

АДАПТИВНЫЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ С ЛОГИКОЙ ВЫБОРА «БОЛЬШЕЕ ИЗ» НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ ПОРЯДКОВЫХ СТА- ТИСТИК

И.В. Таранченко
(представил д.т.н., проф. Ю.Г. Даник)

Разработана структура адаптивного обнаружителя на основе линейных комбинаций порядковых статистик, обеспечивающего стабилизацию вероятности ложной тревоги при нестационарном помеховом фоне. Проведена сравнительная оценка показателей качества обнаружения разработанного и известного устройства на порядковых статистиках с логикой выбора «большее из», показаны преимущества нового устройства.

Введение. При обработке радиолокационной информации для адаптивного обнаружения целей, как правило, используются параметрические обнаружители, которые строятся по принципу «скользящего окна» с последующей оценкой неизвестной дисперсии помехового фона. Такие обнаружители обеспечивают постоянный уровень ложных тревог (ПУЛТ), поэтому их часто называют ПУЛТ-процессорами. В зависимости от способа вычисления неизвестной дисперсии помехи различают четыре класса ПУЛТ-процессоров [1]:

- с усреднением мощности выборок по элементам «окна»;
- с использованием различной логики на элементах «окна»;
- на основе порядковых статистик (ПС-ПУЛТ-процессоры);
- адаптивные к параметрам нерэлеевских распределений амплитуд помех.

При работе в сложной целевой обстановке и наличии нестационарных помех наиболее эффективным является ПС-ПУЛТ-процессор [1 – 4].

Постановка проблемы. Существующий ПС-ПУЛТ-процессор на порядковых статистиках с логикой выбора «большее из» (ПС-БИ-ПУЛТ-процессор), который предназначен для работы при воздействии мощных нестационарных помех и обнаружении элементов групповых целей имеет существенные потери [3].

Постановка задачи. Разработать новый тип ПУЛТ-процессора, который вносил бы меньшие потери и имел бы такие же качественные ха-

раактеристики по стабилизации вероятности ложной тревоги (ВЛТ), как и известный адаптивный обнаружитель.

Структурная схема ПС-БИ-ПУЛТ-процессора показана на рис. 1, где в блоках 1, 2 осуществляется выбор К-й порядковой статистики.

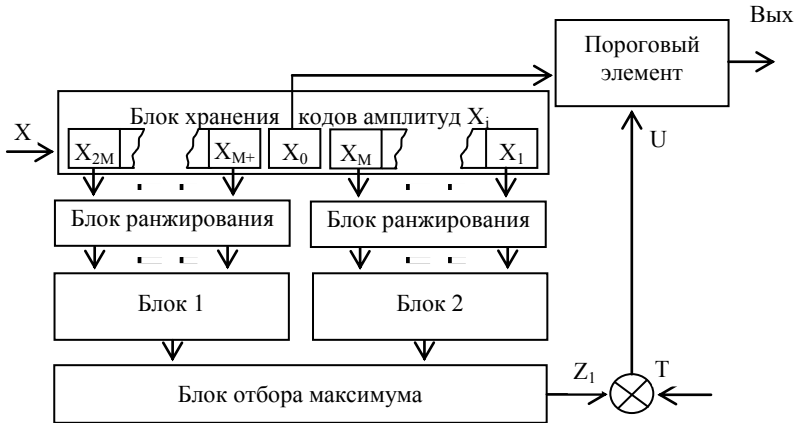


Рис. 1. Структурная схема ПУЛТ-процессора

С одной стороны применение логики «большее из» позволяет стабилизировать ВЛТ на требуемом уровне при нестационарной помехе, с другой – применение ПС позволяет обеспечить возможность эффективного обнаружения групповых целей с произвольной скважностью входящих в ее состав слагаемых элементов. Но как было доказано в работе [4], метод линейных комбинаций порядковых статистик (ЛКПС) уменьшает потери при обработке эхо-сигналов без потерь качества метода классических порядковых статистик. Рассмотрим работу ЛКПС-БИ-ПУЛТ-процессора и определим его показатели качества.

При квадратичном детектировании нормирование относительно дисперсии помехи выборки X_i имеет экспоненциальную плотность вероятности

$$f_1(x) = e^{-x}, \quad x > 0, \quad (1)$$

а плотность вероятности К-й порядковой статистики равна [2, 3]:

$$f_{(K)}(x) = KC_M^K e^{-(M-K+1)x} (1 - e^{-x})^{K-1}. \quad (2)$$

Плотность вероятности линейной комбинации порядковых статистик от 1 до K_1 будет равна [4]:

$$f_{K_1}(x) = \frac{K_1(K_1 x)^{M-1}}{(M-1)!} e^{-K_1 x}. \quad (3)$$

При адаптивном управлении порогом вероятность правильного обнаружения имеет вид

$$P_D = \int_0^{\infty} P_D(U_{\Pi}, \rho^2) f\left(\frac{U_{\Pi}}{T}\right) d\frac{U_{\Pi}}{T}, \quad (4)$$

где $P_D(U_{\Pi}, \rho^2) = \exp\left(-\frac{U_{\Pi}}{1+\rho^2}\right)$ – ВПО при известном СКО помехи σ_{Π} , а при логике выбора «большее из» [3]:

$$f\left(\frac{U_{\Pi}}{T}\right) = 2 \cdot f(x) \cdot F(x). \quad (5)$$

Подставляя формулы (2) или (3) в (5), а затем в (4) и используя табличные интегралы, находим вероятности правильного обнаружения для ПС-БИ-ПУЛТ-процессора и ЛКПС-БИ-ПУЛТ-процессора:

$$(P_D)_{\text{БИ-ПС}} = \left(KC_M^K\right)^2 \left[B(\alpha_1 + \beta, K) - \sum_{k=0}^{K-1} (-1)^k \frac{C_{K-1}^k}{\beta + k} B(\alpha_1 + 2\beta + k, K) \right]; \quad (6)$$

$$(P_D)_{\text{БИ-ЛКПС}} = 2 \left(\frac{K_1^M}{(M-1)!}\right)^2 \frac{(2M-1)!}{M(2K_1 + \alpha_2)^{2M}} {}_2F_1\left(1, 2M; 1+M; \frac{K_1}{2K_1 + \alpha_2}\right), \quad (7)$$

где $B(x, y)$ – бэта-функция, $\alpha_1 = \frac{T_{\text{ПС-БИ}}}{1+\rho^2}$, $\alpha_2 = \frac{T_{\text{ЛКПС-БИ}}}{1+\rho^2}$, $\beta = M - K + 1$;

${}_2F_1(\alpha, \beta; \gamma; z)$ – гипергеометрическая функция Гаусса [5]; $T_{\text{ПС(ЛКПС)-БИ}}$ – пороговая константа, зависящая от требуемой величины ВЛТ.

Итерационным методом, используя формулы (6) и (7), найдем пороговые константы при ВЛТ $P_F = 10^{-6}$, а затем построим графики изменения ВПО.

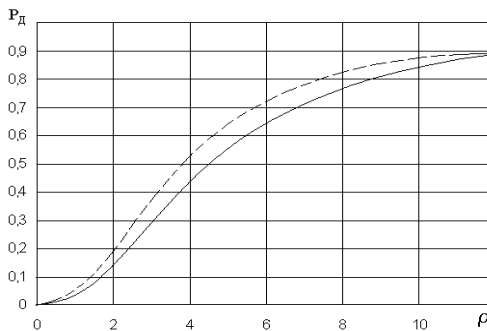


Рис. 2. Графики вероятности правильного обнаружения ПС(ЛКПС)-БИ-ПУЛТ-процессора

На рис. 2 показаны графики ВПО для ПС-БИ-ПУЛТ-процессора (сплошная линия) и ЛКПС-БИ-ПУЛТ – процессора (пунктирная линия). Из анализа данного графика видно, что использование метода линейных комбинаций порядковых статистик обеспечивает стабилизацию вероятности ложной тревоги при нестационарном помеховом фоне и позволяет получить существенный выигрыш по сравнению с методом порядковых статистик.

Выводы. Заменяя блоки 1 и 2 устройства на рис. 1 на блоки, реализующие метод линейных комбинаций порядковых статистик, адаптивное устройство вносит меньше потерь, чем при известном методе. Есть возможность уменьшить размер «скользящего окна» (при использовании метода линейных комбинаций порядковых статистик), что приведет к уменьшению времени обработки сигнала в адаптивном обнаружителе без увеличения потерь. Перспективы дальнейших исследований – это анализ показателей качества при применении смешанной логики работы адаптивного обнаружителя с применением методов порядковых статистик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакулев П.А., Басистов Ю.А., Тугуши В.Г. *Обработка сигналов постоянным уровнем ложных тревог (обзор) // Радиоэлектроника. – 1989. – Т. 32, № 4. – С. 4 – 15. (Изв. выш. учебн. заведений).*
2. Андреев Ф.М., Пащенко Р.Э., Таранченко И.В. *Сравнительный анализ адаптивных обнаружителей при локации групповых целей // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2003. – Вып. 4. – С. 170 – 182.*
3. Андреев Ф.М., Пащенко Р.Е., Артюх А.А. – *Деклараційний патент № 50900А(Г01S7/02) “Пристрій стабілізації імовірності хибної тривоги” з пріоритетом від 21.11.2000, бюл. № 11 державного департаменту інтелектуальної власності при Міністерстві освіти та науки України.*
4. *Пристрій стабілізації імовірності хибної тривоги. Деклараційний патент 58254 А Україна: G01S7/02 / Андреев Ф.М., Пащенко Р.Е., Таранченко И.В. – № 2002118766: Заявл. 05.11.02: Оpubл. 15.07.2003 Бюл. № 7. – 3 с.: кресл.*
5. Градштейн И.С., Рыжик И.М. *Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: ГИФМЛ, 1962. – 1100 с.*

Поступила 26.12.2003

Таранченко Игорь Викторович, адъюнкт ХВУ. В 1998 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – первичная обработка радиолокационных сигналов.