

УДК 351.814+355.02

А.М. Артеменко<sup>1</sup>, Г.В. Певцов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

<sup>2</sup> Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОДИКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС РОЗПІЗНАВАННЯ ЗАГРОЗЛИВИХ СИТУАЦІЙ У ПОВІТРІ

Стаття присвячена розробці методики класифікації повітряних об'єктів під час контролю використання повітряного простору України. Для вирішення задач присвоєння індексів належності повітряним об'єктам (ПО) запропоновані методи бінарних відношень та апарату нечіткої логіки. Обговорюються особливості їх використання для ідентифікації ПО. Описується процес класифікації та наводиться загальна структура алгоритму класифікації.

**Ключові слова:** радіолокаційна інформація, повітряна обстановка, повітряні об'єкти, класифікація повітряних об'єктів, класифікаційні ознаки, індекси належності повітряних об'єктів, ознаковий простір, бінарні відношення, нечітка логіка.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним з основних завдань чергових сил з протиповітряної оборони є припинення протиправних дій повітряних суден, якщо вони використовуються з метою здійснення терористичного акту у повітряному просторі. Це передбачає розпізнавання ситуацій у повітрі на підставі класифікації повітряних об'єктів (ПО) за відповідними класифікаційними ознаками. Класифікація повітряних об'єктів у Повітряних Силах Збройних Сил України здійснюється у процесі бойової роботи на розвідувально-інформаційних центрах командних пунктів. Її результатом є ідентифікація повітряного об'єкту та присвоєння відповідним повітряним судам (повітряним об'єктам) індексів належності, які визначені діючими керівними документами. Існуючі засоби автоматизації в ЗСУ не забезпечують автоматизоване вирішення відповідних завдань в повному обсязі. При цьому посадові особи керуються наказами та інструкціями, однак, як правило, класифікація об'єкту здійснюється емпірично й достовірність оцінки обстановки залежить від досвіду особи, яка приймає рішення. Необхідно розробити методику, яка б дозволила автоматизувати процес класифікації повітряних об'єктів та знизити ризик прийняття неправильних рішень, які є основними причинами неефективних дій по літаках-порушниках, а також необґрунтованого припинення польотів літаків, що виявляються надалі пасажирськими.

**Аналіз публікацій.** Процеси прийняття рішень щодо визначення розпізнавання ситуацій у повітрі на підставі класифікації повітряних суден у ході контролю повітряного простору традиційно вважаються найбільш складними з точки зору формалізації. Завдання класифікації об'єктів віршуються з використанням в основному двох основних підходів: прийняття рішень методами статистичних рі-

шень [1 – 3] на основі обрахунку деякої (статистичної) відстані між векторами ознак ситуацій за відомими критеріями близькості або схожості (оцінюється за мінімумом близькості векторів у просторі, який розглядається) та з використанням так званих інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (СППР) в рамках застосування засобів автоматизації [3 – 6]. Це пов'язане, у першому випадку з необхідністю формалізації багатомірної густини розподілу випадкових значень компонент багатомірного вектору, який повинен описувати ознаки загрозової ситуації у повітрі, а у другому випадку – з наявністю лінгвістичної невизначеності та нечіткості знань і даних про процеси прийняття рішень щодо класифікації ПО та про їх ознаки.

Існуючі підходи до формалізації процесів прийняття рішень з ідентифікації об'єктів не можуть повною мірою забезпечити необхідний рівень якості процесу прийняття рішень з розпізнавання загрозових ситуацій та класифікації ПО, що робить актуальним проведення досліджень щодо автоматизації процесу прийняття рішень під час контролю повітряного простору та присвоєння індексів належності усім повітряним об'єктам.

### Викладення основного матеріалу

Процес класифікації об'єктів можна представити наступним чином. Класифікація – встановлення належності повітряного об'єкта (ПО) до певного класу по заданій сукупності ознак. Нехай  $X$  – безліч описів (або класифікаційних ознак) об'єктів,  $Y$  – безліч індексів належності (або найменувань) класів. Необхідно побудувати алгоритм  $a: X \rightarrow Y$ , здатний класифікувати кожний виявлений у повітрі об'єкт  $x \in X$ . Таким чином, особа, яка приймає рішення стосовно належності ПО, оперує з двома множинами – множиною ознак поведінки повітряних

об'єктів та множиною індексів належності.

Під час здобування інформації від різних джерел та її обробки для прийняття рішення на пунктах управління Повітряних Сил поведінка ПС може бути описаною наступною сукупністю ознак [7, 8]:

- просторового положення;
- наявністю та складом планово-диспетчерської інформації по даному ПС;
- керованістю по командах із землі;
- наявністю та складом візуальної інформації про ПС;
- сигнальними ознаками по даним первинної локації;
- траєкторними ознаками;
- інформацією державного впізнання (ДВ) та вторинної локації.

Виходячи з аналізу сукупності виявлених ознак конкретного ПО йому привласнюється свій індекс належності, якій визначає ступень важливості та можливої загрози з боку кожного об'єкта у повітрі, політ котрого контролюється Повітряними Силами.

При цьому в процесі прийняття рішення по повітряному об'єкту особам бойової обслуги доводиться оперувати нечисловою інформацією типу: "ціль на запит не відповідає", "ціль маневрує" и т.п.

Ознаковий простір може містити різноманітні ознаки, які мають різні метрики, достовірність, темп оновлення, характер змін, ступінь взаємної залежності. Тому алгоритми розпізнавання, які розробляються, повинні надавати бойовій обслужі попередні та кінцеві результати аналізу в автоматичному режимі, забезпечувати оцінку ступеню достовірності рішень, що приймаються.

Визначимо основні підходи до складу методики класифікації повітряних об'єктів. Нечисловий характер інформації під час прийняття рішення вимагає використання нетрадиційних методів до задачі класифікації. Для її вирішення можна використовувати апарат нечіткої логіки та бінарних відношень.

Апарат бінарних відношень оперує з дихотомічними даними – тобто нулями й одиницями. Можна полягати, що множина ознак поведінки повітряних об'єктів та множина індексів приналежності знаходяться між собою в бінарних відношеннях, які можуть бути задані різними методами:

- списком;
- аналітично;
- графічно (з допомогою графів відношень);
- у вигляді таблиці;
- у вигляді матриці.

Найбільш наглядним та простим для вирішення задачі класифікації ПС є матричний вигляд. Бінарне відношення між індексами приналежності та ознаками об'єкта можна представити в вигляді таблиці і відповідної їй матриці:

$$\rho = [a_{ij}]_{m \times n},$$

$$\text{де } a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } a_i \rho d_j \\ 0, & \text{якщо } a_i \bar{\rho} d_j \end{cases}.$$

У випадку однозначної відповідності індекси приналежності та ознаки об'єкта знаходяться у відношенні, яке в теорії бінарних відношень відомо як відношення еквівалентності.

Нехай  $a_1 \dots a_i$  ознаки ПС,  $d_1 \dots d_j$  – індекси приналежності. Тоді таблиця може мати, наприклад, такий вид:

Таблиця 1

Бінарне відношення між індексами приналежності та ознаками об'єкта

	$d_1$	$d_2$	...	$d_j$
$a_1$	1	0	...	1
$a_2$	0	0	...	1
$a_3$	1	1	...	1
$a_4$	1	1	...	0
...	...	...	...	...
$a_{i-1}$	1	1		0
$a_i$	1	0		1

Тому для отримання ознак у бінарному виді необхідно провести їх дихотомізацію за допомогою класифікаційних процедур ієрархічного типу, які ґрунтовані на послідовному розбитті узагальненої ознаки на простір часткових (декомпозиції) – дивізімні процедури [9].

Нехай повітряний об'єкт має узагальнену ознаку: "відповідає на запит у міжнародних системах вторинної локації". Тоді процес дихотомізації полягає в послідовному розбитті узагальненої ознаки на простір часткових:

- а) відповідає в системі RBS;
- б) відповідає в системі Mk XA;
- в) відповідає спеціальним кодом.

Отримані часткові ознаки також деталізуються:

- а) відповідає в режимі А;
- відповідає в режимі С;
- б) відповідає в режимі 1;
- відповідає в режимі 2;
- відповідає в режимі 3/А;
- відповідає військовим кодом аварії;
- в) код відповіді 7500;
- код відповіді 7600;
- код відповіді 7700.

Тепер кожній частковій ознаці можна присвоїти значення "1" або "0".

Шляхом послідовного розбиття отримана сукупність з 9 нулів або одиниць. Ця сукупність визначає однозначну відповідність між її складом та індексами приналежності ПО. Бінарний ознаковий простір є

основою для формування матриці відповідності ознак і індексів належності ПО. Тобто кожному індексу належності належить визначений експертним шляхом набір бінарних ознак поведінки ПО.

Після формування бінарного простору детальних ознак повітряних об'єктів та заповнення матриці відповідності ознак поведінки індексам належності здійснюється процес зіставлення ознак поведінки ПО індексам належності.

Нехай матриця відповідності однозначно визначає зв'язок між ознаками ПС та їх індексами приналежності. Тоді між сукупністю ознак та відповідним індексом приналежності встановлюється відношення еквівалентності, тобто кожному індексу привласна загалом визначена сукупність нулів та одиниць. Однак в реальній ситуації рішення про індекс приналежності приймається за сукупністю ознак, яка не відповідає еталонній сукупності для цього індексу. При цьому між еталонною сукупністю ознак та сукупністю ознак при прийнятті рішення встановлюється відношення толерантності (схожості). Тому для отримання адекватних рішень необхідно використовувати відповідний підхід з використанням апарату нечіткого логічного висновку (систем з нечіткою логікою СНЛ).

Застосування апарату систем прийняття рішення з нечіткою логікою, обумовлено його високою ефективністю в складних, що важко формалізуються і погано структуруються, процесах, які можуть управлятися кваліфікованими операторами без використання специфічних знань, лежачих в основі динаміки функціонування цих процесів [11].

Процес класифікації ПО на базі СНЛ схематично представлений на рис. 1. При цьому вхідні дані можуть бути змінними, які можуть приймати значення в якому-небудь інтервалі, дискретними числами, або представлятися у вигляді виразів (термів) типу "більш, чім", або "менш, чім" (за принципом термометру). На підставі вхідних даних формується матриця знань, за допомогою якої блок логічного висновку приймає рішення о приналежності ПО до того або іншого класу.

База правил нечіткої логіки представляється набором нечітких конструкцій "IF-THEN", в яких передумови і висновки мають на увазі використання лінгвістичних змінних. Цей набір керівних правил нечіткої логіки (або нечітких тверджень, що управляють) характеризує зв'язок входу системи з її виходом наступним чином [10]:

$$\text{IF } x \text{ is } A_i, \dots, \text{AND } y \text{ is } B_i, \dots, \text{ THEN } z = C_i, \quad i = \overline{1, n},$$

де  $x, \dots, y$  і  $z$  — лінгвістичні змінні, що представляють змінні стану деякого керованого процесу і керівні змінні відповідно;

$A_i, \dots, B_i$  і  $C_i$  — лінгвістичні значення змінних  $x, \dots, y$  і  $z$  в наочних областях  $U, \dots, V$  і  $W$  відповідно.

Для випадку ідентифікації ПО  $x$  — це вектор детальних ознак ПО з його бінарними значеннями  $A_i$  матриці відповідності ознак поведінки індексам належності, встановлений для  $C_i$  індексу належності  $z$ ,  $y$  — реалізація, що аналізується і яка приймає значення  $B_i$ .

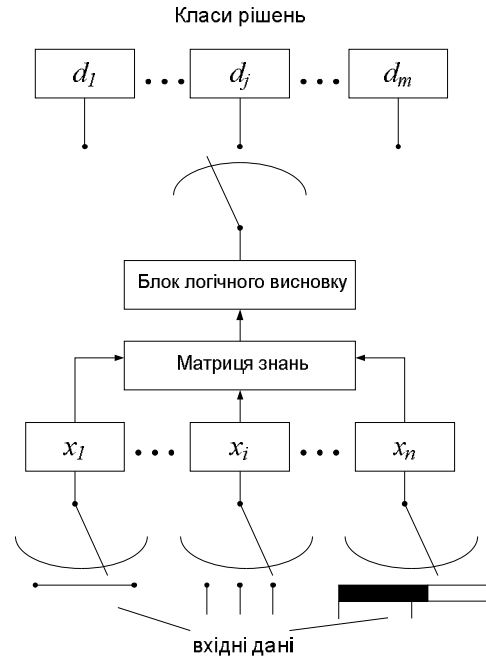


Рис. 1. Схема прийняття рішення на базі СНЛ

Для класифікації необхідно нечітка база знань виду:

$$\begin{aligned} &\text{КОЛИ } x_1=a_{1,j_1} \text{ I } x_2=a_{2,j_1} \text{ I } \dots \text{ I } x_n=a_{n,j_1} \text{ з вагою } W_{j_1} \\ &\text{АБО } x_1=a_{1,j_2} \text{ I } x_2=a_{2,j_2} \text{ I } \dots \text{ I } x_n=a_{n,j_2} \text{ з вагою } W_{j_2} \\ &\dots \\ &\text{АБО } x_1=a_{1,j_{k_j}} \text{ I } x_2=a_{2,j_{k_j}} \text{ I } \dots \text{ I } x_n=a_{n,j_{k_j}} \text{ з вагою } W_{j_{k_j}} \\ &\text{ТОДІ } y=d_i, \quad j=1 \dots m, \end{aligned}$$

де  $a_{jp}$  — нечіткий терм за допомогою якого оцінюється змінна  $x_i$  у правилі з номером  $j_p, p=1 \dots k_j, k_j$  — кількість правил, які описують клас  $d_i$ .

Ступені належності об'єкту  $X^*=(x^*_1, x^*_2, \dots, x^*_n)$  до класу  $d_i$  (індексу належності) розраховуються наступним чином:

$$\mu_{d_i}(X) = \max W_{j_p} \min(\mu_{j_p}(x^*_i)), \quad p=1 \dots k_j, \quad i=1 \dots n, \quad j=1 \dots m.$$

У якості рішення обирається індекс належності повітряного об'єкту з максимальним ступенем приналежності:

$$y^* = \arg \max (\mu_{d_1}(X^*), \mu_{d_2}(X^*), \dots, \mu_{d_m}(X^*)).$$

Вага для кожного правила, тобто міра упевненості експерта у адекватності правил, як і відповідності сукупності ознак логічному висновку признається експертним шляхом загодя.

У якості бази знань нечіткої логіки виступає матриця відповідності ознак поведінки індексам належності, встановлений для кожного індексу належності, від якої представлений у таблиці 2. За її складом її можна віднести до так званої сингтонної

бази знань як частий випадок баз знань Мамдани [10], тому як посилки завдані нечіткими множинами, а заключення правил – чіткими числами (індексами належності).

Таблиця 2

Матриця відповідності ознак поведінки індексам належності

$X_1$	$X_2$	...	$X_n$	$Y$
$a_{1,j1}$	$a_{2,j1}$	...	$a_{n,j1}$	$d_1$
$a_{1,j2}$	$a_{2,j2}$	...	$a_{n,j2}$	
...	...	...	...	
$a_{1,jk}$	$a_{2,jk}$	...	$a_{n,jk}$	$d_2$
$a_{1,i1}$	$a_{2,i1}$	...	$a_{n,i1}$	
$a_{1,i2}$	$a_{2,i2}$	...	$a_{n,i2}$	
...	...	...	...	...
$a_{1,ik}$	$a_{2,ik}$	...	$a_{n,ik}$	$d_n$
...	...	...	...	
$a_{1,m1}$	$a_{2,m1}$	...	$a_{n,m1}$	
$a_{1,m2}$	$a_{2,m2}$	...	$a_{n,mk}$	
...	...	...	...	

Висновок  $d_i$  може приймати значення класу (індексу належності) або нечіткого терму "ступень безпеки ПО". У випадку однозначної відповідності індекси приналежності та ознаки об'єкта знаходяться у відношенні еквівалентності. Тому у даному випадку можливе автоматичне визначення індексу належності по сукупності ознак, які дозволяють прийняти однозначне рішення.

Якщо сукупність ознак не відповідає еталонній сукупності для цього індексу необхідно автоматизоване ототожнення сукупності ознак з відповідним індексом належності, формування можливої оцінки індексу належності з видачею можливих варіантів рішення ОУР.

У процесі аналізу по сукупності ознак вхідної інформації (за типом джерела - автоматизоване, неавтоматизоване, військове, цивільне, за часом запізнення, за видом локаційних даних – первинний або вторинний локатор) формується лінгвістична змінна достовірності.

Вона може приймати наступні значення:

- "немає даних щодо достовірності";
- "низька достовірність даних";
- "дані достовірні";
- "дані достовірні, не підлягають уточненню".

У випадку, коли лінгвістична змінна достовірності приймає перші два значення, автоматична ідентифікація неможлива і дані підлягають уточненню.

Для отримання нечіткого логічного висновку необхідно визначити розмірність терм-множині, тобто визначити кількість значень  $v$  які може приймати логічний висновок. При цьому максимальна кількість правил  $Q$  для завдання залежності  $y=(x_i)$   $i=1...n$ , де  $n$  – кількість входів (ознак належності)

буде рівною [11]:

$$Q = v^n.$$

Кількість входів (ознак поведінки повітряних об'єктів) може досягати 90...100. Тому необхідно застосовувати ієрархічну систему нечіткого виводу. Тобто система прийняття рішення про присвоєння індексів належності на базі автоматів СНЛ повинна бути багатомірною, ієрархічною. Для цього декілька ознак об'єднується для отримання попереднього (проміжного логічного виводу), який потім використовується для формування загальної бази знань у якості входу. Для кожного з індексів належності будується дерево логічного висновку (рис. 2), де  $a_i$  - ознаки поведінки ПО (впливаючі фактори),  $f_i$  - згортки ознак (факторів),  $b_i$  - укрупнені ознаки,  $d$  - корінь дерева (індекс належності ПО).

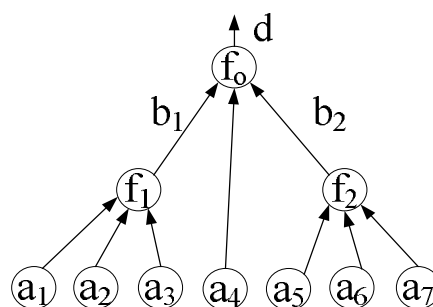


Рис. 2. Дерево логічного висновку

Пропонується наступна ієрархічна система ступенів ознак класифікації повітряних об'єктів.

На першому рівні, виходячи з необхідності швидкого відпрацювання рішення черговим силам щодо вжиття заходів відносно повітряного об'єкту, - «За ступенем загрози, необхідності дій обслуг командних пунктів Повітряних Сил». На цьому рівні пропонується ввести такі ознаки:

а) "Повітряна ціль", до цього класу пропонується відносити ПО, які здійснюють порушення вимог щодо порядку перетинання державного кордону та виконання польоту в зоні з особливим режимом використання повітряного простору, виконання повітряним судном польоту через зону обмеження польотів, небезпечну зону та зону, що належить до тимчасово зарезервованого повітряного простору, без відповідного дозволу під час її використання. Ця ознака відповідає індексу належності "Повітряний противник".

Відносно таких ПО необхідно негайно виконати відповідний комплекс не тільки адміністративних, але й "силових" заходів щодо припинення порушень;

б) "ПО – повітряна небезпека", до цього класу пропонується відносити ПО з сигналом "Біда", аварійними сигналами по системах Mk XA, RBS, повітряні судна, які є порушниками порядку використання повітряного простору.

Відносно таких ПО необхідно негайно виконати відповідний комплекс заходів, який передбачає

втручання Украероцентру або інших компетентних органів;

в) "ПО, що потребує уваги", до цього класу ПО можна віднести літерні літаки, контрольні цілі, літаки, які здійснюють польоти для проведення пошуково-рятувальних робіт, літаки тактичної авіації, які здійснюють перельоти, літаки ПС ЗС України, які здійснюють випробувальні польоти, літаки, які за своєю поведінкою не можуть бути віднесені до класу загрозливих, але можуть бути підозрілими, а також ПО з відповіддю кодом "Відсутність радіозв'язку" в системі RBS або ПО які не відповідають в жодній з систем ВРЛ.

Відносно цих ПО необхідно виконати відповідний комплекс заходів, що не потребує втручання з боку Украероцентру або інших компетентних органів, тобто відносно такого ПО необхідні лише додаткова увага або отримання додаткової інформації;

г) "Звичайний ПО", згідно діючих керівних документів до цього класу відносяться ПО, які виконують політ за планом, належність яких встановлена та вони не порушують порядок використання повітряного простору.

Ніякі додаткові дії з боку осіб бойової обслуги розвідувально-інформаційного центру (РІЦ) відносно такого ПО не потрібні (штатна ситуація);

д) "Невизначений ПО",

На другому рівні пропонується проводити ідентифікацію ПО "За належністю". На цьому рівні пропонується ввести такі ознаки:

а) за державною належністю:

- 1) "Свій";
- 2) "Чужий";
- 3) "Нейтральний";
- 4) «Не визначений»;

б) за призначенням:

- 1) "Військовий";
- 2) "Цивільний";
- 3) "Не визначений";

На третьому рівні пропонується ідентифікувати ПО "За основними ознаками", які визначені існуючими керівними документами з присвоєння індексів належності ПО.

На четвертому рівні пропонується ідентифікувати ПО "За підсилюючими ознаками", які не входять до переліку індексів належності, але можуть бути використані для визначення ступеня реальної загрози вчинення терористичного акту (згідно з [12] визначаються наступні ознаки: "повітряне судно – підозрювана загроза", "повітряне судно – правдоподібна загроза", "повітряне судно – підтверджена загроза".

Згортки ознак  $f_i$  здійснюються за правилами логічного висновку по нечітким базам знань. Для кожного рівня ієрархії складається база знань у вигляді матриці відповідності (матриці знань) ознак поведінки даної укрупненої ознаки.

Терму "індекс належності" доцільно встанови-

ти наступні значення тримірної логіки "приналежить індексу належності", "не належить індексу належності", "невизначено".

Процес ідентифікації ПО являє собою багатетапну процедуру, основні етапи котрої можна представити наступним чином:

відбір і аналіз інформації про повітряну обстановку, перевірка її на відповідність основним критеріям відбору для прийняття рішень, визначення ступеню її достовірності;

аналіз вхідних даних, визначення ознак поведінки ПО;

перетворення нечислової (семантичної) інформації ознак поведінки ПО у бінарний набір (простір) детальних ознак (дихотомізація);

автоматичне визначення індексу належності по сукупності ознак, які дозволяють прийняти однозначне рішення;

уточнення вхідних даних про ПО, по яких прийняття рішення ускладнено, за допомогою інших джерел або посиленних процедур розпізнавання;

автоматизоване ототожнення сукупності ознак з відповідним індексом належності, формування можливої оцінки індексу належності з видачею можливих варіантів рішення;

прийняття кінцевого рішення про індекс належності ПО.

На рисунку 3 наведений граф (алгоритм) прийняття рішення по ПО и привласнення йому ознаки "звичайний ПО".

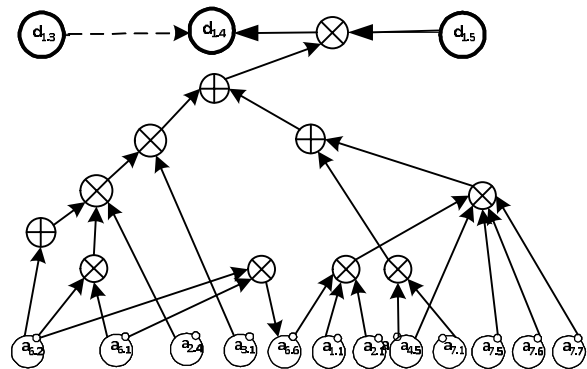


Рис. 3. Загальний граф (дерево рішень) по ПО класу "звичайний ПО"

На рис. 3 визначено:

⊗ – символ операції "логічне І";

⊕ – символ операції "логічне АБО";

$a_{ij}$  – бінарна ознака поведінки ПО;

o – знак того, що дані беруться з інверсією;

$d_{1,3}$ ,  $d_{1,4}$ ,  $d_{1,5}$  – класи об'єктів: "ПО, що потребує уваги", "звичайний ПО", "невизначений ПО" відповідно;

$a_{ij}$  – ознаки поведінки ПО:

$a_{6,2}$  - відповідає у системі ДВ (II режим);

$a_{6,1}$  - відповідає у системі ДВ (I режим);

$a_{2,4}$  - є планова інформація від військового диспетчера;

а<sub>3,1</sub> - є зв'язок, екіпаж виконує команди;  
 а<sub>6,6</sub> - не відповідає у системі ДВ;  
 а<sub>1,1</sub> - ПО на маршруті ОНР;  
 а<sub>2,1</sub> - є планова інформація про ПО;  
 а<sub>4,5</sub> - ПО на малій висоті;  
 а<sub>7,1</sub> - відповідає у системі RBS або Mk XA у штабному режимі А;  
 а<sub>7,5</sub> - код відповіді 7500;  
 а<sub>7,6</sub> - код відповіді 7600;  
 а<sub>7,7</sub> - код відповіді 7700.

На підставі дерева прийняття рішень та відповідно розробленому алгоритму записуються аналітичні вирази для його реалізації. Аналогічно будуються і алгоритми для інших класів (індексів належності) ПО.

### Висновки

1. Запропонований підхід дозволяє підвищити достовірність та оперативність класифікації об'єктів в повітрі.

2. Формалізація процесу прийняття рішень під час розпізнавання загрозливих ситуацій у повітрі надає можливість автоматизувати процес оцінювання ступеня загроз від ПО в повітрі та присвоєння індексів належності при здійсненні контролю повітряного простору.

3. Методика класифікації повітряних об'єктів та визначення ступеню загрози з їх боку може бути реалізована у перспективній АСУ авіацією та ППО Повітряних Сил.

### Список літератури

1. Ширман Я.Д. Радиозлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп./ Я.Д. Ширман, С.Т. Багдасарян, А.С. Маляренко и др. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
2. Леценко С.П. Информационный показатель качества систем радиолокационного распознавания / С.П. Леценко // Зарубежная радиозлектроника. Успехи современной радиозлектроники. – 1996. – № 11. – С. 64-66.

3. Ярушек В.Е. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек. – Х.: - ХВУ, 1993. – 446 с.

4. Грачев В.М. Методика распознавания классов воздушных объектов в АСУ ПВО с использованием однородной функциональной сети / В.М. Грачев, А.Н. Попрыгин // Сб. научн. Тр. ХВУ. Вып. 8. – Х.: ХВУ, 1995. – С. 49 – 54.

5. Володин М.И. Разработка методики определения важности нештатных ситуаций воздушной обстановки на этапе проектирования системы поддержки принятия решений / М.И. Володин, С.А. Олизаренко, Э.Ю. Першина // Системы обработки информации: сб. науч. праць ХУПС – Вып.4(44). – Х.: ХУПС, 2005. – С. 23 – 29.

6. Бондарев А.В. Искусственный интеллект: учебн. пособие для вузов / А.В. Бондарев, Ф.Г. Аде – Севастополь: Издательство СевНТУ, 2002. – 615 с.

7. Артеменко А.М. Вимоги до складу радіолокаційної інформації, необхідної для виявлення терористичних загроз з повітря / А.М. Артеменко, Г.Г. Камалтинов, О.С. Маляренко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Вып. 2(10). – К.: ДП ЦНДІ НУ, 2009. – С. 28-31.

8. Артеменко А.М. Проблеми уніфікації класифікації повітряних об'єктів для забезпечення міждержавного обміну інформацією про повітряну обстановку / А.М. Артеменко // Системи обробки інформації: сб. науч. праць ХУПС – Вып. 4(78). – Х.: ХУПС, 2009. – С. 6-9.

9. Орлов А.И. Теория принятия решений: учебное пособие / А.И. Орлов. – М.: Издательство «Март», 2004. – 656 с.

10. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.

11. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А.П. Ротштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ, 1999. – 320 с.

12. Порядок взаємодії з припинення протиправних дій повітряних суден, які можуть використовуватися для вчинення терористичних актів у повітряному просторі України у мирний час: Постанова Кабінету Міністрів України від 7 лютого 2007 р. N 153.

Надійшла до редколегії 1.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.Б. Леонтьєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МЕТОДИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ УГРОЖАЮЩИХ СИТУАЦИЙ В ВОЗДУХЕ

А.Н. Артеменко, Г.В. Певцов

Статья посвящена разработке методики классификации воздушных объектов во время контроля использования воздушного пространства. Для распознавания угрожающих ситуаций в воздухе и решения задач присвоения индексов принадлежности воздушным объектам (ВО) предложены методы бинарных отношений и аппарата нечеткой логики. Обсуждаются особенности их использования для идентификации ВО. Описывается процесс классификации и приводится методика а пример классификации воздушных объектов.

**Ключевые слова:** радиолокационная информация, воздушная обстановка, воздушные объекты, классификация воздушных объектов, классификационные признаки, индексы принадлежности воздушных объектов, признаковое пространство, бинарные отношения, нечеткая логика.

### METHOD OF MAKING A DECISION AT RECOGNITION OF THREATENINGS SITUATIONS IN AIR SPACE

A.M. Artemenko, G.V. Pevtsov

The article is devoted development of method of classification of air objects during control of the use of air space of Ukraine. For the decision of tasks of appropriation of indexes belonging the methods of binary relations and vehicle of fuzzy logic are offered to the air objects (AO). The features of their use come into a question for authentication AO. The process of classification is described and a general structure over of algorithm of classification is brought.

**Keywords:** radio-location information, air situation, air objects, classification of air objects, classification signs, indexes of belonging of air objects, space of characteristics, binary relations, fuzzy logic.