

УДК 621.3

В.М. Грачев, В.А. Корнеев, И.Л. Костенко, Ю.Н. Добрышкин

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков***КОМПЛЕКСНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБЪЕДИНЕНИЯ
КООРДИНАТНОЙ И ПРИЗНАКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ
РАЗНОТИПНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

В статье предлагается комплексная модель процесса объединения радиолокационной информации о объектах наблюдения с учетом координатных и признаков измерений. Модель позволяет совместно решать задачи отождествления измерений – оценивания координат и параметров движения – распознавания типов воздушных объектов и обеспечивает повышение показателей оперативности, достоверности и точности выходной информации про воздушную обстановку.

Ключевые слова: объединение информации, источник информации, групповой объект.

Введение

Известные подходы к решению задачи объединения радиолокационной информации (РЛИ) от нескольких радиолокационных комплексов (РЛК) реализуют принципы поточечной и совместной обработки данных радиолокационных измерений. Алгоритмы объединения радиолокационных данных реализованы во многих комплексах средств автоматизации систем УВД и ПВО. В то же время известные методы и алгоритмы объединения информации используют информацию только про координатные параметры объектов наблюдения.

Информация о признаковых параметрах объектов наблюдения используется отдельно и только для распознавания типов и классов объектов. Это не соответствует принципу совместной обработки разнородной информации и снижает показатели эффективности ее объединения.

В интересах разработки математического обеспечения информационной подсистемы АСУ и, конкретнее, методов и алгоритмов объединения радиолокаци-

онной информации, необходимо провести моделирование процесса пространственно-временного объединения радиолокационной информации.

Комплексная информационная модель процесса объединения информации является теоретической основой задачи объединения информации в АСУ. Она должна включать:

– частные информационные модели воздушной обстановки и радиоэлектронной обстановки в зоне ответственности информационной подсистемы;

– частные информационные модели локационного наблюдения координатных и признаков данных с учетом построения устройств первичной обработки сигналов и данных на разнотипных источниках информации;

– обобщенную информационную модель, связывающую неизвестные искомые параметры воздушной обстановки и параметры локационного наблюдения координатных и признаков данных воздушных объектов.

Цель статьи. Разработка комплексной информационной модели процесса объединения координ-

натной и признаковой информации в системе разнотипных радиолокационных комплексов в АСУ.

Постановка задачи. Будем считать, что в зоне ответственности информационной подсистемы АСУ Ω находится некоторое число движущихся воздушных объектов. Число ВО $n(t)$ не известно и, в общем случае, случайно. Значения составляющих векторов состояния объектов $\vec{\mu}_i(t)$ ($i = \overline{1, n}$) также являются неизвестными и, в общем случае, случайными величинами. Исходя из этого, воздушная обстановка может быть описана с использованием математического аппарата теории случайных потоков [1, 3].

Основной материал

При описании воздушной обстановки в области Ω , контролируемой системой из S разнотипных радиолокационных комплексов, необходимо учитывать, что наблюдаются объекты различных классов и типов. Они существенно различаются по способам боевого применения, летно-техническим характеристикам, форме и размерам, что отражается на их траекторных и сигнальных признаках, получаемых разнотипными источниками информации. Исходя из этого, в пространство параметров потока ВО необходимо ввести некоординатные характеристики каждого ВО – его класс и тип \bar{T}_i , которые определяют вид вектора наблюдаемых разнородных признаков ВО \vec{x}_i , $i = \overline{1, n(t)}$.

Далее будем рассматривать ВО двух классов: класс одиночных ВО – $T_{од}$ и класс групповых ВО – $T_{гр}$. Каждый класс ВО включает в себя объекты нескольких типов: класс одиночных ВО включает типы $T_{од} = (T_{од1}, T_{од2}, T_{од3}, \dots)$. Класс групповых объектов включает типы $T_{гр} = (T_{гр1}, T_{гр2}, T_{гр3}, \dots)$.

Считаем, что каждый ϕ -й радиолокационный (активный или пассивный) комплекс производит обзор пространства по азимуту с темпом T_0 , при этом в каждом обзоре с выхода системы первичной обработки выдаются результаты обнаружения-измерения (цифровые отметки), включающие в свой состав, в зависимости от типа комплекса, координатные и признаковые параметры. Результаты измерений значений координатных и признаковых параметров характеризуются случайными ошибками, случайными результатами правильного обнаружения и ложного обнаружения, статистические характеристики которых задаются с определенной точностью и достоверностью.

Под признаковыми данными будем понимать:

- траекторные признаки;
- сигнальные амплитудные признаки (от активных РЛК);

- сигнальные частотно-временные признаки (от комплексов пассивной локации).

Рассмотрим три возможных варианта реализации первичной обработки сигналов в РЛК при наблюдении группового воздушного объекта, которые определяются разрешающей способностью РЛК по координатам и расстояниями между элементами группы:

- наблюдаемый групповой объект для РЛК является полностью разрешаемым и на выходе РЛК формируется несколько разрешенных отметок (с учетом возможных пропусков максимальное количество отметок в группе равно количеству элементов группового объекта). Данный вариант наблюдения практически соответствует наблюдению потока одиночных объектов;

- наблюдаемый групповой объект для РЛК является не разрешаемым полностью и на выходе РЛК формируется одна неразрешенная отметка, включающая измерения координат и измерение амплитуды суммарного сигнала;

- наблюдаемый групповой объект для РЛК является частично не разрешаемым и на выходе РЛК формируется несколько отметок (с учетом возможного не разрешения отдельных элементов группы и пропусков количество отметок может изменяться от нуля до количества элементов группового объекта). Измеренные координаты каждой разрешенной отметки соответствуют координатам соответствующего элемента группового объекта, измеренные координаты каждой не разрешенной отметки соответствуют координатам центра тяжести не разрешаемых объектов; измерения амплитуды сигнала проводятся для каждой из отметок.

Необходимо отметить, что один и тот же групповой объект может быть для разных РЛК полностью не разрешаемым, частично не разрешаемым и полностью разрешаемым. Это определяется не только характеристиками РЛК и взаимным расположением элементов группового объекта, но и ракурсом, под которым наблюдается данный групповой объект тем или иным РЛК. Так, звено тактической авиации в боевом порядке типа колонна будет достоверно разрешаться по дальности тем РЛК, в направлении которого движется группа, и не будет разрешаться РЛК, относительно которого группа проходит на параметре.

Будем считать, что измерения координат \vec{y}_i и признаковые измерения x_i , полученные РЛК по групповому полностью не разрешаемому объекту, являются случайными величинами и описываются совместной условной многомерной плотностью распределения $f(\vec{y}_i, x_i / \vec{\mu}_{грj}, T_{грj})$, соответствующей групповому объекту типа $T_{грj}$ с вектором координатных параметров $\vec{\mu}_{грj}$. Конкретный вид функции $f(\vec{y}_i, x_i / \vec{\mu}_{грj}, T_{грj})$, в общем случае, определяется

параметрами группового воздушного объекта, а также характеристиками РЛК, характеризующими его возможности по обнаружению-разрешению-измерению координат групповых воздушных объектов и возможности по получению признаков групповых воздушных объектов.

Выражение для совместной условной плотности распределения измерений при наблюдении группового неразрешаемого объекта представим в виде [1, 3]:

$$f(\bar{y}_i, x_i, / \bar{\mu}_{грj}, T_{грj}) = f(\bar{y}_i / \bar{\mu}_j, x_i) f(x_i / \bar{\mu}_{грj}, T_{грj}) \times D(\bar{\mu}_{грj}, T_{грj}) + [1 - D(\bar{\mu}_{грj}, T_{грj})], \quad (1)$$

где $f(\bar{y}_i / \bar{\mu}_{грj}, x_i)$ – условная ПРВ измерений координат центра группового ВО; $f(x_i / \bar{\mu}_{грj}, T_{грj})$ – условная ПРВ измерений признакового параметра (суммарной амплитуды сигнала) группового ВО; $D(\bar{\mu}_{грj}, T_{грj})$ – вероятность обнаружения сигнала группового ВО; $\mu_{грj} = (\mu_j, N_j, \Delta\mu_{j1}, \dots, \Delta\mu_{jN_j})$ – вектор состояния группового объекта; \bar{y}_i – вектор измерения координат центра неразрешенной отметки; x_i – измерение суммарной амплитуды сигнала неразрешенной отметки; $\bar{\mu}_i$ – вектор координатных параметров центра группового объекта; N_i – количество элементов в групповом объекте; $\Delta\mu_{j1}, \dots, \Delta\mu_{jN_j}$ – отклонения по координатам элементов группового объекта от условного центра.

Будем считать, что плотности распределения вероятностей

$$f(\bar{y}_i / \bar{\mu}_j, x_i) \text{ и } f(x_i / \bar{\mu}_j, T_j)$$

измерений координат и амплитуды сигнала для неразрешенной отметки цели j -го типа являются независимыми, а закон распределения ошибок измерения координат и признаков – гауссовским.

Плотность распределения вероятности события, состоящего в том, что в результате наблюде-

ния φ -м источником РЛИ области Ω_φ получено ℓ ложных отметок, с векторами координат $\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_\ell$, и признаками x_1, \dots, x_ℓ , определяется из выражения [1–3]:

$$\omega_1(\ell; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_\ell; x_1, \dots, x_\ell; \Omega_\varphi) = \prod_{i=1}^{\ell} v(\bar{y}_i, x_i) \times \exp \left\{ - \int_{(\Omega_s)} v(\bar{y}, x) d\bar{y}_\Sigma dx_\Sigma \right\}. \quad (2)$$

Плотность распределения вероятности измерений координат центра неразрешенной отметки при наблюдении группового объекта представим в следующем виде:

$$f(\bar{y} / \mu_{гр}, T_{гр}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(K_{\bar{y}^{HP}})} \times \exp \left[- \frac{1}{2} (\bar{y} - M_{\bar{y}^{HP}}) K_{\bar{y}^{HP}} (\bar{y} - M_{\bar{y}^{HP}})^T \right], \quad (3)$$

где \bar{y} – измерение вектора координат центра неразрешенной отметки;

$$M_{\bar{y}^{HP}} = \bar{\mu}_{гр} + \frac{1}{N_i} \sum_{i=1}^{N_i} \Delta\bar{\mu}_i -$$

МОЖ координат центра неразрешенной отметки; N_i – количество элементов в групповом объекте; $K_{\bar{y}^{HP}}$ – КМО измерения вектора координат неразрешенной отметки.

Будем считать, что измерения координат и амплитуды сигнала для неразрешенной отметки цели j -го типа являются независимыми, а закон распределения ошибок измерения координат и признаков – гауссовским.

Исходя из этого, поток неразрешенных отметок для групповых ВО с учетом измерений координат и амплитуды сигнала целесообразно представить математической моделью потока Бернулли, а выражение для системы условных ПРВ, описывающей данный поток, будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \omega_0(\ell^{HP} = 0 / n_{гр}; \bar{\mu}_{гр1}, \dots, \bar{\mu}_{грn_{гр}}; T_{гр1}, \dots, T_{грn_{гр}}) &= \prod_{j=1}^{n_{гр}} [1 - D(\bar{\mu}_{грj}, T_{грj})], \text{ при } \ell^{HP} = 0 \\ \omega_1(\ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}} / n_{гр}; \bar{\mu}_{гр1}, \dots, \bar{\mu}_{грn_{гр}}; T_{гр1}, \dots, T_{грn_{гр}}) &= \prod_{j=1}^{n_{гр}} [1 - D(\bar{\mu}_{грj}, T_{грj})] \times \\ \times \sum_{\substack{j_1, \dots, j_{\ell} \\ j_\alpha \neq j_\beta \\ \alpha \neq \beta}}^{n_{гр}} \prod_{m=1}^{\ell} \frac{D(\bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m}) f(\bar{y}_m^{HP} / \bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m}) f(x_m^{HP} / \bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})}{[1 - D(\bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})]}, \text{ при } 0 < \ell^{HP} \leq n_{гр} \\ \omega_1(\ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}} / n_{гр}; \bar{\mu}_{гр1}, \dots, \bar{\mu}_{грn_{гр}}; T_{гр1}, \dots, T_{грn_{гр}}) &= 0, \text{ при } \ell^{HP} > n_{гр}, \end{aligned} \right. \quad (4)$$

где ℓ^{HP} – количество неразрешенных отметок;

$D(\bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})$ – вероятность обнаружения сигнала группового ВО;

$f(\bar{y}_m^{HP} / \bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})$ – условная плотность распределения вектора измерения координат m – той отметки, при условии, что она порождена j_m -м групповым ВО типа $T_{грj_m}$ с вектором координатных параметров $\bar{\mu}_{грj_m}$;

$f(x_m^{HP} / \bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})$ – условная плотность распределения измерения признака m -ой неразрешен-

ной отметки, при условии, что она порождена j_m -м групповым ВО $T_{грj_m}$ -го типа с вектором координатных параметров $\bar{\mu}_{грj_m}$.

Система условных ПРВ, описывающая совокупность разрешенных и неразрешенных отметок от одного РЛК за один цикл обзора определяется, в силу независимости потоков одиночных объектов и групповых объектов, как произведение системы условных ПРВ потока разрешенных отметок от одиночных ВО и системы условных ПРВ потока неразрешенных отметок от групповых объектов:

$$\left\{ \begin{aligned} & \omega_1(\ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}}; \ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P} / \\ & / n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_{од1}, \dots, T_{одn}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр1}, \dots, T_{грn}) = \\ & = \prod_{j=1}^{n_{од}} [1 - D(\bar{\mu}_j, T_{одj})] \times \prod_{j=1}^{n_{гр}} [1 - D(\bar{\mu}_{грj}, T_{грj})] \times \\ & \times \sum_{\substack{j_1, \dots, j_{\ell^P} \\ j_\alpha \neq j_\beta \\ \alpha \neq \beta}} \prod_{m=1}^{\ell^P} \frac{D(\bar{\mu}_{j_m}, T_{одj_m}) f(\bar{y}_m / \bar{\mu}_{j_m}, T_{одm}) f(x_m / \bar{\mu}_{j_m}, T_{одj_m})}{[1 - D(\bar{\mu}_{j_m}, T_{одj_m})]} \times \\ & \times \sum_{\substack{j_1, \dots, j_{\ell^{HP}} \\ j_\alpha \neq j_\beta \\ \alpha \neq \beta}} \prod_{m=1}^{\ell^{HP}} \frac{D(\bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m}) f(\bar{y}_m^{HP} / \bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m}) f(x_m^{HP} / \bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})}{[1 - D(\bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})]}, \\ & \text{при } 0 < \ell^P < n_{од}; 0 < \ell^{HP} < n_{гр} \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} & \omega_0(\ell^P = 0; \ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}} / \\ & / n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{одn}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр1}, \dots, T_{грn}) = \\ & = \prod_{j=1}^{n_{од}} [1 - D(\bar{\mu}_{одj}, T_{одj})] \times \prod_{j=1}^{n_{гр}} [1 - D(\bar{\mu}_{грj}, T_{грj})] \times \\ & \times \sum_{\substack{j_1, \dots, j_{\ell^{HP}} \\ j_\alpha \neq j_\beta \\ \alpha \neq \beta}} \prod_{m=1}^{\ell^{HP}} \frac{D(\bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m}) f(\bar{y}_m^{HP} / \bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m}) f(x_m^{HP} / \bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})}{[1 - D(\bar{\mu}_{грj_m}, T_{грj_m})]}, \\ & \text{при } 0 < \ell^{HP} < n_{гр}; \ell^P = 0; \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} & \omega_0(\ell^{HP} = 0; \ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P} / \\ & / n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{одn}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр1}, \dots, T_{грn}) = \\ & = \prod_{j=1}^{n_{гр}} [1 - D(\bar{\mu}_{грj}, T_{грj})] \times \prod_{j=1}^{n_{од}} [1 - D(\bar{\mu}_j, T_{одj})] \times \\ & \times \sum_{\substack{j_1, \dots, j_{\ell^P} \\ j_\alpha \neq j_\beta \\ \alpha \neq \beta}} \prod_{m=1}^{\ell^P} \frac{D(\bar{\mu}_{j_m}, T_{одj_m}) f(\bar{y}_m / \bar{\mu}_{j_m}, T_{одm}) f(x_m / \bar{\mu}_{j_m}, T_{одj_m})}{[1 - D(\bar{\mu}_{j_m}, T_{одj_m})]}, \\ & \text{при } 0 < \ell^P \leq n^{гр}; \ell^{HP} = 0; \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} &\omega_0(\ell^P = 0, \ell^{HP} = 0 / n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{од_n}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр_1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр_1}, \dots, T_{гр_n}) = \\ &= \prod_{j=1}^{n_{од}} [1 - D(\bar{\mu}_{од_j}, T_{од_j})] \times \prod_{j=1}^{n_{гр}} [1 - D(\bar{\mu}_{гр_j}, T_{гр_j})], \text{ при } \ell^P = 0; \ell^{HP} = 0; \\ &\left\{ \begin{aligned} &\omega_1(\ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}}; \ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P} / \\ &/ n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{од_n}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр_1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр_1}, \dots, T_{гр_n}) = 0, \text{ при } \ell^{HP} > n_{гр} \end{aligned} \right. \end{aligned} \right. \quad (5)$$

где ℓ^P – количество разрешенных отметок;
 ℓ^{HP} – количество неразрешенных отметок;
 $f(\bar{y}_m, x_m / \bar{\mu}_{j_m}, T_{од_{j_m}})$ – условная парциальная ПРВ вектора измерения координат \bar{y}_m и измерения признака x_m , соответствующая j_m -му одиночному ВО типа $T_{од_{j_m}}$ с вектором состояния $\bar{\mu}_{j_m}$.

Таким образом, сформированное соотношения (7) позволяет представить суммарный поток разре-

шенных и неразрешенных отметок, поступающий для траекторной обработки на пункт сбора и обработки РЛИ от одного РЛК за один цикл обзора.

Суммарный поток истинных разрешенных, истинных неразрешенных и ложных отметок на выходе РЛК представим в виде суперпозиции потока Бернулли неразрешенных и разрешенных точек и потока Пуассона ложных точек. Систему условных ПРВ для этого потока запишем, с учетом соотношений в следующем виде [2]:

$$\left\{ \begin{aligned} &\omega_0(\ell^{HP} = 0, \ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P} / \\ &/ n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{од_n}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр_1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр_1}, \dots, T_{гр_n}), \text{ при } \ell^{HP} = 0 \\ &\left\{ \begin{aligned} &\omega_1(\ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P}; \ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}} / \\ &/ n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{од_n}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр_1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр_1}, \dots, T_{гр_n}), \text{ при } 0 < \ell^{HP} \leq n_{гр} \end{aligned} \right. \\ &\left\{ \begin{aligned} &\omega_1(\ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P}; \ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}} / \\ &/ n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{од_n}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр_1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр_1}, \dots, T_{гр_n}) = 0, \text{ при } \ell^{HP} > n_{гр} \end{aligned} \right. \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Отношение (коэффициент) правдоподобия для суперпозиции потока Бернулли неразрешенных и разрешенных отметок и потока Пуассона ложных отметок, при наблюдении РЛК потока одиночных и

групповых ВО с учетом измерений координат и признаков, представим (используя соотношение (6) в следующем виде:

$$\begin{aligned} &L(n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{од_n}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр_1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр_1}, \dots, T_{гр_n} / \\ &\quad / \ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P}; \ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}}) = \\ &= \frac{\omega_1(\ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P}; \ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}} /}{\omega_1(\ell^P; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^P}; x_1, \dots, x_{\ell^P}; \ell^{HP}; \bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{\ell^{HP}}; x_1, \dots, x_{\ell^{HP}} /} \cdot \\ &\quad \cdot \frac{/ n_{од}; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_{n_{од}}; T_1, \dots, T_{од_n}; n_{гр}; \bar{\mu}_{гр_1}, \dots, \bar{\mu}_{n_{гр}}; T_{гр_1}, \dots, T_{гр_n})}{/ n_{гр} = 0, n_{од} = 0)} \\ &\sum_{\substack{j_1, \dots, j_l=1 \\ j_\alpha \neq j_\beta \\ \alpha \neq \beta}}^{n_{гр}} \prod_{m=1}^{\ell^{HP}} \frac{D(\bar{\mu}_{гр_{j_m}}, T_{гр_{j_m}}) f(\bar{y}_m^{HP} / \bar{\mu}_{гр_{j_m}}, T_{гр_{j_m}}) f(x_m^{HP} / \bar{\mu}_{гр_{j_m}}, T_{гр_{j_m}})}{[1 - D(\bar{\mu}_{гр_{j_m}}, T_{гр_{j_m}})]} \times \end{aligned} \quad (7)$$

$$\times \prod_{j=1}^{n_{од}} [1 - D(\bar{\mu}_j, T_{од_j})] \times$$

$$\times \sum_{p=0}^{\min(n,\ell)} \frac{1}{p!} \sum_{i_1, \dots, i_p=1}^{\ell} \sum_{j_1, \dots, j_p=1}^n \prod_{m=1}^p \frac{D(\bar{\mu}_{j_m}, \bar{T}_{одj_m}) f(\bar{y}_{i_m} / \bar{\mu}_{j_m}, T_{одi_m}) f(x_{i_m} / \bar{\mu}_{j_m}, \bar{T}_{одj_m})}{[1 - D(\bar{\mu}_{j_m}, \bar{T}_{одj_m})] \cdot v(\bar{y}_{i_m}) \cdot f_0(x_i)}$$

$$\begin{matrix} i_\alpha \neq i_\beta & j_\alpha > j_{\alpha-1} \\ \alpha \neq \beta & j_\alpha \neq j_\beta \end{matrix}$$

Таким образом, сформированные соотношения (8) и (9) позволяют описать суммарный поток истинных разрешенных, неразрешенных и ложных отметок на выходе РЛК за цикл обзора при наблюдении совокупности одиночных и групповых неразрешаемых объектов.

Модель суммарного потока ложных, разрешенных и неразрешенных отметок от совокупности РЛК за несколько циклов обзора описывается системой условных ПРВ, которая определяется, в силу независимости получения измерений на разных РЛК и в разных циклах обзора, как произведение системы условных ПРВ потока разрешенных отметок, неразрешенных отметок и ложных отметок для всех РЛК и всех циклов обзора.

Коэффициент правдоподобия потока ложных, разрешенных и неразрешенных отметок от совокупности РЛК за несколько циклов обзора определяется как произведение коэффициентов правдоподобия по всем РЛК и всем циклам обзора.

Выводы

Совместная обработка результатов многократных наблюдений координатных и признаков параметров воздушных объектов, полученных совокупностью разнесенных на местности РЛК, функционирующих в различных режимах, с использованием разработанной математической модели обеспечивает решение следующих задач:

– отождествление измеренных значений координат и признаков (отметок), полученных различными РЛК в различных циклах обзора, по принадлежности к конкретным воздушным объектам, движущимся по различным траекториям;

– определение количества наблюдаемых одиночных и групповых воздушных объектов в зоне ответственности системы;

– построение траекторий наблюдаемых воздушных объектов и оценивание их координат и параметров движения;

– определение класса и типа каждого наблюдаемого воздушного объекта.

В целом, решение указанных задач и составляет сущность процесса пространственно-временного объединения координатной и признакововой радиолокационной информации в информационной подсистеме АСУ.

Список литературы

1. Бакут П.А. Обнаружение движущихся объектов / П.А. Бакут, Ю.В. Жулина, Н.А. Иванчук; под ред. П.А. Бакута. – М.: Сов. радио, 1980. – 288 с.
2. Большаков И.А. Прикладная теория случайных потоков / И.А. Большаков, В.С. Ракошиц. – М.: Сов. радио, 1978. – 248 с.
3. Большаков И.А. Статистические проблемы выделения потока сигналов из шума / И.А. Большаков. – М.: Сов. радио, 1969. – 464 с.
4. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
5. Грачев В.М. Метод совместного обнаружения-сопровождения-распознавания воздушных объектов по излучению их бортовых радиоэлектронных средств / В.М. Грачев, А.В. Довбня, В.О. Корнеев // Збірник наукових праць ХУПС. – 2010. – №4(26). – С. 67-70.

Поступила в редколлегию 10.04.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.Н. Седышев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

КОМПЛЕКСНА ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОБ'ЄДНАННЯ КООРДИНАТНОЇ ТА ОЗНАКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ РІЗНОТИПОВИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

В.М. Грачев, В.О. Корнеев, І.Л. Костенко, Ю.М. Добришкін

У статті пропонується комплексна модель процесу об'єднання радіолокаційної інформації про об'єкти спостереження з врахуванням координатних та ознакових вимірів. Модель дозволяє спільно вирішувати завдання ототожнення вимірів – оцінювання координат і параметрів руху – розпізнавання типів повітряних об'єктів і забезпечує підвищення показників оперативності, достовірності та точності вихідної інформації про повітряну обстановку.

Ключові слова: об'єднання інформації, джерело інформації, груповий об'єкт.

COMPLEX INFORMATION MODEL OF THE PROCESS OF THE ASSOCIATION COORDINATE AND PRIZNAKOVYU INFORMATION IN SYSTEM INTERMIX RADAR COMPLEX

V.M. Grachev, V.O. Korneev, I.L. Kostenko, U.N. Dobrishkin

In article is offered complex model of the process of the association to radar information on object of the observation with provision for coordinate and признаковов of the measurements. The Model allows together to solve the problems of the identification of the measurements – оцінювання coordinates and parameter of the motion – a recognitions of the types air object and provides increasing of the factors оперативності, validity and accuracy to output information about air situation.

Keywords: association of information, information generator, group object.