ДВУХЭТАПНЫЙ АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ СРЫВА СОПРОВОЖДЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ЦЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕШАЮЩИХ СТАТИСТИК НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ *l/n*

Неуймин А. С., аспирант; Жук С. Я., д.т.н., профессор
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», Киев, Украина

Важным этапом вторичной обработки радиолокационной информации является обнаружение срыва сопровождения траектории цели, после чего осуществляется ее сброс. Особое значение данная задача приобретает при малых отношениях сигнал-шум.

На практике для принятия решения об обнаружении траектории цели, а также срыва ее сопровождения широко используются эвристические критерии l/n [1], которые не требуют значительных вычислительных затрат. Однако в разработанных алгоритмах обнаружения срыва сопровождения траектории цели не используется имеющаяся информация о значениях решающих статистик, полученных с выхода оптимального приемника первичной обработки сигналов. Кроме того, повышение эффективности может быть достигнуто путем введения второго этапа [2], на котором наблюдения продолжаются и решение принимается также по критерию l/n с учетом всех полученных ранее наблюдений.

Постановка задачи

На каждом обзоре выполняется первичное обнаружение цели путем сравнения решающих статистик в каждом элементе разрешения с входным порогом $H_{\text{вх}}$. На этапе сопровождения траектории в стробе на k-м обзоре содержится $M_k \geq 0$ отметок с решающими статистиками z_k^m, $m=\overline{1,M_k}$.

Для идентификации целевой отметки в стробе сопровождения используется критерий «сильнейший сосед», в соответствии с которым выбирается отметка с максимальным значением решающей статистики $z_k^{\max}$.

Задача обнаружения срыва сопровождения траектории цели при наличии ложных измерений заключается в проверке двух альтернативных гипотез: H_0 — гипотезы об отсутствии траектории цели и H_1 — гипотезы о наличии траектории цели.

Двухэтапный алгоритм обнаружения срыва траектории цели

Для решения этой задачи предлагается использовать двухэтапные процедуры [2] на основе критериев l/n. Общая методика построения двухэтапного алгоритма обнаружения срыва траектории цели заключается в следующем. Выбирается критерий l/n, который используется на первом этапе. Определяются ситуации, по которым решения принимаются с высокой достоверностью, и ситуации с высоким риском ошибочных решений. С учетом всех ситуаций, по которым не принято решение на первом этапе,

определяется критерий l/n, с помощью которого принимается окончательное решение на втором этапе.

В отличии от [1] в процессе сопровождения траектории осуществляется некогерентное межобзорное накопление n решающих статистик по формуле $Z_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{n} z_j$, $z_j = z_k^{\max}$, если $M_k > 0$, и $z_j = 0$, если $M_k = 0$. Поэтому принятие решения в пользу H_0 выполняется не только при поступлении l пропусков отметок в стробе сопровождения, но и при непревышении накопленной статистикой Z_{Σ} выходного порога.

Важным показателем эффективности алгоритма обнаружения срыва сопровождения траектории цели является среднее время сопровождения ложной траекторий $\bar{k}$, которое определяется по формуле [1]

$$\bar{k} = \sum_{k=1}^{\infty} k P'_{\text{сбр}}(k), \tag{1}$$

где $P'_{\text{сбр}}(k)$ — вероятность сброса ложной траектории с сопровождения на k-м обзоре. Данный алгоритм может быть представлен в виде стохастического автомата с конечным набором состояний, анализ которого выполняется с помощью цепей Маркова [1].

Граф и матрица переходных вероятностей алгоритма двухэтапного обнаружения срыва траектории цели, в котором на первом этапе используется критерий сброса 2/2 , а на втором — 2/4, показаны на рис. 1, рис. 2.

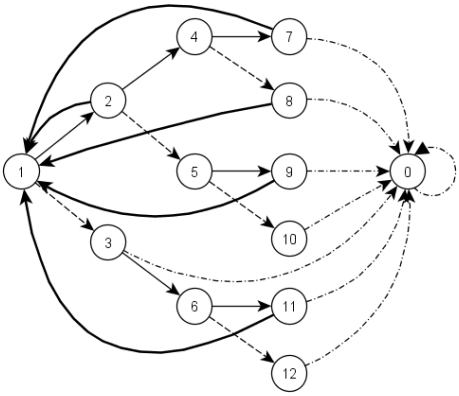

Рисунок 1

$$\mathbf{\Pi} = \begin{Vmatrix}
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & \pi_{1,2} & \pi_{1,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & \pi_{2,1} & 0 & 0 & \pi_{2,4} & \pi_{2,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\pi_{3,0} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{3,6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{4,7} & \pi_{4,8} & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{5,9} & \pi_{5,10} & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,11} & \pi_{6,12} \\
\pi_{7,0} & \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\pi_{8,0} & \pi_{8,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\pi_{9,0} & \pi_{9,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\pi_{10,0} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\pi_{11,0} & \pi_{11,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\pi_{12,0} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{Vmatrix}$$

Рисунок 2

Анализ эффективности алгоритма

Анализ алгоритма двухэтапного обнаружения срыва сопровождения траектории цели с использованием решающих статистик на основе критериев «l/n» проведен по данным обзорной РЛС, измеряющей дальность и радиальную скорость. При отсутствии цели $\bar{z}_k^m$ подчиняется экспоненциальному закону распределения. Темп поступления данных полагался $T = 1$ с. Ложные отметки в стробе сопровождения описываются равномер-

ным пространственным распределением. Количество ложных отметок подчиняется закону Пуассона.

На рис. 3 показаны вероятности сброса ложной траектории с сопровождения на k-м обзоре $P'_{\text{сбр}}(k)$, $k=\overline{1,10}$, рассчитанные аналитически (квадраты) и полученные экспериментально (ромбы). Отличия между результатами обусловлены тем, что при расчете плотности вероятности ложной отметки с максимальной решающей статистикой не учитывалось наличие нескольких ложных отметок в стробе и ее усечение проводилось только по входному порогу $H_{\text{вх}}$. Среднее время обнаружения сопровождения ложной траектории, выраженное в числе обзоров и вычисленное по формуле (1), равно $\overline{k}=4.37$, а полученное экспериментально — $\overline{k_{\text{э}}}=4.75$. Таким образом, ошибка составляет менее одного обзора, что позволяет использовать данный подход для предварительной оценки эффективности алгоритма.

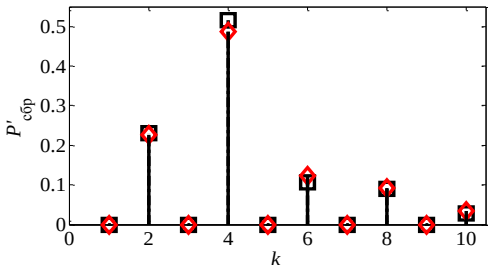

Рисунок 3

Литература

1. Кузьмин С. З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации / С. З. Кузьмин.— М. : Сов. радио, 1974. — 432 с.

2. Информационные технологии в радиотехнических системах : учеб. пособие для вузов / [Васин В. А., Власов И. Б., Егоров Ю. М. и др.]; под ред. И. Б. Федоров.— М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.— 671 с. — ISBN 5-7038-2263-7.

Анотація

На основі критерію l/n отриманий двоетапний алгоритм виявлення зриву супроводження траєкторії цілі при використанні значень вирішальних статистик. Його аналіз виконаний для випадку, при якому на першому етапі використовується критерій скидання 2/2, а на другому — 2/4, аналітично і за допомогою статистичного моделювання.

Ключові слова: скидання траєкторії, супроводження цілі, вирішальні статистики.

Аннотация

На основе критерия l/n получен двухэтапный алгоритм обнаружения срыва сопровождения траектории цели с использованием значений решающих статистик. Его анализ выполнен для случая, когда на первом этапе используется критерий сброса 2/2, а на втором — 2/4, аналитически и с помощью статистического моделирования.

Ключевые слова: сброс траектории, сопровождение цели, решающие статистики.

Abstract

With the use of decision statistics, on the basis of l/n test there was obtained two-stage detection of tracking loss algorithm. Algorithm analysis, which is used in the first stage termination test 2/2, and in the second stage — 2/4, is executed analytically and using statistical simulations.

Keywords: terminate track, target tracking, decision statistics.