічних сил у вищі ступені готовності для відбиття можливого ядерного удару, трагічні події в США 11 вересня 2001 р., або факти втрат авіації коаліційних сил від власних зенітних ракетних систем у ході проведення повітряної операції в Іраку у квітні 2003 р.

Такі приклади наочно підтверджують необхідність й актуальність достовірної ідентифікації повітряних об'єктів з метою достовірної оцінки ступеня їхньої небезпеки та вживання адекватних заходів.

Ідентифікація об'єкту – це побудова його математичної моделі, яка встановлює зв'язок між вхідними і вихідними змінними по експериментальним даним.

Вирішення цього, на перший погляд, очевидно-го завдання являє собою досить складну проблему, яка в останній час активно обговорюється [1 – 6].

**Метою даної статті** є обґрунтування підходу щодо формалізації процесу ідентифікації повітряних суден інформаційно-управляючими системами розвідки.

### Основна частина

У сучасній теорії ідентифікації для отримання математичних моделей застосовується або детермінований, або імовірнісний (статистичний) підхід [7 – 9]. У першому випадку для отримання моделі застосовуються різного виду рівняння: алгебраїчні, диференційні, інтегральні та інші. Цей апарат найбільш природно застосовується до тих об'єктів, які описуються законами фізики. При імовірнісному підході, для отримання моделі обробляються експериментальні дані, отримані шляхом проведення чи натурних експериментів, чи шляхом статистичного моделювання.

Проте, як правило, і в тому, і в іншому випадку математичні моделі ідентифікації виявляються надто складними в так званих інтелектуальних задачах, які традиційно вирішуються людьми. Людина уловлює закономірності в експериментальних даних, вирішує найскладніші завдання управління та ухвалення рішень не вдаючись до суворих кількісних співвідношень.

Центральну роль у вирішенні людиною завдань ідентифікації відіграють дві унікальні властивості [10]: здатність до навчання, тобто здатність послідовно мінімізувати відхилення фактичного результату діяльності від деякого бажаного еталону та лінгвістичність, тобто здатність виражати на природній мові знання, які отримані в результаті навчання.

Математичним апаратом, який, на відміну від класичних методів, пристосований до обліку властивостей навчання і лінгвістичності є теорія нечітких множин, що має засоби формалізації природномовних висловів і логічного виводу. Підтвердженням цього є дослідження, проведені А.П. Ротштейном, і викладених ним в монографії [9].

Моделі об'єктів будуються шляхом проектування і настроювання нечітких баз знань, лінгвістичних висловів типу ЯКЩО <входи>, ТО <виходи>. Основна ідея полягає в тому, що настроюючи нечітку базу знань можна ідентифікувати нелінійні залежності з необхідною точністю.

Для визначеності розглянемо завдання ідентифікації стосовно об'єкту з дискретним виходом.

Вважатимемо відомими:

множину рішень  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$  яка відповідає вихідній змінній  $y$ ;

множину вхідних змінних  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ; діапазони кількісної зміни кожної вхідної змінної  $x_i \in [\underline{X}_i, \overline{X}_i]$ ;  $i = \overline{1, n}$ ;

функції приналежності, що дозволяють представляти вхідні змінні  $x_i$ ;  $i = \overline{1, n}$  і вихідну змінну  $y$  нечіткі множини:  $a_i^p = \int_{\underline{x}_i}^{\overline{x}_i} \mu^{a_i^p}(x_i) / x_i$ ,  $d_j = \int_D \mu^{d_j}(d) / d$ ,

де  $\mu^{a_i^p}(x_i)$  – функція приналежності значення вхідної змінної  $x_i \in [\underline{X}_i, \overline{X}_i]$  терму  $a_i^p \in A_i$ ;  $p = \overline{1, l_i}$ ;  $i = \overline{1, n}$ ;  $\mu^{d_j}(d)$  – функція приналежності значення вихідний змінній  $y \in [\underline{y}, \overline{y}]$  терму-рішенню  $d_j \in D$ ;  $j = \overline{1, m}$  матриця знань [9].

Зупинимось детальніше на формуванні матриці знань. *Матрицею знань* назовемо таблицю, сформовану за такими правилами (табл. 1):

Таблиця 1

Матриця знань

Номер вхідної комбінації значень	Вхідні змінні				Вихідна змінна
	$x_1$	$x_2$	$\dots x_i \dots$	$x_n$	
11	$a_1^{11}$	$a_2^{11}$	$\dots a_i^{11} \dots$	$a_n^{11}$	$d_1$
12	$a_1^{12}$	$a_2^{12}$	$\dots a_i^{12} \dots$	$a_n^{12}$	
...	...	...	...	...	
1 $k_1$	$a_1^{1k_1}$	$a_2^{1k_1}$	$a_i^{1k_1}$	$a_n^{1k_1}$	
...					$d_j$
J1	$a_1^{j1}$	$a_2^{j1}$	$a_i^{j1}$	$a_n^{j1}$	
J2	$a_1^{j2}$	$a_2^{j2}$	$a_i^{j2}$	$a_n^{j2}$	
...	...	...	...	...	
j $k_j$	$a_1^{jk_j}$	$a_2^{jk_j}$	$a_i^{jk_j}$	$a_n^{jk_j}$	$d_m$
...					
m1	$a_1^{m1}$	$a_2^{m1}$	$\dots a_i^{m1} \dots$	$a_n^{m1}$	
m2	$a_1^{m2}$	$a_2^{m2}$	$\dots a_i^{m2} \dots$	$a_n^{m2}$	
...	...	...	...	...	$d_m$
m $k_m$	$a_1^{mk_m}$	$a_2^{mk_m}$	$a_i^{mk_m}$	$a_n^{mk_m}$	

Пояснення:

1. Розмірність цієї матриці дорівнює  $(n+1) \times N$ , де  $(n+1)$  – кількість стовпців, а  $N = k_1 + k_2 + \dots + k_m$  – кількість рядків.

2. Перші  $p$  стовбців матриці відповідають вхідним змінним  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , а  $(n+1)$ -й – значенню  $d_j$  вихідної змінної  $y$  ( $j = \overline{1, m}$ ).

3. Кожен рядок матриці являє собою деяку комбінацію значень вихідної змінної  $y$ . При цьому перші  $k_1$  рядків відповідають значенню вихідної змінної  $y = d_1$ , наступні  $k_2$  ряди – значенню  $y = d_2 \dots$ , останні  $k_m$ -ряди – значенню  $y = d_m$ .

4. Елемент  $a_i^{jp}$ , що стоїть на перехресті  $i$ -го стовпця та  $jp$ -го рядка відповідає лінгвістичній оцінці параметру  $x_i$  в рядку нечіткої бази знань з номером  $jp$ . При цьому лінгвістична оцінка  $a_i^{jp}$  вибирається з терму множини, яка відповідає змінній  $x_i$ , тобто  $a_i^{jp} \in A_i, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, p = \overline{1, k_j}$ .

Дана матриця знань визначає систему логічних висловлювань типу “ЯКЩО”-ТО, “АБО”, яка пов’язує значення вхідних змінних  $x_1 \div x_n$  з одним із можливих типів рішення:

ЯКЩО ( $x_1 = a_1^{11}$ ) ТА ( $x_2 = a_2^{11}$ ) ТА ... ТА ( $x_n = a_n^{11}$ )  
 АБО ( $x_1 = a_1^{12}$ ) ТА ( $x_2 = a_2^{12}$ ) ТА ... ТА ( $x_n = a_n^{12}$ )  
 АБО ( $x_1 = a_1^{1k_1}$ ) ТА ( $x_2 = a_2^{1k_1}$ ) ТА ... ТА ( $x_n = a_n^{1k_1}$ ),  
 ТО, ЯКЩО ( $x_1 = a_1^{21}$ ) ТА ( $x_2 = a_2^{21}$ ) ТА ... ТА  
 ( $x_n = a_n^{21}$ ) АБО ( $x_1 = a_1^{22}$ ) ТА ( $x_2 = a_2^{22}$ ) ТА ... ТА  
 ( $x_n = a_n^{22}$ ) АБО ( $x_1 = a_1^{2k_1}$ ) ТА ( $x_2 = a_2^{2k_1}$ ) ТА ... ТА  
 ( $x_n = a_n^{2k_1}$ ), ТО  $y = d_2$ , АБО ..., ЯКЩО ( $x_1 = a_1^{m1}$ )  
 ТА ( $x_2 = a_2^{m1}$ ) ТА ... ТА ( $x_n = a_n^{m1}$ ) АБО ( $x_1 = a_1^{m2}$ )  
 ТА ( $x_2 = a_2^{m2}$ ) ТА ... ТА ( $x_n = a_n^{m2}$ ) АБО  
 ( $x_1 = a_1^{mk_m}$ ) ТА ( $x_2 = a_2^{mk_m}$ ) ТА ... ТА ( $x_n = a_n^{mk_m}$ )  
 ТО  $y = d_m$ ,

де  $d_j (j = \overline{1, m})$  – лінгвістична оцінка вихідної змінної  $y$ , яка визначається з терму-множини  $D$ ;  $a_i^{jp}$  – лінгвістична оцінка вхідної змінної  $x_i$  в  $p$ -му рядку  $j$ -ої диз’юнкції, яка вибирається з відповідного терму-множини  $A_i, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, p = \overline{1, k_j}$ ;  $k_j$  – кількість правил, які визначають значення вихідної змінної  $y = d_j$ .

Подібну систему логічних висловлювань назвемо нечіткою базою знань.

З використанням операцій  $\cup$  (ЧИ) та  $\cap$  (І) наведену систему логічних висловлювань можна записати в більш компактному вигляді:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[ \bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{jp}) \right] \rightarrow y = d_j, j = \overline{1, m}.$$

На підставі описаних вище вихідних даних необхідно опрацювати алгоритм прийняття рішення, який дасть змогу фіксованому вектору вхідних

змінних  $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*), x_i^* \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$  поставити у відповідність рішення  $y = D$ .

## Висновки

Запропонований підхід може бути використаний для формалізації опису процесу ідентифікації повітряних суден інформаційно-управляючими системами розвідки за допомогою продукційних моделей знань. У подальшому передбачається продовжити обґрунтування структури апарату формалізації процесу прийняття рішень з ідентифікації повітряних об’єктів.

## Список літератури

1. Куликов А. Н. Опознание требует консолидации усилий / А. Куликов // ВКО. – 2010. – № 6 [55]. – С. 42-49.
2. Антонович Г. Как искоренить “дружественный огонь” / Г. Антонович, А. Куликов // ВКО. – 2011. – № 1 [56]. – С. 28-35.
3. Куликов А.Н. Система идентификации вместо системы опознавания / А.Н. Куликов // Воздушно-космическая оборона. – М., 2009. – № 3. – С. 70-78.
4. Безкровний Д.В. Аналіз підходів до ідентифікації повітряних суден-загроз застосування терористичних атак в провідних країнах світу / Д.В. Безкровний, І.О. Ляшенко, І.М. Каркищенко, А.В. Козловський // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 1(27). – С. 250-252.
5. Куликов А. Опознавание как государственная боевая система / А. Н. Куликов // Воздушно-космическая оборона. – М., 2009. – № 6(49). – 34 с.
6. Куликов А. Н. Настоящее и будущее опознавания / А.Н. Куликов // Воздушно-космическая оборона. – М., 2007. – № 1. – 41 с.
7. Джексон П. Введение в экспертные системы. Третье изд.: Пер. с англ. / Питер Джексон – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2001. – С. 201-203.
8. Mc Carthy J. and Hayes P. (1969) / Some philosophical problems from standpoint of artificial intelligence. In Machine intelligence 4 (Meltzer B. and Michie D., eds.), p. 463-502. Edinburgh: Edinburgh University Press.
9. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. / А.П. Ротштейн // Винница: УНИВЕРСУМ, 1999. – 320 с.
10. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Гофман. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

Надійшла до редколегії 18.04.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Національний університет оборони України, Київ.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИМИ СИСТЕМАМИ РАЗВЕДКИ

И.А. Ляшенко, Е.В. Цветков, Д.В. Бескровный

Предлагается подход к формализации задачи идентификации воздушных судов информационно-управляючими системами разведки.

**Ключевые слова:** идентификация, воздушные суда, нечеткие множества, матрица знаний.

## AUTHENTICATION OF AIR SHIPS OF RECONNAISSANCE'S INFORMATI-C-MENEDGMENT SYSTEMS

I.O. Lyashenko, Ye.V. Zvetkov, D.V. Beskrovnyy

Offered approach to formalization task of authentication of air ships of reconnaissance's informatic-menedgment systems.

**Keywords:** authentication, air ships, fuzzy sets, matrix of knowledge's.