

# Обробка інформації в складних технічних системах

УДК 681.51

П.Г. Бердник

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

*Статья посвящена деятельности оператора в системах контроля за порядком использования воздушного пространства. Предложен метод определения информационных признаков конфликтных ситуаций возникающих при обработке радиолокационной информации, являющийся частью метода построения информационной модели по разрешению конфликтов.*

**Ключевые слова:** информационная модель, информационные признаки, радиолокационная информация, конфликтная ситуация.

### Введение

**Постановка проблемы.** В системе контроля за порядком использования воздушного пространства (СКВП) в интересах повышения достоверности оценки воздушной обстановки неизбежно возникает задача объединения информации о воздушных объектах (ВО), поступающей от разных РЛС. Такое объединение составляет основу третичной обработки радиолокационной информации (РЛИ).

В современных СКВП алгоритмы третичной обработки РЛИ (АТОИ) базируются на методах, описанных в работах [1, 2]. Вместе с тем, из-за ошибок оценки характеристик ВО возможны ситуации, при которых принимается ошибочное решение о том, что два формуляра принадлежат разным ВО. Назовем такие ситуации конфликтными (КС).

Однако высокий уровень автоматизации процессов обработки РЛИ не отменяет решающую роль оператора в разрешении КС. На пунктах управления (ПУ) он оценивает результаты функционирования АТОИ, дополнительные сведения о ВО и принимает окончательное решение об объединении ВО.

При разрешении КС оператор использует информационную модель (ИМ) воздушной обстановки. Она воспроизводится с помощью средств отображения индивидуального и коллективного пользования. В большинстве разрабатываемых ИМ недостаточно внимания уделяется разрешению КС. Например, снижение оперативности оценки воздушной обстановки операторами вызвано, в том числе, и значительными затратами времени на селекцию отображения ВО по различным параметрам.

Следовательно повышение достоверности и оперативности оценки обстановки и разрешения КС возможно, в частности, путем:

– формирования фрагментов ИМ, обеспечивающих оперативность оценки и разрешения возникающих КС;

– автоматизации распознавания КС и ее разрешение на основе ИМ.

**Анализ литературы.** Теоретические и методологические вопросы построения ИМ состояния элементов промышленных систем достаточно полно изложены в ряде работ, например, [4, 5]. Формирование ИМ в системе аналогичной СКВП рассмотрены в [5]. Эти и другие работы в рассматриваемой предметной области базируются на предположении, что информационные признаки, подлежащие отображению, известны. Однако во многих случаях формирование ИМ начинается с подбора информационных признаков (ИП), которые подлежат отображению.

**Цель статьи.** Разработка метода выбора характеризующих конфликтные ситуации в воздушном пространстве.

### Основная часть

Рассмотрим простейший АТОИ. Для этого введем следующие обозначения:  $v_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) – ВО, о котором поступила информация на ПУ;  $v_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) – сопровождаемый ВО;

Для обозначения положительного результата отождествления  $v_i$  и  $v_j$  используем знак « $\equiv$ », т.е.  $v_i \equiv v_j$ .

**1 этап.** Отождествление координат отметок ВО.

Исходные данные:

– множество ВО –  $N_i$ ;

– координаты  $(x, y)$  и высота  $(h)$   $v_i$  и  $v_j$ ;

–  $\Delta R$  – размер строка по координатам  $(x, y)$ ;

–  $\Delta H$  – размер строка по высоте.

Для характеристики результатов отождествления  $v_i$  и  $v_j$  введем признаки  $k_{ij}$  и  $h_{ij}$ :

$$k_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } (|x_i - x_j| \leq \Delta R) \wedge (|y_i - y_j| \leq \Delta R), \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (1)$$

$$h_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{при } \exists h_i \wedge \exists h_j \wedge |h_i - h_j| > \Delta H, \\ 1, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (2)$$

В результате выполнения правил (1), (2) формируется множество  $N_i^K$ , содержащее сопровождаемые объекты  $v_j$ , для которых выполняется условие  $(k_{ij} = 1) \wedge (h_{ij} = 1)$ . Кроме этого для детального анализа отождествления координат отметок ВО необходимо учесть следующее:

1) завершение отождествления для  $v_i$  при условии:

$$k_i = \sum_j k_{ij} = 0 \quad - v_i \neq v_j \quad (j = 1, 2, \dots, n); \quad (3)$$

2) отметка может принадлежать данной цели, но необходима дальнейшая проверка при условии:

$$k_i = \sum_j k_{ij} = 1 \quad - v_i \equiv v_j; \quad (4)$$

3) Если отождествление выполнилось более, чем для одного из ВО:

$$k_i = \sum_j k_{ij} \geq 1, \quad (5)$$

то для определения какому из  $v_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) принадлежит  $v_i$ . Необходимо осуществить переход к следующему этапу отождествления. В алгоритме не фиксируются следующие ситуации:

1)  $k_{ij} = 0, \quad h_{ij} = 1$ ; (6)

$$2) k_{ij} = \begin{cases} 0x, & \text{при } (|x_i - x_j| \leq \Delta R) \wedge (|y_i - y_j| > \Delta R), \\ 0y, & \text{при } (|x_i - x_j| > \Delta R) \wedge (|y_i - y_j| \leq \Delta R), \end{cases} \quad (7)$$

$$h_{ij} = 1;$$

3)  $k_{ij} = 1, \quad h_{ij} = 0$ . (8)

Таким образом, одной из причин КС может быть большая ошибка оценки одного из параметров ВО ( $x, y$  или  $h$ ), когда возможно решение:  $v_i \neq v_j$ . Это может быть.

**II этап.** Отождествление курса и скорости ВО.

Исходные данные:

- множество  $N_i^K$ , полученное на предыдущем шаге;

- $q_i, q_j$  – курс  $v_i$  и  $v_j$ ;
- $v_i, v_j$  – скорость  $v_i$  и  $v_j$ ;
- $\Delta Q$  – размер строга по курсу;
- $\Delta V$  – размер строга по скорости.

Для отождествления курса и скорости ВО могут применяться следующие правила отождествления:

$$q_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } \exists q_i \wedge \exists q_j \wedge |q_i - q_j| \leq \Delta Q, \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (9)$$

$$v_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } \exists v_i \wedge \exists v_j \wedge |v_i - v_j| \leq \Delta V, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (10)$$

В результате формируется множество ВО  $N_i^\Pi$  ( $N_i^\Pi \subset N_i^K$ ), для которых выполняется условие  $(q_{ij} = 1) \wedge (v_{ij} = 1)$ .

Таким образом, вследствие неточных измерений  $v, q$  и неверного определения маневра  $\mu$  возможны следующие ситуации:

$$1) q_{ij} = 0; \quad (11)$$

$$2) v_{ij} = 0. \quad (12)$$

Ситуации (11) и (12) алгоритм не фиксирует.

**III этап.** Отождествление признаков государственной принадлежности (ГП) ВО.

Исходные данные:

- множество  $N_i^\Pi$ ;

-  $\rho_i, \rho_j$  – признаки государственной принадлежности  $v_i$  и  $v_j$ , принимающие значения из множества {0 (не определен), 01 (чужой), 10 (свой), 11 («беда») }.

В этом случае ИП имеет следующие значения:

$$g_{ij} =$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{при } (\rho_i, \rho_j) \notin [(10, 01), (01, 10), (01, 11), (11, 01)] \\ 0, & \text{при } (\rho_i, \rho_j) \in [(10, 01), (01, 10), (01, 11), (11, 01)] \end{cases} \quad (13)$$

В результате формируется множество ВО  $N_i^{\Gamma\Pi}$  ( $N_i^{\Gamma\Pi} \subset N_i^\Pi$ ), для которых  $g_{ij} = 1$ .

По результатам выполнения III этапа возможны следующие ситуации:

$$1) g_i = \sum_j g_{ij} = 0 \quad - v_i \neq v_j; \quad (14)$$

$$2) g_i = \sum_j g_{ij} \geq 1 \quad - v_i \equiv v_j \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (15)$$

В данном случае причиной возникновения КС может быть ошибочная информация о государственной принадлежности  $v_i$  и  $v_j$ .

Ситуация (15) обеспечивает переход к выполнению IV этапа алгоритма.

**IV этап.** Отождествление по номерам источников РЛИ.

Исходные данные:

- множество  $N_i^{\Gamma\Pi}$ ; -  $\eta_i, \eta_j$  – номера источников, сопровождающих  $v_i$  и  $v_j$ .

Формирование признака отождествления по номерам источников  $i_{ij}$ :

$$i_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } \eta_i \neq \eta_j; \\ 0, & \text{при } \eta_i = \eta_j. \end{cases} \quad (16)$$

В результате формируется множество ВО  $N_i^H$  ( $N_i^H \subset N_i^{\Gamma\Pi}$ ), для которых  $i_{ij} = 1$ .

**V этап.** Отождествление по критерию минимального расстояния.

Исходные данные:

- множество  $N_i^H$ ;

– плоскостные координаты (x, y)  $v_i$  и  $v_j$ .

Правило отождествления на данном этапе можно представить в следующем виде:

$$I_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } \left[ \begin{aligned} & \left( L_{\min_i} \leq R1 \right) \vee \right. \\ & \left. \left[ \left( L_{\min_i} > R1 \right) \wedge \left( L_{\min_i} \leq R2 \right) \wedge \right. \right. \\ & \left. \left. \left( \left( N_i^n = 1 \right) \vee \left( \left( N_i^n > 1 \right) \wedge \left( "2 \text{ è } \zeta 4" \right) \right) \right) \right] \vee \right. \\ & \left. \left[ \left( L_{\min_i} > R2 \right) \wedge \left( "2 \text{ è } \zeta 4" \right) \right] \right] \\ 0, & \text{otherwise} \end{aligned} \right. \quad (17)$$

где  $L_{\min_i}$  – минимальное расстояние до  $v_i$ , вычисляемое по формуле:

$$L_{\min_i} = \min_j (R_{ij}); \quad (18)$$

$R_{ij}$  – расстояние между  $v_i$  и  $v_j$ :

$$R_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}; \quad (19)$$

$R1$  и  $R2$  – некоторые константы ( $R1 < R2$ );

«2 из 4» – правило выбора: выполнение заданного неравенства в двух из четырех последовательных донесений.

Если  $I_{ij} = 0$ , то принимается решение о завязке новой трассы для ПУ. Первый источник, обнаруживший цель, назначается приоритетным. Если  $I_{ij} = 1$ , то принимается решение, что  $v_i \equiv v_j$ , и выполняется операция обобщения данных по одной и той же цели (трассе) от разных источников. Обобщение производится для определения возможности использования координат и характеристик вновь поступившей информации для дальнейшего сопровождения.

На данном этапе возможны следующие КС, связанные с неточностями измерения координат:

$$1) I_{ij} = 1 \text{ и } N_i^n > 1; \quad (20)$$

$$2) I_{ij} = 0. \quad (21)$$

Таким образом, обобщенный признак отождествления двух ВО представляется как:

$$O_{ij} = k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge k_{ij}^T \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij}. \quad (22)$$

При этом  $v_i \equiv v_j$ , если  $O_{ij} = 1$ .

Однако на практике часто возникает конфликтные ситуации, их причинами являются: ошибки измерения координат, недостоверность и неполнота информации о ВО, несовершенство АТОИ. Причинами возникновения КС являются следующие:

1) ошибки оценки координат ВО:

$$- k_{ij} = 0(0x, 0y), h_{ij} \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} = 1; \quad (23)$$

$$- l_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} = 1; \quad (24)$$

2) несоответствие высоты ВО:

$$h_{ij} = 0, k_{ij} \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1; \quad (25)$$

3) несовпадение курса и скорости ВО:

$$- q_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge v_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1; \quad (26)$$

$$- v_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1; \quad (27)$$

$$- q_{ij} = 0, v_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1; \quad (28)$$

4) противоречивость признаков ГП:

$$g_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1; \quad (29)$$

5) наличие более одного ВО, для которых

$$O_{ij} = 1: I_{ij} = 1 \text{ и } N_i^n > 1.$$

## Выводы

1. Разработан метод определения информационных признаков, обеспечивающих выявление и разрешение операторами ПУ конфликтных ситуаций, возникающих при реализации алгоритмов третичной обработки РЛИ, отличающийся последовательным функциональным анализом основных этапов обработки РЛИ для выявления причин конфликтных ситуаций.

2. Определены информационные признаки, описывающие конфликтные ситуации, возникающие при работе одного из известных алгоритмов отождествления РЛИ.

## Список литературы

1. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
2. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация / С.З. Кузьмин. – К.: Квіц, 2000. – 428 с.
3. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1975. – 396 с.
4. Венда В.Ф. Видеотерминалы в информационном взаимодействии (инженерно-психологические аспекты) / В.Ф. Венда. – М.: Энергия, 1980. – 200 с.
5. Борозенец И.А. Метод формирования информационной модели воздушной обстановки / И.А. Борозенец // Вісник МСУ. „Технічні науки”. – X, 2002. – Том 5. – №7. – С. 9-12.

Поступила в редколлегию 20.11.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Е. Федорович, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК ДЛЯ ВИРІШЕННЯ КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ОБРОБЦІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

П.Г. Берднік

Стаття присвячена діяльності оператора в системах контролю за порядком використання повітряного простору. Запропоновано метод визначення інформаційних ознак конфліктних ситуацій, що виникають при обробці радіолокаційної інформації, що є частиною методу побудови інформаційної моделі з вирішення конфліктних ситуацій.

**Ключові слова:** інформаційна модель, інформаційні ознаки, радіолокаційна інформація, конфліктна ситуація.

**THE METHOD OF DEFINING THE INFORMATION SIGN FOR THE RESOLUTION OF CONFLICT SITUATIONS  
WHILE RADAR DATA PROCESSING**

P.G. Berdnik

*The article is devoted to the activities of the operator in the control systems for the order of air space. A method for determining the information signs conflicts arise when processing radar data, which is part of the method of building information model for conflict resolution.*

**Keywords:** *information model, information signs, radar data, conflict situation.*