

ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ КООРДИНАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИЗЛУЧАЮЩИХ ОБЪЕКТАХ ПО ДАННЫМ ПАССИВНЫХ СРЕДСТВ НАБЛЮДЕНИЯ

Романенко В.В.¹, Белаш М.В.¹, Калюжный Н.М.², Попов А.М.²

¹Харьковский университет Воздушных Сил

г. Харьков, ул. Сумская, 77/79, E-mail: knm9@ukr.net

²Харьковский национальный университет радиозлектроники

г. Харьков, пр. Ленина, 14, т. (+38)057 -702-11-38, E-mail: 3rmorti7@gmail.com

In this paper, the identification of coordinate information of moving objects obtained by unrelated passive surveillance means

Введение. Опыт локальных конфликтов последнего времени а также современный уровень развития и использования активных радиозлектронных средств (РЭС) на объектах воздушного, космического, наземного, морского базирования предоставляет существенные возможности для различных систем наблюдения (СН) в получении интересующей информации о текущем состоянии, решаемых задач, местонахождении, классе (типе) объектов наблюдения в масштабе времени, близком к реальному.

При этом пассивная система наблюдения должна решать следующие основные задачи:

- прием и обработка радио- и радиотехнической информации;
- обработка информации о местоположении излучаемых объектов, завязку и сопровождение (сброс с сопровождения) траекторий их движения;
- отображение полученной информации об объектах наблюдения и выдачу ее потребителям.

В соответствии с этим актуальной является задача разработки алгоритмов и программной реализации отождествления координатной информации об излучающих объектах по данным пассивных средств наблюдения.

Основная часть. Общая структура такой системы представлена на рис. 1 и состоит из следующих основных блоков:

- блок входного массива. В данный массив в фиксированные моменты времени поступает информация от автономных пассивных средств наблюдения об излучающих РЭС, включающая в свой состав вектор параметров излучения, результаты распознавания, информацию о местонахождении на момент излучения и признак средства наблюдения;

- блок рабочего массива. В данном массиве хранится текущая (на момент последнего наблюдения) информация о всех РЭС, обнаруженных системой наблюдения, их типах, параметрах траекторий их движения, экстраполяции на момент последнего наблюдения и т.п.;

- блок выходного массива. Данный массив предназначен для хранения текущей информации о типах носителей, типах РЭС, траекториях их движения;

- блок 4. В данном блоке по данным на текущий и предыдущий моменты наблюдения производится завязка траектории цели или ее сброс по критерию $2\sqrt{2}$;

- блок 5. В данном блоке производится определение интенсивности маневра сопровождаемых аэродинамических объектов с целью обеспечения оптимального сглаживания траекторий их движения и обеспечения устойчивой работы фильтра скользящего сглаживания;

- блок 6. Непосредственно сам фильтр скользящего сглаживания траекторий движения обнаруженных системой наблюдения носителей РЭС;

- блок 7. В данном блоке осуществляется отождествление координатной информации от различных типов средств наблюдения, а также формирование выходного информационного формата по каждому объекту наблюдения на текущий момент времени;

- блок 8. Данный блок предназначен для формирования отображения обнаруженных объектов, траекторий их движения на карте в масштабе реального времени и выдачи необходимой информации потребителям.

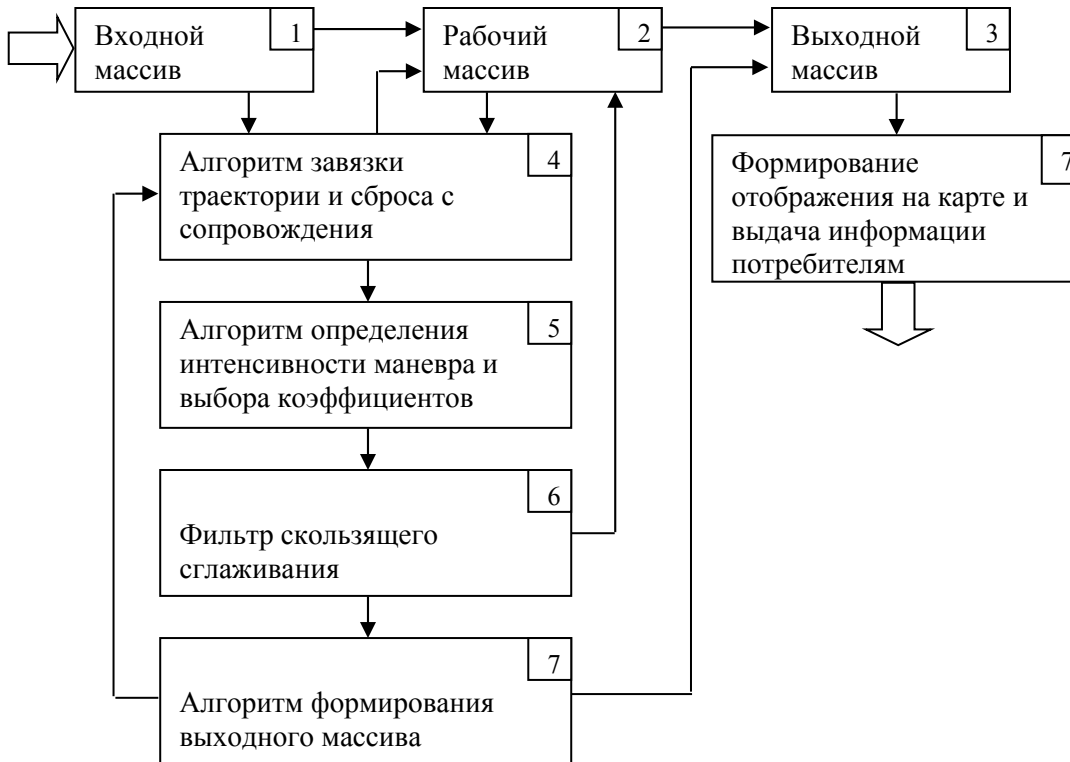


Рисунок 1 - Общая структура системы отождествления координатной информации

Для решения задачи оптимальной фильтрации траекторий движения объектов наблюдения в условиях их непредвиденного маневра предложено следующее.

Известно, что фильтр Калмана является оптимальным в смысле минимума средне-квадратической ошибки фильтрации только в условиях детерминированной траектории, т.е. когда модель движения, заложенная в фильтре, адекватна истинной траектории. В условиях непредвиденного маневра значительно возрастают динамические ошибки фильтра, что приводит к его неустойчивости и он расходится.

С учетом этого в качестве инструмента для сопровождения траекторий целей, совершающих непредвиденные маневры, был выбран оптимизированный фильтр “скользящего” сглаживания (1).

$$\begin{aligned}
 \hat{A}_{nэ} &= \hat{A}_{n-1} + \hat{A}_{n-1} T_o; \\
 \hat{A}_n &= \hat{A}_{nэ} + \alpha \hat{A}_{nэ}; \\
 \hat{A}_n &= \hat{A}_{n-1} + (\beta / T_o) \Delta \hat{A}_{nэ}; \\
 \Delta \hat{A}_{nэ} &= \hat{A}_n - \hat{A}_{nэ},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где: $\hat{A}_{nэ}$ - экстраполированное значение координаты;

A_n - последнее наблюдаемое значение координаты;

\hat{A}_n - оценка сглаженного значения координаты;

$\Delta \hat{A}_{nэ}$ - ошибка между последним наблюдаемым значением координаты и ее экстраполированным значением;

\hat{A}_n - оценка скорости изменения координаты;

α, β - коэффициенты сглаживания фильтра;

T_o - период измерения координаты цели.

Задача оптимизации коэффициентов сглаживания (α, β) по критерию минимума квадрата суммарной ошибки сглаживания или экстраполяции для фильтра (1) состоит в минимизации следующих аналитических выражений [1, 2]:

$$\begin{aligned} \delta_{\Sigma}^2 &= \frac{2\alpha^2 - 3\alpha\beta + 2\beta}{\alpha(4 - 2\alpha - \beta)} + \frac{(1 - \alpha^2)}{\beta^2} \rho^2; \\ \delta_{\Sigma y}^2 &= \frac{2\alpha^2 + \alpha\beta + 2\beta}{\alpha(4 - 2\alpha - \beta)} + \frac{1}{\beta^2} \rho^2, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\rho^2 = [\Delta^{(2)} \dot{\Delta}_c]^2 / \delta_{\dot{\Delta}}^2$ - относительная интенсивность маневра.

Можно показать, что при фиксированном значении β условно-оптимальное значение $\alpha(\beta)$ по критерию (2) выражается соотношениями:

$$\begin{aligned} \alpha'(\beta) &= \frac{\sqrt{4\beta - \beta^2}}{2}; \\ \alpha''(\beta) &= \frac{2\sqrt{\beta - \beta^2}}{2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Подстановка (3) в (2) сводит задачу к одномерной оптимизации (2) по параметру β .

В результате такой оптимизации получены оптимальные значения коэффициента сглаживания α^*, β^* и экстраполяции α_1^*, β_1^* по критериям минимальной суммарной ошибки сглаживания и экстраполяции в зависимости от интенсивности маневра цели (табл. 1).

Таблица 1

ρ	α^*	β^*	δ_{Σ}^2	α_1^*	β_1^*	$\delta_{\Sigma y}^2$
0,1	0,51	0,28	0,51	0,35	0,2	0,91
0,2	0,59	0,38	0,59	0,41	0,32	1,33
0,3	0,63	0,44	0,64	0,44	0,42	1,7
0,4	0,67	0,49	0,69	0,46	0,50	2,03
0,5	0,68	0,51	0,72	0,47	0,57	2,35
0,6	0,69	0,54	0,76	0,48	0,63	2,66
0,7	0,7	0,55	0,79	0,49	0,69	2,95
0,8	0,7	0,56	0,83	0,49	0,74	3,25
0,9	0,71	0,57	0,87	0,49	0,79	3,54
1,0	0,72	0,58	0,91	0,50	0,84	3,82
1,5	0,72	0,6	1,71	0,50	1,03	5,24
2,0	0,72	0,61	1,51	0,50	1,18	6,68
2,5	0,72	0,62	1,95	0,49	1,31	8,11
3,0	0,72	0,62	2,48	0,48	1,42	9,58
3,5	0,72	0,62	3,12	0,47	1,51	11,10
4,0	0,72	0,62	3,85	0,47	1,58	12,65

Результаты программной реализации предложенной методики обработки и отождествления координатной информации об излучающих объектах, получаемые пассивными средствами наблюдения, приведены на рис. 2, где показаны результаты завязки сопровождения различных траекторий пяти движущихся объектов.

При этом, система фильтрации по всем траекториям, осуществляющим непредвиденный маневр, функционирует устойчиво, а качество сопровождения всех траекторий превышает качество измерений местоположения более чем в четыре раза.

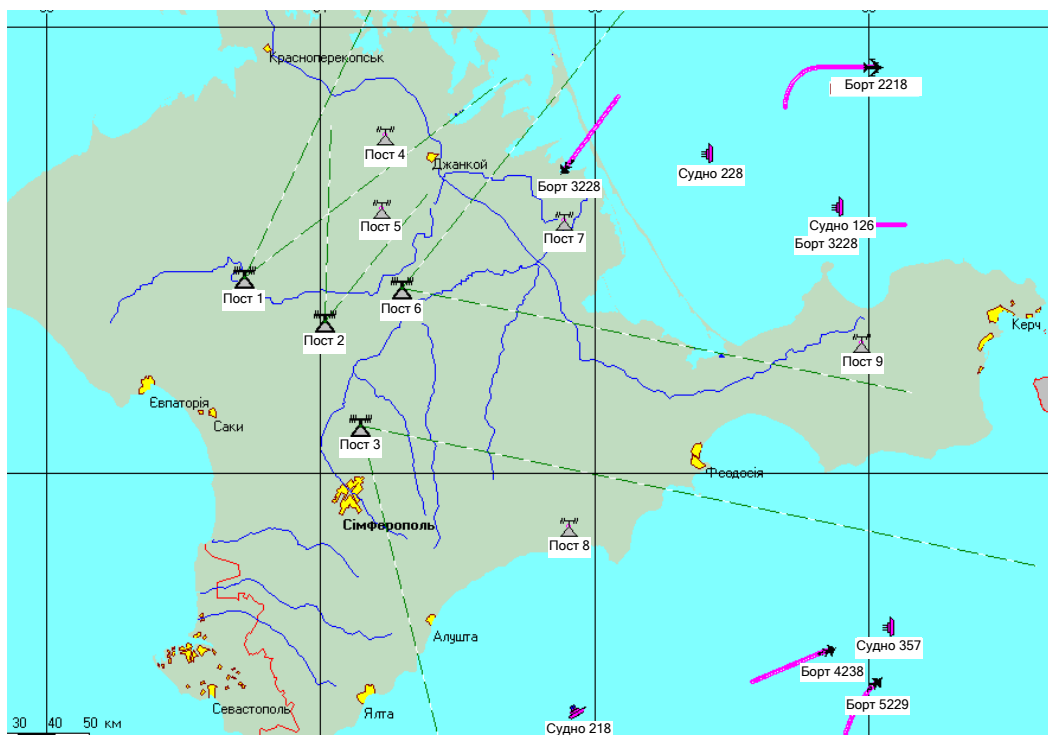


Рис. 2 – Результаты программной реализации отождествления тракторной информации от пассивных средств наблюдения

Выводы. Как видно из результатов моделирования предложенная система позволяет решать поставленные перед нею задачи:

- осуществить прием и обработку радио- и радиотехнической информации, поступающей в дискретные моменты времени от пассивной системы наблюдения, в масштабе времени, близком к реальному;
- обработать информацию о местоположении излучающих объектов, осуществить завязку и сопровождение недетерминированных траекторий их движения. При этом использование вышеприведенного оптимального фильтра скользящего сглаживания позволяет повысить качество сопровождения примерно в 4 раза;
- отображать полученную информацию об объектах наблюдения и выдавать ее потребителям в масштабе времени, близком к реальному.

Литература

1. Кузьмин С.З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации. – М.: Сов. радио, 1974. – 432 с.
2. Белаш М.В., Кириченко И.О., Коротких Ю.О. Простая матричная методика анализа точности алгоритмов скользящего сглаживания в переходном и установившемся режимах. – М.: вопросы специальной радиоэлектроники, Вып. 19, 1985. – 22с.