

## **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.

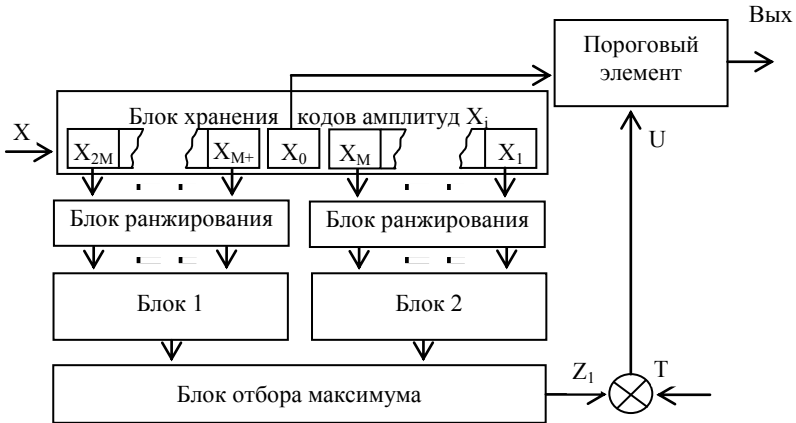


Рис. 1. Структурная схема ПУЛТ-процессора

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  $\sigma_{\Pi}$ , 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.

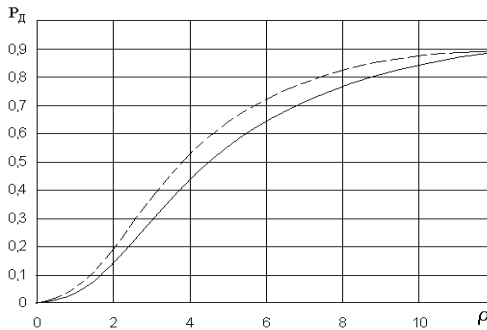


Рис. 2. Графики вероятности правильного обнаружения ПС(ЛКПС)-БИ-ПУЛТ-процессора

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. высш. учебн. заведений).*
2. Андреев Ф.М., Пащенко Р.Э., Таранченко И.В. *Сравнительный анализ адаптивных обнаружителей при локации групповых целей // Системы обработки інформації. – 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: Опубл. 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.