

## **АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ МНОГОАЛЬТЕРНАТИВНОГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ЦЕЛИ С ОТБРАСЫВАНИЕМ НЕУДАЧНЫХ ГИПОТЕЗ**

*Неуймин А. С.; Жук С. Я., д.т.н., проф.*

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Широкое распространение для оптимального обнаружения траектории цели по данным РЛС находит последовательный критерий Вальда. В [1] на его основе получены алгоритмы последовательного обнаружения траектории цели с использованием решающих статистик (РС) отметок в стробе сопровождения при известном ОСШ. Однако, если фактическое ОСШ цели ниже заданного, то эффективность обнаружения траектории цели полученным алгоритмом резко снижается. Поэтому важное значение имеет разработка адаптивного алгоритма обнаружения траектории цели, имеющего возможность наряду с решением главной задачи, выполнить также оценивание ОСШ.

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

Для синтеза адаптивных алгоритмов можно применить последовательный критерий простого дополнения [2], являющийся дальнейшим развитием двухальтернативного подхода Вальда. Область возможных значений ОСШ дискретизируется, что эквивалентно выдвижению многоальтернативных гипотез относительно его значений. Задача многоальтернативного последовательного обнаружения траектории цели заключается в проверке  $L+1$  альтернативных простых гипотез:  $H_0$  — об отсутствии траектории цели и  $H_l$  — о наличии траектории цели с ОСШ  $q_l$ ,  $l = \overline{1, L}$ .

В соответствии с постановкой задачи многоальтернативной проверки гипотез [2] необходимо при условных вероятностях ошибочного распознавания гипотез и вероятностях правильного распознавания, не ниже заданных, получить последовательное решающее правило, которое позволит по наблюдениям  $Z_k, M_k$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots$  принять одно из решений  $\hat{H}_i, i = \overline{0, L}$ .

В соответствии с последовательным критерием простого дополнения, задача многоальтернативного распознавания  $L+1$  простых гипотез сводится к  $L+1$  двухальтернативным задачам проверки простой  $H_l$  гипотезы против сложной альтернативы  $\Theta_l$ . Сложная гипотеза  $\Theta_l$  является объединением простых гипотез  $H_i$ ,  $i = \overline{0, L}, i \neq l$ ,  $\Theta_l = \bigcup_{i=0, i \neq l}^L H_i$ . Для решения  $L+1$  дву-

хальтернативних задач розпознавання на кожному  $k$ -м обзорі визначаються  $L+1$  відношень правдоподібності, які порівнюються з нижніми порогоми  $B_l$ ,  $l = \overline{0, L}$  [2]

$$\Lambda_l(k) = \frac{f(Z^k, M^k | H_l)}{f(Z^k, M^k | \Theta_l)} \leq B_l, \quad l = \overline{0, L}, \quad (1)$$

де  $f(Z^k, M^k | H_l)$ ,  $f(Z^k, M^k | \Theta_l)$  — функції правдоподібності (ФП) простої гіпотези  $H_l$  і складної гіпотези  $\Theta_l$ .

При виконанні умови (1) при  $l = j$  приймається рішення в користь складної гіпотези  $\Theta_j$ , яке еквівалентно рішенням об відхиленні простої гіпотези  $H_j$ . Таким чином, рішення в користь простої гіпотези  $H_i$  може бути прийнято після того, як відхиляються інші  $L$  простої гіпотез  $H_l, l = \overline{0, L}, l \neq i$ , для яких одночасно виконуються умови (1).

Возможність відхилення невдачних простої гіпотез дозволяє реалізувати процедуру їх відкидання. При цьому проводиться корекція постановки задачі. Якщо залишилася одна проста гіпотеза  $H_l$ , то виконується припинення спостережень і приймається рішення в її користь.

**Аналіз ефективності** розробленого алгоритму проведено з допомогою статистичного моделювання. При відсутності цілі РС підпорядковується експоненціальному закону розподілу, а при наявності цілі — закону розподілу на основі моделі відбитого сигналу Сверлінг 1. Припускається, що ОСШ може приймати значення  $q_1 = 2.5$ ,  $q_2 = 7$ ,  $q_3 = 16$ , тому  $L=3$  і перевіряються чотири простої гіпотези  $H_l$ ,  $l = \overline{0, 3}$ .

На рис. 1 представлені середнє число обзорів і ймовірності правильного виявлення ложної траєкторії, а на рис. 2 — середнє число обзорів і ймовірності правильного виявлення траєкторії цілі з ОСШ  $q_r = 2.5$ , отримані адаптивним багатоальтернативним алгоритмом виявлення траєкторії цілі. Також з метою порівняння було виконано аналіз неадаптивного алгоритму двухальтернативного послідовного виявлення траєкторії цілі [1] з заданими значеннями ОСШ  $q = 2.5$  і  $q = 16$ . Як випливає з рис. 1 середнє число обзорів правильного виявлення ложної траєкторії при використанні адаптивного багатоальтернативного алгоритму і неадаптивного двухальтернативного алгоритму з заданим ОСШ  $q = 2.5$  близькі. Це обумовлено тим, що в результаті відкидання невдачних гіпотез, багатоальтернативний алгоритм перетворюється в двухальтернативний, в якому конкурують сусідні гіпотези  $H_0$  і  $H_1$ . Як випливає з рис. 2 при використанні неадаптивного двухальтернативного алгоритму з заданим ОСШ  $q = 16$ , цілі з ОСШ  $q_r = 2.5$

практически не обнаруживается. При этом адаптивный многоальтернативный алгоритм обнаруживает ее с вероятностью 0.96. Применение полученного алгоритма позволяет сократить вычислительные затраты, поскольку необходимо рассчитывать ФП и выполнять проверку условия (1) только для оставшихся гипотез.

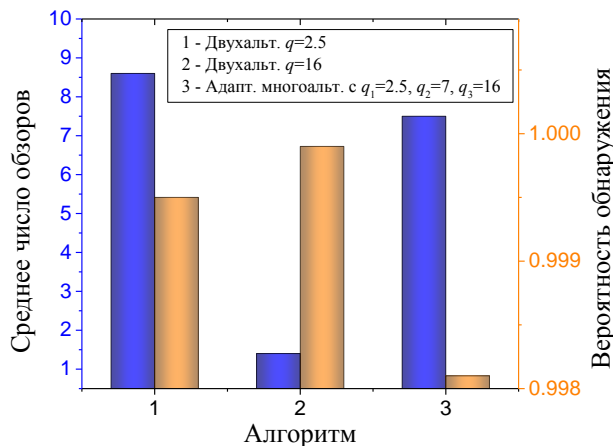


Рисунок 1.

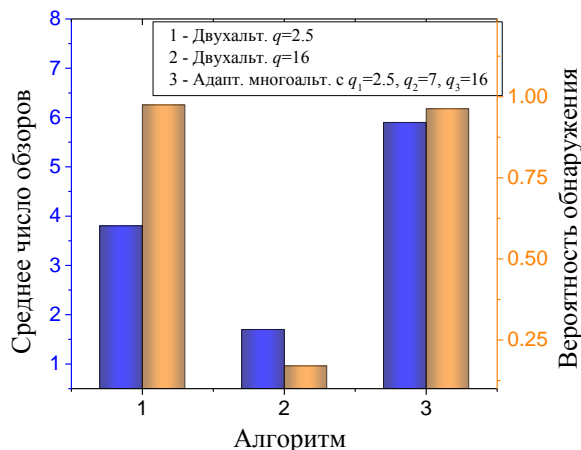


Рисунок 2.

### Перечень источников

1. Неуймин А. С. Последовательное обнаружение траектории цели с использованием решающих статистик отметок / А.С. Неуймин, С.Я. Жук // Изв. вузов. Радиоэлектроника.— 2014.— № 6.— С. 35–46.
2. Жук С. Я. Многоальтернативное последовательное решающее правило с отбрасыванием неудачных гипотез / С.Я. Жук, В.И. Ковалев // Проблемы управления и информатики.— 2000.— № 4.— С. 88-96.

### Анотація

На основі послідовного критерію простого доповнення отриманий адаптивний алгоритм багатоальтернативного послідовного виявлення траєкторії цілі по нижнім порогам з використанням вирішальних статистик відміток при невідомому ВСШ. Застосування нижніх порогів дозволяє реалізувати процедуру відкидання невдалих гіпотез.

Ключові слова: виявлення траєкторії цілі, вирішальні статистики, невідоме ВСШ.

### Аннотация

На основе последовательного критерия простого дополнения получен адаптивный алгоритм многоальтернативного последовательного обнаружения траектории цели по нижним порогам с использованием решающих статистик отметок при неизвестном ОСШ. Применение нижних порогов позволяет реализовать процедуру отбрасывания неудачных гипотез.

Ключевые слова: обнаружение траектории цели, решающие статистики, неизвестное ОСШ.

### Abstract

An adaptive multialternative sequential target track detection algorithm on the lower thresholds which are based on the simple additions sequential test using plots decision statistics with unknown target SNR is synthesized. The use of lower thresholds allows for discarding procedure failed hypotheses.

Keywords: target track detection, decision statistics, unknown SNR.