

УДК 681.51:623.592

Ю.А. Данилов¹, Д.Н. Обидин², М.А. Павленко³, Г.С. Степанов¹¹ *Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев*² *Кировоградская летная академия НАУ, Кировоград*³ *Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА СОПРОВОЖДЕНИЯ ПЛОТНЫХ ПОТОКОВ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье проводится анализ методик синтеза систем и алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий ВО на основе теории статистических решений. Предложения по выбору модели траектории движения воздушного объекта и основные исходные данные для разработки модели плотного потока движущихся воздушных объектов.

Ключевые слова: *плотность воздушных объектов, маневр, траектории воздушных объектов, первичная обработка радиолокационной информации.*

Введение

Одной из важнейших задач гражданской авиации является повышение безопасности полётов, особенно на этапах взлёта и посадки. Для достижения этой цели, автоматизированные системы управления воздушным движением (АС УВД) должны иметь необходимые показатели качества, которые в определяющей степени зависят от качества поступающей радиолокационной информации. В системе УВД радиолокационная информация от трассовых и аэродромных РЛС используется для управления движением воздушных объектов (ВО), предупреждения столкновений и управления заходом на посадку. При управлении движением ВЦ необходимо вычислять текущие координаты каждой ВЦ для исключения опасных сближений ВО. В противном случае летчикам выдаются команды по коррекции траекторий. В режиме предотвращения столкновений формируется оценка экстраполированных координат, на основе которых определяются зоны опасного сближения. Тем более, что за последние годы возрастает и плотность воздушного движения. Рост плотности воздушного движения приводит к увеличению числа опасных сближений. Предупреждение опасных сближений ВО является частью важнейшей задачи гражданской авиации – обеспечения безопасности полётов. При управлении движением ВО на этапе захода на посадку РЛС проверяет правильность движения ВО по заданным траекториям. Поэтому вопросы повышения качества радиолокационной информации постоянно привлекают большое внимание. Известно, что после первичной обработки радиолокационной информации процесс вторичной обработки радиолокационной информации обычно выполняются программными алгоритмами цифровой обработки на ЦВМ, и качество потока радиолокационной информации сильно зависит от

надежности и точности алгоритмов обработки. Это задача тем более актуальна, если учитываются маневрирование ВО на этапах взлёта и посадки, связанные со сменой эшелона, изменением курса и выполнением типовых схем захода на посадку и т.д.

Разработанные и реализованные по существующим методикам алгоритмы не обеспечивают качественного сопровождения траекторий в условиях плотных потоков воздушных объектов, т.е. когда разность значений параметров сигналов отраженных от них соразмерна с мерой разрешающей способности РЛС. Учитывая целый ряд факторов, влияющих на принятие решения на этапе первичной обработки РЛИ, вполне возможны случаи, когда сигналы, отраженные от воздушных объектов накладываются, порождая всего лишь одну отметку. Кроме того, подобная ситуация может возникать при выполнении несколькими воздушными объектами согласованного маневра.

Анализ литературы. К основным работам, посвященным повышению качества радиолокационной информации за счет разработки новых способов и алгоритмов сопровождения траекторий воздушных объектов, можно отнести следующие [1 – 12].

Большинство из этих работ показывают различные методики синтеза алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий воздушных объектов. Однако, проведенный анализ данных работ показывает, что все они ориентированы на существующие методы обнаружения и сопровождения траекторий воздушных объектов и разработаны для условия полной разрешаемости.

Целью данной статьи является обобщение информации о различных методиках синтеза систем и алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий ВО на основе теории статистических решений и формирование исходных данных для разработки модели потока движущихся воздушных объектов.

Основная часть

В работах [1, 2] рассматривается методика синтеза систем и алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий ВО на основе теории статистических решений. Предлагаемая методика синтеза оптимального алгоритма сопровождения траекторий ВО в условиях их плотных потоков содержит следующие основные этапы:

1. Выбор модели траектории движения ВО.

Кроме широко используемой одногипотезной модели траектории движения ВО (гаусовско-марковской модели движения, характеризуемой переходной плотностью вероятности), предлагается использовать многогипотезную модель траектории движения, в которой изменения траектории, обусловленные преднамеренным маневром ВО, представимы как дискретный случайный процесс, принимающий n фиксированных значений [4].

2. Разработка модели потока движущихся ВО.

Поток ВО в зоне ответственности источника РЛИ целесообразно представить в виде многокомпонентного случайного процесса, определенного в многомерном пространстве координатных параметров с учетом априорных сведений [5].

3. Разработка модели потока отметок ВО на входе системы вторичной обработки РЛИ.

Модель потока отметок на входе системы вторичной обработки должна представляться суперпозицией двух потоков: истинных отметок и ложных отметок. В известных методиках за поток истинных отметок принимался простой поток Бернулли при условии полного разрешения ВО. В приведенной методике предлагается использовать для представления потока истинных отметок поток Бернулли классов отметок. Использование потока Бернулли классов отметок, с учетом особенностей решаемой задачи, дает возможность используя поток одиночных ВО учесть их возможное неразрешение, т.е. слияние отметок ВО. Для случая слияния отметок необходимо разработать модель неразрешенных отметок (слившихся отметок). Считая, что ложные отметки имеют шумовое происхождение, поток ложных отметок представим потоком Пуассона.

4. Формирование АПРВ потока ВО проводится с использованием многоцелевого подхода, поскольку рассмотрение возможности слияния отметок имеет смысл только при анализе одновременно совокупности отметок и совокупности траекторий.

5. Выбор критерия оптимальности и функции потерь при решении задачи сопровождения траекторий ВО.

Синтез оптимального алгоритма сопровождения плотных потоков ВО может быть проведен с использованием произвольного критерия оптимальности и произвольной функции потерь. Однако, для выбранного доопытного распределения ве-

роятностей возможных значений параметров потока ВО (байесовский подход), целесообразно в основу синтеза положить минимум условного среднего риска, что наиболее подходит при решении многогипотезных задач [4].

6. Синтез оптимального алгоритма сопровождения траекторий ВО в условиях их плотных потоков на основе соотношений для АПРВ потока этих ВО.

7. Ограничение числа рассматриваемых гипотез отождествления отметок ВО [10], в том числе гипотез о слиянии отметок, и разработка, с учетом этого ограничения, квазиоптимальных алгоритмов сопровождения плотных потоков ВО.

Таким образом, использование предлагаемой методики синтеза алгоритмов сопровождения плотных потоков ВО позволяет учитывать возможное неразрешение ВО, сопровождаемых как одиночные.

1. Выбор модели траектории движения воздушного объекта

1.1. Одногипотезная модель траектории движения воздушного объекта

При обработке получаемых в разные моменты времени данных, принимают гипотезы о характере изменения векторных параметров за время изменения – модели изменения параметров. Ранее был введен в рассмотрение, для описания траектории движения ВО, вектор состояния ВО $\vec{\mu}_i(t)$, представляющий собой вектор - столбец координат и их производных в соответствии с выбранной моделью движения. Например, в горизонтальной плоскости в декартовой системе координат вектор состояния ВО для модели равномерного и прямолинейного движения имеет вид $\vec{\mu}_i(t) = (x, y, \dot{x}, \dot{y})$.

Как и в известных методиках, будем в дальнейшем использовать предположения о марковском характере движения каждого ВО. При этом переход каждого отдельного ВО из состояния, $\vec{\mu}_i(t_1)$ в состояние $\vec{\mu}_i(t_2)$, за интервал времени $\Delta t = t_2 - t_1$ характеризуется переходной плотностью вероятности $\omega(\vec{\mu}_i(t_2) / \vec{\mu}_i(t_1))$ или задается в виде стохастического разностного уравнения [6]

$$\vec{\mu}_i(t_2) = \Phi_{t_1, t_2} [\vec{\mu}_i(t_1)] + G_{t_1, t_2} \vec{\eta}_{t_1}^c, \quad (1)$$

где $\Phi_{t_1, t_2} [\vec{\mu}_i(t_1)]$ – функция, описывающая детерминированную составляющую движения ВО;

G_{t_1, t_2} – матричный оператор, формирующий случайную составляющую траектории движения ВО;

$\vec{\eta}_{t_1}^0$ – вектор белого гаусовского шума с единичной ковариационной матрицей.

Переходная плотность вероятности в этом случае будет иметь вид:

$$\Omega \left(\begin{matrix} \bar{\mu}_i(t_2) \\ \bar{\mu}_i(t_1) \end{matrix} \right) = \frac{1}{(2\pi)^{b/2} |w_0|^{1/2}} \times \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[(\bar{\mu}_i(t_2) - \Phi_{t_1, t_2} [\bar{\mu}_i(t_1)]) \right]^T \cdot w_0^{-1} \left[(\bar{\mu}_i(t_2) - \Phi_{t_1, t_2} [\bar{\mu}_i(t_1)]) \right] \right\}, \quad (2)$$

где w_0 – ковариационная матрица текущей случайной составляющей траектории, движения ВО.

На этапе обнаружения траекторий можно считать $w_0 = 0$ и выражение (2.2) примет вид:

$$\omega(\bar{\mu}_i(t_2) / \bar{\mu}_i(t_1)) = \delta \left[(\bar{\mu}_i(t_2) - \Phi_{t_1, t_2} [\bar{\mu}_i(t_1)]) \right]. \quad (3)$$

Достоинствами модели являются ее представление в виде простого уравнения заранее выбранной размерности и удобство при решении нестационарных задач.

При рассмотрении методов и алгоритмов сопровождения траекторий ВО с использованием данной модели предполагается, что уравнение модели траектории соответствует истинному движению ВО. В реальных условиях такое соответствие, как правило, отсутствует из-за преднамеренного маневра ВО. Возможный маневр ВО учитывает многогипотезная модель траектории движения ВО.

1.2. Многогипотезная модель траектории движения воздушного объекта

Рассмотрим в качестве модели траектории движения ВО динамическую систему, описываемую разностным уравнением [7]:

$$\bar{\mu}_k^{(a)} = \Phi_k^{(a)} \bar{\mu}_k^{(a-1)} + \Gamma^{(a)} \bar{g}_m^{(a)} + G^{(a)} \bar{\eta}, \quad (4)$$

где $\Phi_k^{(a)} \bar{\mu}_k^{(a-1)}$ – уравнение невозмущенной траектории;

$\bar{g}_m^{(a)}$ – вектор параметров траектории ВО, обусловленный преднамеренным маневром ВО;

$\Gamma^{(a)}, G^{(a)}$ – известные матрицы [8];

$\bar{\eta}^0$ – вектор некоррелированных во времени гауссовых шумовых с нулевым средним и ковариационной матрицей, учитывающий случайную составляющую непреднамеренного маневра ВО, за счет влияния внешней среды и шумов управления.

Изменения траектории ВО, обусловленные преднамеренным маневром ВО можно представить как дискретный случайный процесс, принимающий r фиксированных наборов значений (состояний) в диапазоне от $-\bar{g}_{m\max}^{(a)}$ до $+\bar{g}_{m\max}^{(a)}$ [8]. Наборы зна-

чений (состояния) вектора $\bar{g}_m^{(a)}$ формируются путем перестановки фиксированных значений интенсивности маневра по каждой координате. Пусть возможные значения интенсивности маневра по каждой координате принимают h дискретных значений, при этом число координат равно d . Тогда число возможных наборов $r = h^d$. Например значения составляющих вектора \bar{g}_m есть ускорения по координатам x и y .

Тогда интервалы $-x_{\max} \dots +x_{\max}$ и $-y_{\max} \dots +y_{\max}$ разбиваются на h фиксированных значений $(x_1, \dots, x_h; y_1, \dots, y_h)$, имеющих такой смысл:

- ВО замедляет движение,
- ВО не маневрирует,
- ВО ускоряет движение по соответствующей координате [9].

Наборы значений (состояний вектора \bar{g}_m) имеют вид: $(x_1, y_1)^T, (x_2, y_2)^T, \dots$ и их число равно $r = 3^2$.

Введем переменный параметр (переменную состояния) $s_k^{(a)} \left\{ k = \overline{1, n}; s_k^{(a)} \in \overline{1, r} \right\}$, соответствующий определенному состоянию вектора маневра \bar{g}_m , для k -й траектории ВО и a – m такте обновления информации.

Переходы скачкообразного процесса из состояния $s_k^{(a-1)} = i$ в состояние $s_k^{(a)} = j$ осуществляются случайным образом с вероятностью $\pi_{i,j}$. Эти вероятности образуют матрицу переходных вероятностей

$$\Pi = \|\pi_{i,j}\|, \quad i = \overline{1, r}, \quad j = \overline{1, r}. \quad (5)$$

Приведенная схема описывает многогипотезную модель движения ВО (или как ее еще называют, модель движения с марковской (либо полумарковской) моделью маневра), в которой переход от одной модели к другой описывается марковской последовательностью, задаваемой матрицей перехода, элементами которой являются вероятности переключения состояний [4, 11].

Исходя из вышеизложенного, уравнение (2.4) можно записать в виде:

$$\bar{\mu}_k^{(a)} = \Phi_k^{(a)} \bar{\mu}_k^{(a-1)} + \sum_{i=1}^r \tau_1^k \Gamma^{(a)} \bar{g}_{m_i}^{(a)} + G^{(a)} \bar{\eta}, \quad (6)$$

где $\sum_{i=1}^r p_1^k = 1$; $\tau_1^k = \begin{cases} 1 & \text{с вероятностью } p_1^k(a); \\ 0 & \text{с вероятностью } (1 - p_1^k(a)); \end{cases}$

$p_1^{k(\alpha)}$ - вероятность того что вектор $\overline{g_m}$, для k -й траектории ВО в α -м такте наблюдения примет значение $\overline{g_{m_i}}$.

Таким образом, описанная модель траектории движения ВО позволяет учитывать возможный маневр ВО с точностью, которая определяется числом Γ фиксированных наборов состояний вектора маневра $\overline{g_m}$.

2. Разработка модели потока движущихся воздушных объектов

Считается, что в зоне ответственности источника РЛИ Ω находится некоторая совокупность ВО, движущихся, в общем случае, по стохастическим траекториям [1, 3, 12]. Число ВО, находящихся в зоне ответственности РЛИ в каждый момент времени, в общем случае неизвестно $n(t)$, значения составляющих их векторов состояния $\overline{\mu}_i(t)$ ($i = \overline{1, n(t)}$) – неизвестные величины, зависящие от множества факторов. Таким образом, радиолокационная обстановка в зоне ответственности источника РЛИ Ω может быть описана с использованием математического аппарата теории случайных потоков [10, 11].

Поток ВО в области Ω целесообразно представить в виде многокомпонентного случайного процесса $M_\Omega(t)$, определенного в фазовом пространстве E [12]. Фазовое пространство E этого процесса содержит всевозможные наборы чисел

$$\{n(t), \overline{\mu}_1(t), \dots, \overline{\mu}_n(t)\},$$

где $n(t)$ – число ВО, находящихся в момент времени t в области Ω которое может принимать значения из дискретного множества $\{\overline{0}, \overline{M}\}$;

$\overline{\mu}_i(t) \in \Omega$ ($i = \overline{1, n}$) – текущие значения параметров ВО.

Иначе говоря случайный поток ВО следует задавать в многомерном пространстве их координатных параметров размерностью $n \times b$, где b – размерность вектора $\overline{\mu}_i(t)$. Таким образом, многокомпонентный случайный процесс $\overline{M}_\Omega(t)$ может быть представлен случайным пространственно-временным потоком в многомерном пространстве координатных параметров. В качестве модели этого потока, можно принять поток Пуассона, считая его априорную интенсивность в начальный момент времени t_0 , равной $\beta_{t_0}(\overline{\mu})$ [8]. Система многомерных ПРВ, описывающих поток ВО в момент времени t_0 , имеет вид:

$$n = \overline{0, M}; \quad \omega_{t_0}(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n; \Omega) =$$

$$= \exp \left\{ - \int_{\Omega} \dots \int \beta_{t_0}(\overline{\mu}) d\overline{\mu} \right\} \times \prod_{i=1}^n \beta_{t_0}(\overline{\mu}_i). \quad (7)$$

В этом случае, среднее число ВО, находящихся в зоне ответственности источника РЛИ Ω , можно найти как

$$\int_{\Omega} \dots \int \beta_{t_0}(\overline{\mu}) d\overline{\mu} = \overline{n}. \quad (8)$$

Так как, параметры отдельных траекторий ВО $\overline{\mu}_i(t)$ изменяются с течением времени независимо друг от друга, совместная плотность вероятности перехода n траекторий из состояния

$$\overline{\mu}_1(t_0) = \overline{\mu}_0, \dots, \overline{\mu}_n(t_0) = \overline{\mu}_n$$

в состояние

$$\overline{\mu}_1(t) = \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n(t) = \overline{\mu}_n$$

имеет вид:

$$\omega_{t_0 t}(\overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n / \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n) = \prod_{i=1}^n \omega_{t_0 t}(\overline{\mu}_i / \overline{\mu}_i). \quad (9)$$

Система плотностей $\omega_t(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n)$, описывающая рассматриваемый поток в момент времени $t > t_0$ может быть найдена по формуле:

$$\begin{aligned} \omega_t(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n) = \\ \int_{\Omega} \dots \int \left(\omega_{t_0 t}(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n) \right) d\overline{\mu}_1, \dots, d\overline{\mu}_n = \\ = \int_{\Omega} \dots \int \prod_{i=1}^n \beta_{t_0}(\overline{\mu}_i) e^{-n} \prod_{i=1}^n \omega_{t_0 t}(\overline{\mu}_i / \overline{\mu}_i) d\overline{\mu}_1, \dots, d\overline{\mu}_n = \\ e^{-n} \prod_{i=1}^n \beta_t(\overline{\mu}_i) \quad n = \overline{0, M}, \end{aligned} \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} \beta_t(\overline{\mu}_i) = \\ = \int_{\Omega} \dots \int \prod_{i=1}^n \beta_{t_0}(\overline{\mu}_i) \omega_{t_0 t}(\overline{\mu}_i / \overline{\mu}_i) d\overline{\mu}_1, \dots, d\overline{\mu}_n. \end{aligned}$$

Условия нормировки многомерных ПРВ (10)

$$\sum_{n=0}^M \frac{1}{n!} \int_{\Omega} \dots \int \omega(n; \overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n) d\overline{\mu}_1, \dots, d\overline{\mu}_n = 1. \quad (11)$$

Вероятность того, что в области Ω не появится ни одного ВО, определяется выражением:

$$P_0 \Omega = \exp \left\{ - \int_{\Omega} \dots \int \beta(\overline{\mu}) d\overline{\mu} \right\} = \omega_0(\Omega) \quad (12)$$

Система плотностей (10) совместно с (11) дает исчерпывающее описание потока ВО.

Вероятность того, что в области Ω появится ровно n ВО с произвольными значениями параметров $\overline{\mu}_1, \dots, \overline{\mu}_n$ равна:

$$P_n(\Omega) = \frac{1}{n!} \int_{\Omega} \dots \int \omega(n; \bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_n) \overline{d\mu}_1, \dots, \overline{d\mu}_n = \frac{(\bar{n})^n}{n!} e^{-\bar{n}} \quad (13)$$

Для рассматриваемой постановки задачи целесообразно ввести некоторые априорные сведения, которые, в нашем случае, будут определяться тактико-техническими характеристиками ВО. К таким введениям относятся данные о минимальной и максимальной скоростях современных летательных аппаратов, ожидаемых в зоне ответственности источника РЛИ.

Таким образом, поток ВО в зоне ответственности источника РЛИ может быть описан потоком Пуассона. В общем случае, число ВО находящихся в области Ω и значения составляющих их векторов состояния неизвестны. Для приведенной постановки задачи можно считать количество ВО в области Ω постоянным.

Заключение

Результаты анализа информации о различных методиках синтеза систем и алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий ВО на основе теории статистических решений и формирование исходных данных для разработки модели потока движущихся воздушных объектов свидетельствуют о перспективности направления многоцелевой обработки при решении задачи сопровождения траекторий ВО.

Также в нашей работе мы применили описание потока Пуассона для описания потока ВО в зоне ответственности источника РЛИ.

Список литературы

1. Голиус М.А. Методика синтеза алгоритмов обнаружения и сопровождения траекторий воздушных объектов / М.А. Голиус, С.А. Войтович // Збірник наукових праць. Вип. 21. – Х.: ХВУ, 1998. – С. 82-86.
2. Голиус М.А. Алгоритм сопровождения траекторий воздушных объектов с учетом возможности их не-

разрешения / М.А. Голиус, С.А. Войтович // Збірник наукових праць. Вип. 22. – Х.: ХВУ, 1998. – С. 40-46.

3. Кузьмин С.З. Основы проектирования системы цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 432 с.

4. Определение параметров движения объектов в статистически неопределенных ситуациях / Н.С. Гриценко, В.П. Логинов, В.И. Мальцев и др. / Зарубеж. радиоэлектроника. – 1998. – № 2. – С. 3 – 29.

5. Kuo-Chu Chang, Joint probabilistic data association formality target tracking with possibly unresolved measurements. American Control Conference Proceedings. Vol. AES – 18, Feb. 1983. – P. 466 – 471.

6. Kuo-Chu Chang, Joint probabilistic data association formality target tracking with possibly unresolved measurements. M.S. Thesis, Dept. Elec. Engr. Sci., Univ. of Connecticut. Storrs. Sept. 1983. – P. 218 – 222.

7. Леман Э. Теория точечного оценивания / Э. Леман. Пер с англ. под ред. Ю.В. Прохорова. – М.: Наука, 1991. – 448 с.

8. Леви П. Конкретные проблемы функционального анализа / П. Леви; под ред. Е.Е. Шилова. – М.: Наука, 1967. – 346 с.

9. Люстерник Л.А. Элементы функционального анализа / Л.А. Люстерник, В.И. Соболев. – М.: Наука, 1965. – 271 с.

10. Метод формирования признаков информационной модели конфликтных ситуаций для подсистем поддержки принятия решений в перспективных системах управления специального назначения / М.А. Павленко, Г.С. Степанов, М.В. Касьяненко, В.Н. Руденко // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 3. – С. 101-103.

11. Scenario approach to the engineering of information models, designed to enable the activities of operator in automated control systems / М.А. Павленко, А.І. Тимочко, Р.Г. Бердник, А.С. Шевченко // Системи обробки інформації. – Вип. 3(128). – Х.: ХУПС, 2015. – С. 32–35.

12. Гибридная модель знаний для распознавания ситуаций в воздушном пространстве / М.А. Павленко, А.І. Тимочко, Н.А. Королюк, М.Ю. Гусак // Автоматика и вычислительная техника. – Рига: АВТ, 2014. – No. 5, (Vol. 49). – С. 16-25.

Надійшла до редколегії 21.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Тимочко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

РОЗРОБКА МЕТОДУ СИНТЕЗУ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ СУПРОВОДУ ЦІЛЬНОГО ПОТОКУ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ю.О. Данилов, Д.М. Обидин, М.А. Павленко, Г.С. Степанов

У статті проводиться аналіз методів синтезу систем і алгоритмів виявлення і супроводу траєкторій ВО на основі теорії статистичних рішень. Пропозиції щодо вибору моделі траєкторії руху повітряного об'єкта і основні вихідні дані для розробки моделі цільного потоку рухомих повітряних об'єктів.

Ключові слова: щільність повітряних об'єктів, маневр, траєкторії повітряних об'єктів, первинна обробка радіолокаційної інформації.

DEVELOPMENT OF METHODS OF SYNTHESIS OF OPTIMAL ALGORITHM OF MAINTAINABILITY OF A DENSE FLOW OF AIR OBJECTS

Y.A. Danilov, D.N. Obidin, M.A. Pavlenko, G.S. Stepanov

The article analyzes the systems and methods of synthesis paths detection and tracking algorithms for IN-based statistical decision theory. Proposals on the choice of model aircraft trajectory of the object and basic data to develop a model of dense stream of moving air targets.

Keywords: density of air objects, maneuver trajectory of air objects, primary processing of radar data.