

# Кібернетика та системний аналіз

УДК 623.765:681.513.6

П.Г. Бердник<sup>1</sup>, О.І. Тимочко<sup>2</sup>, В.В. Старцев<sup>2</sup>, Д.В. Головняк<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків

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

## МЕТОД АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ОБРОБЦІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПОВІТРЯНІ ОБ'ЄКТИ

*У статті запропонований метод автоматизації виявлення та розпізнавання конфліктних ситуацій при обробці радіолокаційної інформації, що призначений для рішення завдань виявлення та розпізнавання помилок роботи алгоритму об'єднання радіолокаційної інформації з врахуванням результатів його роботи та використанням методів прийняття рішень в умовах невизначеності. Метод дозволяє виконати перерозподіл завдань між ЕОМ й особою, що приймає рішення, за рахунок автоматизації рішення завдань виявлення й розпізнавання конфліктних ситуацій та отримати додаткові параметри, що підвищує оперативність та достовірність прийняття рішень при їх розв'язанні.*

**Ключові слова:** системи розпізнавання, конфліктна ситуація, об'єднання радіолокаційної інформації.

### Вступ

На пунктах управління повітряним рухом під час збору інформації про повітряну обстановку виникає завдання об'єднання повідомлень про повітряні об'єкти, що надходять від різних джерел радіолокаційної інформації (РЛІ).

Але відомі алгоритми об'єднання РЛІ не дозволяють виключити конфліктні ситуації (КС). Вони обумовлені помилками ототожнення, що приводять до перекручування моделі повітряної обстановки, що формується.

Аналіз діяльності операторів на автоматизованих пунктах управління (ПУ) повітряним рухом показав переважаність її допоміжними операціями, що пов'язані з отриманням необхідної інформації та її обробкою [1]. Так, понад 40% від загального часу вирішення задачі витрачається на виявлення та розпізнавання причин виникнення таких ситуацій. Одним з основних шляхів підвищення ефективності діяльності операторів є скорочення трудомістких нетворчих операцій. Ці операції можуть бути покладені на ЕОМ, що приведе до значного скорочення часу вирішення КС.

Таким чином, задача розробки методу автоматизації виявлення та розпізнавання конфліктних ситуацій при обробці радіолокаційної інформації є актуальною.

**Аналіз літератури.** Відомі наступні методи вирішення задачі розпізнавання [2 – 6].

При вирішенні задачі розпізнавання фізичні невизначеності успішно враховувалися за допомо-

гою методів теорії ймовірностей і математичної статистики [2, 4]. Структурні моделі розпізнавання були розвинуті у зв'язку з необхідністю рішення задач розпізнавання зображень, у тому числі й об'ємних.

Специфіка області використання даних моделей не дозволяє застосувати їх для рішення розглянутої задачі [4].

У логічних системах розпізнавання [3] класи й ознаки розглядаються як логічні перемінні, а всі відомості апріорного характеру про класи представляються у вигляді булевих співвідношень. Внаслідок значних обчислювальних витрат, дані методи не можуть бути використані для рішення розглянутої задачі.

У роботі [5] запропоновано розглядати процес розпізнавання об'єктів і ситуацій як погоджену фільтрацію.

У роботі [6] розроблена методика спільного використання ознакової інформації зі стохастичної і нестохастичної невизначеністю при розпізнаванні повітряних об'єктів на основі радіолокаційної інформації. Для представлення експертних знань і опису класів ознаками була використана ієрархічна мережа сценарних фреймів.

Аналіз літератури показав, що методи розпізнавання орієнтовані на певні типи даних і не дозволяють у явному виді врахувати знання про об'єкт, його взаємозв'язках і властивостях, що є характерним для людини, що ухвалює рішення щодо розпізнавання об'єкта.

**Мета статті.** Представити результати розробки методу автоматизації виявлення та розпізнавання

конфліктних ситуацій при обробці радіолокаційної інформації на ПУ в умовах неповноти, нечіткості й суперечливості вихідних даних у реальному масштабі часу.

### Основна частина

Аналіз задач, що стоять перед оператором ПУ при розв'язанні КС, дозволив виділити наступні часткові задачі, які необхідно вирішити при розробці методу автоматизації виявлення та розпізнавання конфліктних ситуацій при обробці РЛІ:

- формування інформаційних ознак (ІО), що описують КС;
- виявлення КС;
- класифікація й розпізнавання КС.

Завдання формування ІО, що описують КС вирішена в [7] шляхом аналізу алгоритму третинної обробки РЛІ. Результати формування ІО представлені в табл. 1.

Таблиця 1  
Інформаційні ознаки, що характеризують КС

ІО	Опис
k	Ознака грубого стробування за координатами
h	Ознака стробування за висотою
k <sup>T</sup>	Ознака точного стробування за координатами
v	Ознака стробування за швидкістю
q	Ознака стробування по курсу
g	Ознака ототожнення за державною приналежністю
u	Ознака ототожнення за номерами джерел
l	Ознака ототожнення за критерієм мінімальної відстані
l <sup>N</sup>	Ознака ототожнення при декількох повітряних об'єктах, що задовольняють умовам ототожнення.

Для вирішення завдання виявлення КС введемо наступні позначення:

S - множина ситуацій, які можуть виникнути при обробці РЛІ;

$\pi_k \in \Pi$ ,  $k = \overline{1, N}$  - множина ІО, які можуть характеризувати  $S_i \in S$ ;

$S_{КС}$  - множина КС,  $S_{КС} \in S$ ;

$\Pi(S_{КС})$  - опис  $S_{КС}$  за допомогою  $\Pi$ .

Завдання полягає в тому, щоб сформулювати правило, яке для заданої ситуації  $S_i$  за інформацією  $\Pi$  і описом  $\Pi(S_{КС})$  дозволяло б визначити значення предиката  $P(S_i \in S_{КС})$ , тобто:

$$P(S_i \in S_{КС}) = (Q(S_i, S_{КС}) \geq Q_{\text{порог}}), \quad (1)$$

де Q - міра близькості розпізнаваної ситуації  $S_i$  із класом  $S_{КС}$ ;

$Q_{\text{порог}}$  - граничне значення міри близькості, при якому приймається рішення про  $S_i \in S_{КС}$ .

Q звичайно розглядають як відображення на область значень функції:

$$Q(S_i, S_{КС}) \Rightarrow F(q_1, \dots, q_n),$$

де  $q_1, \dots, q_n$  - міри близькості значень параметрів  $\pi_1, \dots, \pi_n$  відповідно.

Тоді вираз (1) буде мати вигляд:

$$P(S_i \in S_{КС}) = (F(q_1, \dots, q_n) \geq Q_{\text{порог}}),$$

Таким чином, для рішення задачі виявлення КС необхідно ввести показник міри близькості значень параметрів, за якими розпізнається КС, а також функцію розрахунку міри близькості розпізнаваної ситуації з еталоном.

Показник міри близькості значень параметрів можна представити як імовірність помилки ототожнення повітряних об'єктів за заданим параметром. При цьому можливі КС, описані помилками 1-го й 2-го роду. Помилками першого роду називають такі помилки, які свідчать про наявність події, хоча реально даної події немає. Такі помилки часто називають помилковою тривоگو.

Відповідно помилками другого роду є випадки пропуску існуючої події.

Виключимо помилки 2-го роду через їхню незначність (3-5%) та розглянемо виявлення КС, що відповідають помилкам 1-го роду.

Використовуючи функцію правдоподібності прийняття гіпотез, отримаємо ймовірність виявлення КС:

$$P_{КС} = 2 \int_{R_{\pi_k}}^{\infty} f(\pi_k) d\pi_k = 2 \cdot \Phi(R_{\pi_k}, \pi_k),$$

де  $R_{\pi_k}$  - граничне значення параметра  $\pi_k$ ;

f - функція правдоподібності відповідної гіпотези;

$\Phi$  - функція Лапласа.

За міру близькості розпізнаваної ситуації до еталона використаємо показник, що характеризує можливість появи КС, заснований на ймовірності виявлення КС за кожною ознакою:

$$F_{КС} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N P_{КС\pi_k}. \quad (2)$$

Даний показник усереднює ймовірність появи КС за кожною ознакою, що дозволяє компенсувати випадкові викиди  $P_{КС\pi_k}$  у бік збільшення або зменшення, при загальному характері їхнього прояву [8].

Таким чином, вирішальне правило (1) з урахуванням (2) має вигляд:

$$P(S_i \in S_{КС}) = \left( \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=1}^N P_{КС\pi_k} \geq Q_{\text{порог}} \right).$$

Вибір  $Q_{\text{порог}}$  здійснюється на етапі дослідної експлуатації.

Для успішного розв'язання конфліктів обробки необхідно знати причину його виникнення. Тоді для

кожної причини КС можна сформувавши типовий план дій оператора з її розв'язання. Тому й виникає необхідність розпізнавання КС.

Необхідною умовою побудови системи розпізнавання КС є формування класів КС та їхній опис за допомогою набору ознак.

До основних причин виникнення КС і відповідних класів цих ситуацій віднесемо такі:

- помилки виміру координат цілей - клас «К»;
- помилки виміру висоти польоту цілей (у тому числі й відсутність таких вимірювань) - клас «Н»;
- помилки розрахунку курсу й швидкості польоту цілей - клас «Q»;
- помилки впізнавання - клас «G»;
- погрішності локації, що викликають розмноження траєкторій цілей - клас «U»;
- недосконалість алгоритму третинної обробки, що приводить до появи більше однієї траєкторії, що задовольняє умовам ототожнення - клас «L».

У ряді робіт [3, 5, 8, 9], вказується, що не всі ознаки відіграють однакову роль у процесі розпізнавання. Отже, при розпізнаванні ситуацій необхідно враховувати внесок кожної ознаки в сформовану ситуацію, віддаючи перевагу більш важливим. Це дозволяє спростити процес розпізнавання та уникнути невизначеності результату розпізнавання. У роботі [9] із цією метою ознаки ділять за ступенем їхньої значимості на групи і вирішують завдання розпізнавання окремо для кожної групи. У загальному випадку [3, 8] кожній ознаці ставлять у відповідність деяке число, що визначає його важливість для вирішення задачі. Важливість ознак оцінюють на основі експериментальних даних або на основі методу експертних оцінок.

Для рішення завдання розпізнавання КС в якості часткових показників можуть використовуватися значення  $P_{КС\pi k}$ , а важливістю показника є оцінка значимості ознак. Згідно [8], для вирішення задачі рекомендується використати метод результуючого показника якості, а саме, адитивний показник, тому що він дозволяє врахувати вплив всіх часткових показників.

Адитивний показник якості являє собою суму зважених нормованих часткових показників  $P_{КС\pi k}$  і має вигляд:

$$Q = \sum_{k=1}^N \omega_k P_{КС\pi k}, \quad (3)$$

де  $P_{КС\pi k}$  - нормоване значення k-го показника;

$\omega_k$  - ваговий коефіцієнт k-го показника, що має тим більшу величину, чим більше він впливає на якість системи;  $\sum_{k=1}^N \omega_k = 1$ ;  $\omega_k > 0$ .

Для формування показника належності класу КС скористаємося виразом (3) та експертними оцін-

ками, що отримані раніше. Результат представлений у табл. 2.

Таблиця 2

Показники належності класам КС

Класи КС ( $S_{КС}$ )	Показник належності класу КС
«К»	$Q_K = \omega_K P_{КСК} + \omega_{KT} P_{КСК}^T + \omega_I P_{КСК}$
«Н»	$Q_H = \omega_H P_{КСН}$
«Q»	$Q_Q = \omega_q P_{КСq} + \omega_v P_{КСv}$
«G»	$Q_G = \omega_g P_{КСg}$
«C»	$Q_C = \omega_C P_{КСC}$
«U»	$Q_U = \omega_u P_{КСu}$
«L»	$Q_L = \omega_{LN} P_{КСLN}$

Тоді правило приналежності S до класу КС буде виглядати:

$$S \in S_{КС_1}, Q_{S_{КС_1}} = \min(Q_K, Q_H, Q_Q, Q_G, Q_C, Q_U, Q_L).$$

Таким чином, всі частини завдання розробки методу автоматизації виявлення та розпізнавання конфліктних ситуацій при обробці радіолокаційної інформації на ПУ вирішені. Загальна схема методу представлена на рис. 1.

## Висновки

У статті запропонований метод автоматизації виявлення та розпізнавання конфліктних ситуацій при обробці радіолокаційної інформації на пунктах управління повітряним рухом.

Оснovoю методу становить формування інформаційних ознак і класифікація конфліктних ситуацій на основі аналізу алгоритмів обробки РЛІ та використання у якості вирішального правила методів прийняття рішень в умовах невизначеності.

Метод дозволяє скоротити час, затрачуваний оператором ПУ, на аналіз інформації й прийняття рішення з виявлення й розпізнавання конфліктних ситуацій обробки РЛІ.

## Список літератури

1. Павленко М.А. Моделирование деятельности оператора с использованием CASE-технологий при разработке перспективных средств автоматизации / М.А. Павленко // Системы обработки информации. - Вып. 6(80). - X.: ХУ ПС, 2009. - С. 89-92.
2. Горелик А.Л. Методы распознавания: Учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., испр. / А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин - М.: Высшая школа, 2004. - 260 с.
3. Васильев В.И. Распознающие системы. - Издание 2-е, перераб. и доп. / В.И. Васильев. - К.: Наукова думка, 1983. - 425 с.

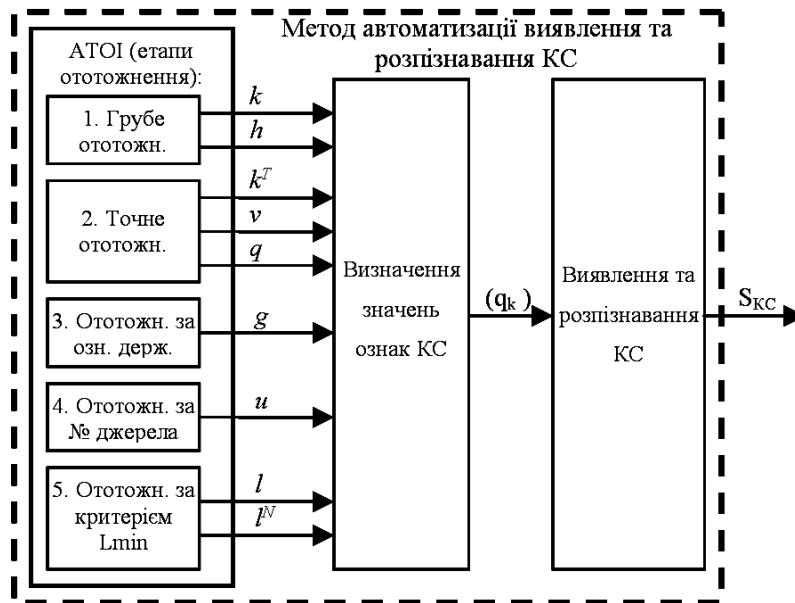


Рис. 1. Схема методу автоматизації виявлення та розпізнавання КС

4. Фомин Я.А. Статистическая теория распознавания образов / Я.А. Фомин, Г.Р. Тарловский. – М.: Радио и связь, 1986 – 264 с.

5. Павленко М.А. Формализованный опис знаний про процес відбору джерел воєнних засобів Повітряних Сил / М.А. Павленко, С.А. Войтович, М.І. Литвиненко // Системи обробки інформації. – Вип. 2(76). – Х.: ХУ ПС, 2009. – С. 30-35.

6. Селекция и распознавание на основе локационной информации / А.Л. Горелик, Ю.Л. Барабаш, О.В. Кривошеев, С.С. Эпштейн: под ред. А.Л. Горелика. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.

7. Підходи до розробки інформаційних моделей в системах підтримки прийняття рішень / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, М.М. Калмиков М.М., В.О. Капранов // Системи обробки інформації. – Вип. 1(68). – Х.: ХУ ПС, 2008. – С. 60–64.

8. Герасимов Б.М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – Севастополь: МО Украины, НАН Украины, НИЦ ВС Украины «Государственный океанариум», 2004. – 318 с.

9. Низиенко Б.И. Методика автоматизированного синтеза формализованных описаний знаний для распознавания воздушных объектов / Б.И. Низиенко, О.В. Шевченко, А.В. Александров // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 1. – С. 29-35.

Надійшла до редколегії 7.12.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Ілюшко, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського "ХАІ", Харків.

## МЕТОД АВТОМАТИЗАЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТАХ

П.Г. Бердник, А.И. Тимочко, В.В. Старцев, Д.В. Головняк

В статье предложен метод автоматизации обнаружения и распознавания конфликтных ситуаций при обработке радиолокационной информации, предназначенный для решения задач обнаружения и распознавания ошибок работы алгоритма объединения радиолокационной информации с учетом результатов его работы и использующий методы принятия решений в условиях неопределенности. Метод позволяет выполнить перераспределение задач между ЭВМ и лицом принимающим решения, за счет автоматизации решения задач обнаружения и распознавания конфликтных ситуаций, и получить дополнительные параметры, повышающие оперативность и достоверность принятия решений при их решении.

**Ключевые слова:** системы распознавания, конфликтная ситуация, объединение радиолокационной информации.

## AUTOMATIC METHOD DETECTION AND RECOGNITION CONFLICT WHEN PROCESSING RADAR DATA ON AIR OBJECTS

P.G. Berdник, O.I. Tymochko, V.V. Startsev, D.V. Golovnyk

The article introduces method of conflict situations distinguishing and recognizing automation while radiolocation data processing on the air commanding post, that is designed for solving problems connected with determining and identifying mistakes in uniting radiolocation information algorithm work taking into consideration results of its work and using making decisions methods under conditions of uncertainty. The method allows to redistribute tasks between the computer and the person responsible for making decisions while automation of distinguishing and identifying conflict situations tasks solving and to obtain additional parameters that increase decision making efficiency and reliability while solving them.

**Keywords:** distinguishing systems, conflict situation, uniting radiolocation information.