

УДК 681.513

Е.А. Українець, Ю.В. Новиков, А.П. Глушко

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

## МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРИЗНАКОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

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

**Ключевые слова:** информационная модель, процесс принятия решения, системы управления.

### Вступ

**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). Современные СКВП оснащены комплексами средств автоматизации (КСА), в которых алгоритмы третичной обработки РЛИ (АТОИ) базируются на методах, разработанных, например, в работах [1]. Вместе с тем, в КСА 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).

Необходимо отметить, что даже при высоком уровне автоматизации решающая роль в разрешении КС отводится человеку. Оператор пункта управления (ПУ) оценивает результаты реализации АТОИ, дополнительные сведения о ВО и принимает окончательное решение об объединении ВО. При разрешении КС оператор использует информационную модель (ИМ) воздушной обстановки, воспроизводимую с помощью средств отображения индивидуального и коллективного пользования. Следует отметить, что в большинстве случаев при разработке ИМ недостаточно внимания уделяется разработке ее фрагментов, ориентированных на разрешение КС. Например, оператор для селекции отображения ВО по разным параметрам тратит значительное время. Из-за этого снижается оперативность оценки воздушной обстановки в целом. При разработке ИМ в интересах повышения достоверности и оперативности оценки обстановки и разрешения КС целесообразно решить следующие основные задачи: формирование фрагментов ИМ, обеспечивающих оперативность оценки и разрешения возникающих КС; автоматизации управления отображением информации на основе распознавания КС и предъявления оператору

того фрагмента ИМ, который обеспечивает разрешение этой ситуации.

**Анализ литературы.** Теоретические и методологические вопросы построения ИМ состояния элементов промышленных систем достаточно полно изложены в ряде работ, например, [2]. Формирование ИМ в системе аналогичной СКВП рассмотрены в [3]. Эти и другие работы в рассматриваемой предметной области базируются на предположении, что информационные признаки подлежащие отображению известны. Вместе с этим во многих случаях, формирование ИМ приходится начинать с подбора информационных признаков, которые подлежат отображению.

**Цель статьи:** выбор информационных признаков (ИП), которые характеризуют каждую из КС.

### Основной материал

Для формирования ИП рассмотрим простейший АТОИ, который можно условно разделить на несколько этапов. Кратко рассмотрим их содержание. Для обеспечения анализа содержания алгоритма 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.  $v_i \equiv v_j$ . В интересах формирования множества ИП кратко проанализируем содержание отдельных этапов варианта АТОИ.

**I 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.

Введем признаки  $k_{ij}$  и  $h_{ij}$ , характеризующие результаты отождествления  $v_i$  и  $v_j$ , которые формируются по следующим правилам:

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

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

В результате формируется множество  $N_i^K$ , содержащее те  $v_j$ , для которых  $(k_{ij} = 1) \wedge (h_{ij} = 1)$ .

**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. Правила отождествления:

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

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

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

**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 {00(не определен), 01(чужой), 10(свой), 11(«беда»)}. В этом случае ИП имеет значения:

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

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

**IV этап.** Отождествление по номерам источников РЛИ. Исходные данные: множество  $N_i^\rho$ ;  $\eta_i, \eta_j$  – номера источников, сопровождающих  $v_i$  и  $v_j$ . Формирование признака отождествления по номерам источников  $u_{ij}$ :

$$u_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } \eta_i \neq \eta_j \\ 0, & \text{при } \eta_i = \eta_j \end{cases}$$

В результате формируется множество ВО –  $N_i^H$  ( $N_i^H \subset N_i^\rho$ ), для которых  $u_{ij} = 1$ .

**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 как:

$$I_{ij} = \begin{cases} 1, & \left[ \left( L_{\min_i} > R1 \right) \wedge \left( L_{\min_i} \leq R2 \right) \wedge \left( \left( N_i^\Pi = 1 \right) \vee \left( \left( N_i^\Pi > 1 \right) \wedge \left( "2из34" \right) \right) \right) \right] \vee \left[ \left( L_{\min_i} > R2 \right) \wedge \left( "2из34" \right) \right] \vee \left( L_{\min_i} \leq R1 \right); \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

где  $L_{\min_i}$  – минимальное расстояние до  $v_i$ , вычисляемое по формуле  $L_{\min_i} = \min_j (R_{ij})$ ;  $R_{ij}$  – расстояние между  $v_i$  и  $v_j$ ,  $R_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ ;  $R1$  и  $R2$  – некоторые константы ( $R1 < R2$ ). На практике из-за ошибок измерения координат, недостоверности и неполноты информации о ВО, а также из-за несовершенства АТОИ нередко возникают ситуации, при которых  $v_i \equiv v_j$ , несмотря на то, что  $O_{ij} = 0$ . Такие ситуации относятся к конфликтным ситуациям.

**Выводы**

1. В статье предложен метод формирования информационного признака, обеспечивающих выявление и разрешение операторами ПУ конфликтных ситуаций, возникающих при реализации АТОИ. Основу этого метода составляет последовательный функциональный анализ основных этапов обработки РЛИ с целью выявления причин конфликтных ситуаций.

2. Сформированы информационные признаки, характеризующие конфликтные ситуации при использовании одного из известных алгоритмов отождествления РЛИ.

**Список литературы**

1. Методика розробки інформаційних елементів при формуванні інформаційної моделі / М.А. Павленко, А.В. Самокіш, П.Г. Берднік, С.І. Сімонов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2011. – Вип. 2 (92). – С. 112-115.
2. Зинченко В.П. Основы эргономики / В.П. Зинченко, В.М. Мунипов. – М.: Изд. МГУ, 1980. – 244 с.
3. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени / М.А. Павленко // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 9 (37). – С. 124-133.

Поступила в редколлегию 24.02.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. А.И. Тимочко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

**МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ОЗНАК ПРИ ОБРОБЦІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Є.О. Українець, Ю.В. Новіков, А.П. Глушко

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

**Ключові слова:** інформаційна модель, процес прийняття рішення, системи управління.

**FORMALIZATION OF TRAITS IN RADAR DATA PROCESSING**

E.A. Ukrainets, Y.V. Novikov, A.P. Glushko

The article is devoted to the activities of the operator control systems order the use of airspace. We propose a method of forming informational signs conflicts arising in the processing of radar data, which is part of the method of construction information model for conflict resolution.

**Keywords:** information model, decision-making process, the control system.