

УДК 621.396.969.3

УСРЕДНЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБНАРУЖЕНИЯ КРИТЕРИЯ ХОТЕЛЛИНГА

К. т. н. В. А. Аверочкин, В. Г. Танчик

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
averochkin@mail.ru

Проводится сравнительный анализ усредненных по скорости цели характеристик обнаружения многоканального обнаружителя Неймана-Пирсона и одноканального обнаружителя Хотеллинга, использующего структурные свойства ковариационных матриц помех для повышения скорости сходимости характеристик обнаружения к потенциальным значениям.

Ключевые слова: критерий Хотеллинга, характеристики обнаружения, скорость сходимости.

Одной из важнейших характеристик любой системы обнаружения является ее способность обеспечивать постоянный уровень вероятности ложной тревоги в условиях неизвестной и меняющейся помеховой обстановки. Возможным подходом к построению радиолокационных систем обнаружения, обеспечивающих стабилизацию вероятности ложной тревоги в условиях гауссовых помех с априорно неизвестными и меняющимися ковариационными свойствами, является использование решающей статистики Хотеллинга [1]

$$T^2 = X_n^T \hat{B}_n^{-1} X_n \underset{H_0}{\overset{H_1}{>}} T_0^2, \quad (1)$$

где X_n – n -мерный вектор входной выборки; n – количество обрабатываемых импульсов; \hat{B}_n – независимая от X_n оценка ковариационной матрицы помехи B_n , T_0^2 – порог процедуры обнаружения.

Целью работы является сравнительный анализ усредненных по скорости цели характеристик обнаружения различных процедур формирования одноканальной статистики (1) и многоканального обнаружителя Неймана-Пирсона.

В [2] было показано, что потенциальные характеристики обнаружения критерия Хотеллинга, реализуемые при известных параметрах помех, определяются соотношениями

$$F = \Gamma\left(\frac{n}{2}, \frac{U_0^2}{2}\right) / \Gamma\left(\frac{n}{2}\right); \quad (2)$$

$$D = \frac{e^{-\frac{\lambda}{2}}}{\sqrt{\pi}} \sum_{r=0}^{\infty} \frac{(2\lambda)^r}{(2r)!} \cdot \frac{\Gamma(r+0,5)}{\Gamma\left(r+\frac{n}{2}\right)} \cdot \Gamma\left(\frac{n}{2}+r, \frac{U_0^2}{2}\right); \quad (3)$$

где U_0^2 – порог процедуры обнаружения; $\lambda = S_n^T B_n^{-1} S_n$, S_n – вектор обнаруживаемого сигнала; $\Gamma(n)$ – гамма-функция.

В [2] рассматривались характеристики обнаружения критерия (1), и было установлено, что в этом случае характеристики обнаружения определяются соотношениями

$$F = 1 - B\left(\frac{n}{2}, \frac{m-n+1}{2}, \frac{T_0^2}{m+T_0^2}\right) / B\left(\frac{n}{2}, \frac{m-n+1}{2}\right); \quad (4)$$

$$D = 1 - \frac{e^{-\frac{\lambda}{2}}}{B\left(\frac{n}{2}, \frac{m-n+1}{2}\right)} \sum_{r=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{\lambda}{2}\right)^r}{r!} B\left(\frac{n}{2} + r, \frac{m-n+1}{2}, \frac{T_0^2}{m+T_0^2}\right), \quad (5)$$

где m – объем обучающих выборок, используемых для оценивания \hat{B}_n ; $B(m, n, k)$ – неполная бета-функция.

Анализ соотношений (2) и (4) показывает, что вероятности ложной тревоги, реализуемые обнаружителями Хотеллинга, не зависят от параметров действующих помех.

В [3] рассматривалась возможность улучшения динамических характеристик обнаружителя Хотеллинга в условиях неизвестной помеховой обстановки за счет использования структурного свойства персимметричности ковариационных матриц выборок с одинаковыми межэлементными временными интервалами. В этом случае удается за счет использования независимой от свойств помех линейной обработки обеспечить некоррелированность, а в случае гауссовости — и независимость сигналов квадратурных каналов, и одинаковость их ковариационных матриц. Показано, что усреднение оценок ковариационных матриц, полученных в каждом из квадратурных каналов позволяет существенно улучшить динамические характеристики процедуры Хотеллинга.

Типичным условием работы радиолокационных систем обнаружения является априорная неопределенность относительно скорости цели. Использование в этом случае критерия Неймана—Пирсона предполагает многоканальное построение обнаружителя с последующим отбором максимального значения решающей статистики. Обнаружитель Хотеллинга при этом остается одноканальным ввиду независимости его решающей статистики от обнаруживаемого сигнала. Учитывая изложенное, методом статистического моделирования был проведен расчет усредненных по скорости цели потенциальных характеристик обнаружения многоканального обнаружителя Неймана—Пирсона и обнаружителя Хотеллинга при известных параметрах помех и в условиях неизвестной помеховой обстановки при использовании статистики (1) и использовании декорреляции сигналов квадратурных каналов с последующим усреднением оценок ковариационных матриц. Сравнительный анализ характеристик показал, что в условиях коррелированных помех и известной помеховой обстановки при $D \leq 0,5$ процедура Хотеллинга незначительно уступает в отношении сигнал/помеха многоканальному обнаружителю Неймана—Пирсона, а при $D > 0,5$ выигрывает у него. Установлено, что в условиях неизвестной помеховой обстановки построение обнаружителя Хотеллинга с использованием декорреляции сигналов квадратурных каналов и усреднением оценок ковариационных матриц полученных в каждом квадратурном канале, обеспечивает потери в отношении сигнал/помеха по сравнению со случаем известной помеховой обстановки не более 3 дБ при $m \geq 10$.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ / Под ред. Б. В. Гнеденко.— Москва: Физматгиз, 1963.
2. Аверочкин В.А. Характеристики рекуррентного обнаружителя Хотеллинга // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова.— 2004.— № 3.— С. 51—53.
3. Аверочкин В. А., Садченко А. В., Кушниренко О. А., Рогачев Д. И. Характеристики адаптивного обнаружителя Хотеллинга, использующего овеществление ковариационных матриц // Труды XIII МНПК «Современные информационные и электронные технологии».— Украина, г. Одесса.— 2012.— С. 190.

V. A. Averochkin, V. G. Tanchik

Averaged detection characteristics of Hotelling's test

The paper presents a comparative analysis of the average speed target detection characteristics of the multi-channel Neyman-Pearson detector and single-channel Hotelling detector using structural properties of covariance matrices of noise to improve the convergence speed of detection characteristics to potential values.

Keywords: *Hotelling's test, detection characteristics, the rate of convergence.*