

УДК 004.825

В.М. Купрій

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СИМЕТРИЧНИХ СУМ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Стаття присвячена проблемі розпізнавання безпілотних літальних апаратів в системах підтримки прийняття рішень. Розглянуті ознаки повітряних об'єктів в системі радіолокаційної розвідки, які можуть бути використані для їх розпізнавання. Отримана оцінка імовірності правильного розпізнавання на прикладі тестової вибірки свідчить про доцільність реалізації запропонованих підходів в системах підтримки прийняття рішень для розпізнавання безпілотних літальних апаратів.

**Ключові слова:** розпізнавання безпілотних літальних апаратів, метод симетричних сум.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** Розпізнавання повітряних об'єктів (ПО) є одною з основних операцій радіолокаційної розвідки повітряного противника. Під розпізнаванням розуміють встановлення належності ПО до певного класу (або до певного типу всередині класу) [1]. Без своєчасного та правильного розпізнавання ПО неможливо правильно оцінити повітряну обстановку та прийняти адекватні рішення. В даний час актуальною науково-технічною задачею є створення систем підтримки прийняття рішень для оцінки повітряної обстановки [2].

Одним із можливих шляхів розпізнавання ПО в системах радіолокаційної розвідки є використання їх радіолокаційних портретів [3, 4]. Однак існуючий парк засобів радіолокації не забезпечує отримання радіолокаційних портретів ПО. Крім того, результати розпізнавання суттєво залежать від ракурсу цілі та повна помилка розпізнавання перевищує 40 % [4]. Таким чином, розпізнавання ПО в системі радіолокаційної розвідки з використанням їх радіолокаційних портретів є на цей час проблематичним.

Між тим, на даний час в системі радіолокаційної розвідки визначаються параметри траєкторії ПО (місцеположення та параметри руху) на кожен цикл огляду повітряного простору та в деяких випадках може бути оцінена ефективна поверхня розсіювання ПО (за даними РЛС з «аналоговим виходом»). В роботі [5] запропонований метод симетричних сум для визначення типу ПО на основі мережної моделі знань, який для тестової вибірки забезпечив імовірність правильного розпізнавання 64 %. В роботі [6] запропоновано додатково використовувати інтенсивність маневру по висоті та площинним координатам, що дозволило досягти імовірність правильного розпізнавання 79%. Останнім часом все більшого розвитку та використання набувають безпілотні літальні апарати (БЛА), що можуть використовувати-

ся для різних цілей. В роботах [5, 6] в тестових вибірках безпілотні літальні апарати не оцінювалися. Тому актуальною проблемою є оцінка результату використання методу симетричних сум для правильного розпізнавання безпілотних літальних апаратів.

**Мета статті** – представлення результату використання методу симетричних сум для розпізнавання багатоцільових БЛА.

### Виклад основного матеріалу

В роботі [5] для розпізнавання ПО використані наступні ознаки: висота та швидкість польоту, ефективна поверхня розсіювання (ЕПР), інтенсивність маневру та інтенсивність постановки перешкод. Оскільки діапазони значень цих ознак для більшості типів ПО перекриваються, ефективність їх розпізнавання виявляється недостатньою. Шляхом підвищення імовірності правильного розпізнавання ПО є залучення додаткової інформації про них для аналізу.

В роботі [6] в якості ознаки розпізнавання ПО додатково використовувалася інтенсивність маневру по висоті. Висота польоту ПО є одною з основних його характеристик як об'єкта радіолокації і підлягає обов'язковому вимірюванню в процесі радіолокаційного супроводження. Отже, інтенсивність маневру по висоті ПО може бути визначена алгоритмічними засобами на пунктах обробки радіолокаційної інформації або безпосередньо на РЛС.

Метод симетричних сум дозволяє обробляти неповну, неточну та різномірну інформацію про ПО, а саме така інформація, в основному, обробляється в системі радіолокаційної розвідки. Для використання методу симетричних сум [5, 6] всі кількісні ознаки формалізуються за допомогою нечіткого LR-інтервалу (рис. 1), а якісні ознаки – за допомогою функції можливості з областю визначення  $[0,1]$ .

Формалізовані якісні та кількісні ознаки поєднуються за допомогою асоціативною симетричною суми, яка розраховується за формулою 1 для кожного типу ПО.

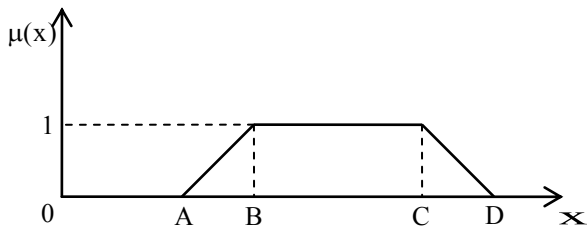


Рис. 1. Графічна ілюстрація LR-інтервалу

Рішення про тип ПО приймається за максимальним значенням симетричної суми:

$$\sigma(A_1, A_2, \dots, A_m) = \frac{\sum_{i=1}^m A_i - \prod_{i=1}^m A_i}{1 + \sum_{i=1}^m A_i - 2 \prod_{i=1}^m A_i} \quad (1)$$

Розподілення значень кількісних і якісних ознак ПО наведено в табл. 1 для таких типів ПО: бомбардувальник (Б), винищувач (В), повітряний командний пункт (ПКП), крилата ракета (КР), безпілотний літальний апарат (БЛА), постановник активних перешкод (ПАП)

Таблиця 1

Розподілення значень ознак повітряних об'єктів

Тип ПО	Швидкість, км/год				Висота, м				Інтенсивність перешкод			Інтенсивність маневру в площинних коорд.			Інтенсивність маневру по висоті		
	A	B	C	D	A	B	C	D	в	с	н	в	с	н	в	с	н
Б	800	1000	1500	2000	500	5000	15000	20000	0	0,4	1	0	0,4	1	0,1	0,5	0,3
В	500	1500	2500	3000	200	1000	8000	15000	0	0,4	0,7	1	0,6	0,1	0,8	0,5	0,1
ПКП	700	800	900	1000	3000	8000	9000	15500	0,3	0,5	0,9	0	0,5	1	0	0,1	0,9
КР	500	600	700	900	50	600	800	950	0	0,4	1	1	0,8	0	0	0,2	0,8
БЛА	80	110	300	900	10	1000	4000	18000	0,5	1	0,1	0	0,4	1	0	0,2	0,8
ПАП	600	700	800	950	100	3000	8000	12000	1	0,7	0,1	0,9	0,5	0,1	0,1	0,2	1

Якісні ознаки ПО задані трьома ступенями: високий (в), середній (с), низький (н).

Враховуючи результати роботи [6], ознаку ЕПР використовувати не будемо, з великої кількості БЛА при виборі параметрів LR-інтервалу скористуємося даними наведеними в [1] для багатоцільових безпілотних літальних апаратів.

Тестова вибірка ПО, яка використовувалась в роботі [5, 6], та результати розпізнавання ПО наведені в табл. 2. Як видно з табл. 2, імовірність правильного розпізнавання становить 78%, хоча для кожного типу ПО імовірність правильного розпізнавання в кожному випадку є різною. Ця імовірність майже співпадає з даними, що наведені в [6].

Таблиця 2

Тестова вибірка та результати розпізнавання повітряних об'єктів

№	Реальний тип ПО	Швидкість, км/год	Висота, м	Інтенсивність перешкод	Інтенсивність маневру		Результат розпізнавання
					в площин. коорд	по висоті	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Б	1000	5000	н	н	с	Б
2		1600	15000	н	с	с	Б
3		1200	10000	с	с	н	Б
4		960	1000	н	н	с	Б
5		1800	2000	н	с	н	В
6	ПКП	700	5000	с	н	н	ПКП
7		800	13500	н	н	н	ПКП
8		1000	2000	с	н	н	Б
9	В	700	900	с	с	в	КР
10		2300	10000	н	в	с	В
11		3000	15000	н	в	в	В
12	КР	500	60	н	в	н	КР
13		800	500	н	в	с	КР
14		900	900	н	в	н	КР
15	БЛА	110	100	н	н	н	БЛА
16		200	1500	в	н	н	БЛА
17		450	4600	в	н	н	БЛА

1	2	3	4	5	6	7	8
18		800	12000	н	н	н	ПКП
19	ПАП	700	900	в	с	н	ПАП
20		1100	3000	в	с	с	ПАП
21		1500	5000	в	в	н	В
22		2300	10000	в	в	н	ПАП
23		3000	15000	в	в	н	ПАП
Імовірність правильного розпізнавання							78%

### Висновки

1. Для розпізнавання безпілотних літальних апаратів в системах підтримки рішень доцільно використовувати такі ознаки: швидкість та висота польоту, інтенсивність маневру по площинним координатам, інтенсивність маневру по висоті, інтенсивність постановки перешкод. Дані ознаки можуть бути отримані автоматично в системі радіолокаційної розвідки за даним оглядових РЛС існуючого парку. Інтенсивність постановки перешкод ПО може бути визначена триангуляційним методом за даними пеленгаційних каналів РЛС. Хоча останнім часом майже будь-який ПО може бути обладнаний станціями постановки перешкод.

2. В якості математичного апарату для розпізнавання БЛА доцільно використовувати метод симетричних сум, який дозволяє отримувати логічно обгрунтовані рішення по неточним та різномірним даним про ПО. Імовірність правильного розпізнавання для тестової вибірки склала 78 %, що свідчить про можливість практичного використання даного методу для розпізнавання БЛА.

3. Для забезпечення максимальної імовірності правильного розпізнавання БЛА, розподілення значень ознак ПО в системі підтримки прийняття рішень повинно редагуватись відповідно до конкретних умов застосування, виходячи зі складу засобів повітряного нападу противника та способів їх бойового застосування.

4. В подальшому планується перевірити працездатність методу симетричних сум, якщо додати ще два типа ПО: літаки штурмової авіації та вертольоти.

### Список літератури

1. Тактика радіотехнічних військ: Навчальний посібник / За ред. Б.В. Бакуменка. – Х.: ХУ ПС, 2007. – 228 с.
2. Клімов С.Б. Метод формалізації знань про процес оцінки дій повітряного противника / С.Б. Клімов, С.А. Войтович, Я.Ю. Стасєва // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – № 3 (11). – С. 97-101.
3. Ширман Я.Д. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование / Я.Д. Ширман, С.А. Горшков, С.П. Леценко, Г.Д. Братченко, В.М. Орленко // Зарубежная радиоэлектроника: успехи современной радиоэлектроники. – 1996. – № 11. – С. 3-63.
4. Братченко Г.Д. Математичне моделювання розпізнавання повітряних цілей по радіолокаційним портретах на бічних ракурсах / Г.Д. Братченко, О.О. Бондаренко // Збірник наукових праць ХУ ПС. – Х.: ХУ ПС, 2007. – Вип. 2 (14). – С. 49-51.
5. Володін М.І. Метод визначення типу повітряного об'єкту / М.І. Володін, Е.Ю. Перишина, В.О. Капранов, Б.М. Шмоняк // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2007. – Вип. 1 (59). – С. 24-28.
6. Ковкін В.В. Розпізнавання повітряних об'єктів в системах підтримки прийняття рішень / В.В. Ковкін // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вип. 2 (76). – С. 62-64.

Надійшла до редколегії 28.05.2012

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

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СИММЕТРИЧНЫХ СУММ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В.Н. Куприй

Статья посвящена проблеме распознавания беспилотных летательных аппаратов в системах поддержки принятия решений. Рассмотрены характеристики воздушных объектов в системе радиолокационной разведки, которые могут быть использованы для их распознавания. Получена оценка вероятности правильного распознавания на примере тестовой выборки, свидетельствует о целесообразности реализации разработанных подходов в системах поддержки принятия решений для распознавания беспилотных летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** распознавание беспилотных летательных аппаратов.

### USE OF THE METHOD SYMMETRIC SUMS FOR IDENTIFICATION DRONES

V.N. Kuprii

The article is devoted the problem of identification drones in the decision support systems. Descriptions of air objects for their recognition in the air surveillance system are considered. The got estimation of probability of correct identification for the example of test selection show expedience of realization of the developed approaches in decision support systems for identification drones.

**Keywords:** identification drones.