

ОБНАРУЖЕНИЕ ЦЕЛИ В ИМПУЛЬСНО-ДОПЛЕРОВСКОЙ РЛС НА ОСНОВЕ МНОГООБЗОРНОГО НАКОПЛЕНИЯ СИГНАЛОВ

Неуймин А. С., аспирант; Жук С. Я., д.т.н., профессор

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Накопление сигналов широко используется при решении задач оптимального приема в различных радиоэлектронных системах [1]. Для обнаружения движущихся объектов на последовательности изображений алгоритмы накопления и сопровождения используются совместно и получили название «сопровождение до обнаружения» [2]. В работе [3] данный подход предложено использовать для обнаружения траектории цели в обзорных РЛС путем многообзорного некогерентного накопления сигналов. Представляет интерес разработка алгоритмов многообзорного накопления сигналов ИД РЛС, которые находят широкое распространение на практике.

Рассматривается задача многообзорного накопления по двум координатам дальности r и радиальной скорости \dot{r} , которая сводится к задаче обнаружения траектории цели. Отраженный от цели сигнал представляет собой когерентную пачку радиоимпульсов со случайной начальной фазой и известной амплитудой, искаженную белым шумом [1]. Полагается, что задача устранения неоднозначности измерений по дальности и по скорости решена. На k -ом обзоре в результате доплеровской фильтрации сигнала в каждом элементе разрешения по дальности и радиальной скорости определяется нормированная достаточная статистика \bar{Z}_k .

Получен двухпороговый алгоритм обнаружения траектории. В каждом обзоре на первом этапе выполняется первичное обнаружение сигналов. При этом выбор порога H_{ex} проводится в соответствии с требуемой вероятностью ложной тревоги F_1^{ex} на основе известного закона распределения величины \bar{Z}_k . На втором этапе для определения требуемой статистики решается задача сопровождения цели и осуществляется межобзорное накопление по формуле $\bar{Z}_\Sigma = \sum_{k=1}^K \bar{Z}_k^2$.

При попадании в строб нескольких отметок, для дальнейшего сопровождения выбирается отметка с максимальным значением статистики \bar{Z}_k , а при их отсутствии — траектория снимается с сопровождения. Накопленные за K обзоров значения \bar{Z}_Σ сравниваются с порогом $H_{вых}$.

Вероятности правильного D_Σ и ложного F_Σ обнаружения траектории описываются выражениями

$$D_\Sigma = (D_1^{ex})^K (P_{str})^{K-1} (P_{sopr})^{K-1} D_{вых}^{ysl}, \quad F_\Sigma = F_1^{ex} (F_{str})^{K-1} F_{вых}^{ysl},$$

где D_1^{ex} — вероятность превышения статистики отметки цели (ОЦ) \bar{Z}_k порога H_{ex} в обзоре; P_{str} — вероятность попадания ОЦ в строб; P_{sopr} — вероятность того, что в стро́бе на сопровождение будет взята отметка от цели; D_{6blx}^{ysl} — условная вероятность превышения порога H_{6blx} накопленной статистикой \bar{Z}_Σ , при условии, что статистики ОЦ \bar{Z}_k превысили порог H_{ex} в каждом обзоре; F_1^{ex} — вероятность превышения статистики ложной отметки (ЛО) \bar{Z}_k порога H_{ex} на первом обзоре; F_{str} — вероятность появления хотя бы одной ЛО в стро́бе сопровождения; F_{6blx}^{ysl} — условная вероятность превышения порога H_{6blx} накопленной статистикой \bar{Z}_Σ при условии, что для сопровождения используются ЛО с максимальной статистикой \bar{Z}_k .

Анализ алгоритма выполнен путем статистического моделирования на ЭВМ. Темп поступления данных $T = 1$ с., количество элементов разрешения $L_r \times L_f = 20 \times 20 = 400$, $F_1^{ex} = 10^{-1}$. Для описания движения цели использовалась модель второго порядка.

В табл. 1 приведены полученные с помощью метода Монте-Карло $D_{\Sigma_{эксн}}$ — вероятность обнаружения истинной траектории, $F_{\Sigma_{эксн}}$ — вероятность ложной тревоги, Q — выигрыш в отношении сигнал/шум, $P_{срыва}$ — вероятность срыва сопровождения цели, $N_{обн.ЛТр}$ — среднее число обнаруживаемых ложных траекторий для разного количества обзоров K .

Таблица 1

K	1	2	3
$D_{\Sigma_{эксн}}$	0.888	0.899	0.901
$F_{\Sigma_{эксн}}$	$1.4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2.6 \cdot 10^{-6}$
Q , дБ	0	1.71	2.83
$P_{срыва}$	-	0.0056	0.012
$N_{обн.ЛТр}$	0.55	0.02	0.001

С увеличением числа обзоров производится значительное уменьшение вероятности ложной тревоги $F_{\Sigma_{эксн}}$, что позволяет получить выигрыш в отношении сигнал/шум по сравнению с обнаружением в одном обзоре.

Литература

1. 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.
2. Johnston, L. A. Performance analysis of a dynamic programming track before detect algorithm / L. A. Johnston, V. Krishnamurthy // IEEE Transactions on Aerospace and electronic systems.— 2002.— V.38.— № 1.— P. 228 — 242.
3. Кричигин А. В. Алгоритмы многообзорного обнаружения траектории движущейся цели / А. В. Кричигин, Е. А. Маврычев // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева.— 2010.— № 4.— С. 11 — 18.