

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

к.т.н, проф. Ю.П. Пятков, к.т.н. Б.И. Низиенко, О.С. Бодяк
(представил проф. Б.Н. Судаков)

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.

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 – 3]. 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, [4, 5]. Формирование ИМ в системе аналогичной СКВП рассмотрены в [6]. 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. Важнейшим этапом формирования фрагментов ИМ является выбор информационных признаков (ИП), которые характеризуют каждую из КС. Решению этого вопроса посвящена настоящая статья.

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.

1 этап. *Отождествление координат отметок ВО.* Исходные данные:

- множество ВО – N_i ;
- координаты (x, y) и высота (h) v_i и v_j ;
- ΔR – размер строка по координатам (x, y);
- ΔH – 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 выполняются условия $(k_{ij} = 1) \wedge (h_{ij} = 1)$.

Кроме этого для детального анализа полезны следующие сведения:

1) $k_i = \sum_j k_{ij} = 0 - v_i \neq v_j$ ($j = 1, 2, \dots, n$). Завершение отождествления для v_i ;

для v_i ;

2) $k_i = \sum_j k_{ij} = 1 - v_i \equiv v_j$. Решение – отметка может принадлежать

данной цели, но необходима дальнейшая проверка;

3) $k_i = \sum_j k_{ij} \geq 1 -$ отождествление выполнилось более чем для од-

ного из ВО. Какому из v_j ($j = 1, 2, \dots, n$) принадлежит v_i ? Решение – переход к следующему этапу отождествления.

В алгоритме не фиксируются следующие ситуации:

1) $k_{ij} = 0, h_{ij} = 1$;

2) $k_{ij} = \begin{cases} 0x, & \text{при } (|x_i - x_j| \leq \Delta R) \wedge (|y_i - y_j| > \Delta R); \\ 0y, & \text{при } (|x_i - x_j| > \Delta R) \wedge (|y_i - y_j| \leq \Delta R); \end{cases} h_{ij} = 1;$

3) $k_{ij} = 1, h_{ij} = 0$.

Таким образом, из-за большой ошибки оценки одного из параметров ВО (x, y или h) возможно решение $v_i \neq v_j$, что может быть одной из причин КС.

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 ;

– ΔQ – размер строга по курсу;

– ΔV – 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^{Π} ($N_i^{\Pi} \subset N_i^K$), для которых выполняется условие $(q_{ij} = 1) \wedge (v_{ij} = 1)$.

Таким образом, вследствие неточных измерений v , q и неверного определения маневра μ возможны следующие ситуации: $q_{ij} = 0$; $v_{ij} = 0$. Это алгоритм не фиксирует.

III этап. Отождествление признаков государственной принадлежности (ГП) ВО. Исходные данные:

– множество $N_i^{\text{П}}$;

– ρ_i, ρ_j – признаки государственной принадлежности v_i и v_j , принимающие значения из множества $\{00(\text{не определен}), 01(\text{чужой}), 10(\text{свой}), 11(\text{«беда»})\}$.

В этом случае ИП имеет следующие значения:

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

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

По результатам III этапа возможны следующие ситуации:

$$1) g_i = \sum_j g_{ij} = 0 - v_i \neq v_j.$$

$$2) g_i = \sum_j g_{ij} \geq 1 - v_i \equiv v_j \quad (j = 1, 2, \dots, n). \text{ Решение – переход к IV этапу.}$$

В данном случае причиной возникновения КС может быть ошибочная информация о ρ_i, ρ_j .

IV этап. Отождествление по номерам источников РЛИ. Исходные данные:

– множество $N_i^{\text{ГП}}$;

– η_i, η_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 – $N_i^{\text{H}} \left(N_i^{\text{H}} \subset N_i^{\text{ГП}} \right)$, 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 в виде:

$$l_{ij} = \begin{cases} \text{при } (L_{\min_i} \leq R1) \vee \\ \left[(L_{\min_i} > R1) \wedge (L_{\min_i} \leq R2) \wedge \left((N_i^n = 1) \vee \left((N_i^n > 1) \wedge ("2\text{из}4") \right) \right) \right] \vee \\ \left[(L_{\min_i} > R2) \wedge ("2\text{ из } 4") \right]; \\ 0, \quad \text{в противном случае,} \end{cases}$$

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

$L_{\min_i} = \min_j (R_{ij})$; $R1$ и $R2$ – некоторые константы ($R1 < R2$); R_{ij} – расстояние

между v_i и v_j , $\left(R_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \right)$; «2 из 4» – правило: выполнение

заданного неравенства в двух из четырех последовательных донесений.

В случае $l_{ij} = 0$ принимается решение о завязке новой трассы для ПУ. Первый источник, обнаруживший цель, назначается приоритетным.

В случае $l_{ij} = 1$ 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) $l_{ij} = 1$ и $N_i^n > 1$; 2) $l_{ij} = 0$.

По результатам реализации всех этапов можно представить признак отождествления двух ВО: $O_{ij} = k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge k_{ij}^T \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge и_{ij} \wedge l_{ij}$; при этом $v_i \equiv v_j$, если $O_{ij} = 1$.

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.

Классифицируем ИП по признаку причины возникновения КС, к которым относятся следующие:

1) ошибки оценки координат ВО:

– $k_{ij} = 0(0x, 0y)$, $h_{ij} \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge и_{ij} = 1$;

– $l_{ij} = 0$, $k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge и_{ij} = 1$;

2) несоответствие высоты ВО: $h_{ij} = 0$, $k_{ij} \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge и_{ij} \wedge l_{ij} = 1$;

- 3) несовпадение курса и скорости ВО:
 $- q_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge v_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1;$
 $- v_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge q_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1;$
 $- q_{ij} = 0, v_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge g_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1;$

- 4) противоречивость признаков ГП:
 $g_{ij} = 0, k_{ij} \wedge h_{ij} \wedge v_{ij} \wedge q_{ij} \wedge i_{ij} \wedge l_{ij} = 1;$

- 5) наличие более одного ВО, для которых $O_{ij} = 1: l_{ij} = 1$ и $N_1^n > 1$.

Выводы. 1. В статье предложен метод формирования информационных признаков, 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
2. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. – К.: КВИЦ, 2000. – 428 с.
3. Розробка методів та алгоритмів вторинної та третинної обробки інформації про повітряну обстановку для комплексів засобів автоматизації "Ореанда". Звіт про НДР.–. – Х.: НЦ ВППО, 2003. – 101 с.
4. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации. – М.: Машиностроение, 1975. – 396 с.
5. Венда В.Ф. Видеотерминалы в информационном взаимодействии (инженерно-психологические аспекты). – М.: Энергия, 1980. – 200 с.
6. Борозенец И.А. Метод формирования информационной модели воздушной обстановки // Вісник МСУ. Технічні науки. – Х., 2002. – Т. 5. – № 7. – С. 9 – 12.

Поступила 23.11.2004

ПЯТКОВ Юрий Павлович, канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры Харьковского университета Воздушных Сил. В 1964 году окончил АРТА. Область научных интересов – промышленный дизайн и эргономика.

НИЗИЕНКО Борис Иванович, канд. техн. наук, доцент, начальник управления Объединенного научно-исследовательского института ВС. В 1992 году окончил ВИРТА ПВО. Область научных интересов – искусственный интеллект.

БОДЯК Олег Станиславович, старший научный сотрудник Объединенного научно-исследовательского института ВС. В 1994 году окончил Харьковский военный универси-

тет. Область научных интересов – автоматизация процессов принятия решений.