

И.И. Гребенюк, О.В. Стенин,  
А.В. Тищенко

## МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ИНВАРИАНТНЫХ К НЕИЗВЕСТНОМУ УРОВНЮ ШУМА ПРАВИЛ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА

In this paper the methods of obtaining of invariant regulatins required to detect low-altitude targets by means of f ship radar is analysed and possible ways of the Vald-successire detector employment for low-altitude supersonic targets is generalized. The experimental data cited here will take interest of specialists designing multi-channel radars.

При решении задачи синтеза автоматизированных корабельных обнаружителей быстроходных низколетящих целей, при многочастотном обнаружении в условиях применения корабельными РЛС режима быстрой перестройки частоты (БПЧ) и для последовательной Вальдовской решающей процедуры с предварительным инвариантным бинарным квантованием данных мешающими параметрами являются неизвестные уровни шума. Распределение наблюдаемых данных характеризуется при этом неизвестными масштабными параметрами.

Инвариантными называются такие правила, которые используют инвариантные статистики  $V(x)$  с условием:

$$V(gx) = V(x), g \in G \quad (1)$$

где,  $g$  - мешающий параметр масштаба;

$x$  - множество отчетов данных;

$G$  - множество мешающих параметров масштабов.

В случае одного неизвестного параметра масштаба в качестве преобразования  $g$  в (1) выступает умножение на произвольную положительную константу:

$$gx = (\lambda x_1, \dots, \lambda x_i, \dots, \lambda x_n), \lambda > 0 \quad (2)$$

где  $x_i$  - случайный отсчет,  $i = 1, n$ ;

$\lambda$  - произвольная положительная константа.

Обозначим  $P_1(x)$  -  $n$ -мерную плотность распределения вероятности при выполнении гипотезы  $H_1$  - наличие цели и  $P_0(x)$  - при выполнении гипотезы  $H_0$  - отсутствие цели. Наиболее мощный решающий алгоритм для проверки гипотезы  $H_0$  против альтернативы  $H_1$ , инвариантный относительно измене-

ния масштаба имеет согласно формул (1,2) критическую область (область от-  
вержения  $H_0$ ) вида:

$$\bar{w} = \frac{P_1(x)}{P_0(x)} > G \quad (3)$$

где,  $G$  - константа, выбираемая из условия заданного уровня ложной тревоги  $\alpha$  :

$$\alpha = \int_G^{\infty} P(\bar{w}) d(\bar{w}) \quad (4)$$

где,  $P(\bar{w})$ - плотность распределения статистики  $\bar{w}$  из (3).

Из (3) видно, что для нахождения инвариантной статистики  $\bar{w}$ , необходи-  
мо найти функции  $P_1(\bar{w})$  и  $P_0(\bar{w})$ . Эти функции согласно [1,2] можно опреде-  
лить по следующим формулам:

$$P_1(x) = \int_0^{\infty} P_1(\lambda x_1, \dots, \lambda x_i, \dots, \lambda x_n) \lambda^{n-1} d\lambda \quad (5)$$

вероятность  $P_0(x)$  находится аналогично, заменой в (5)  $P_1$  на  $P_0$ .

Выборочные данные могут быть представлены  $M$  группами, каждая из ко-  
торых имеет свой мешающий параметр масштаба, т.е. является конечной сово-  
купностью отсчетов (данных), которые можно записать в виде:

$$x = x_{11}, \dots, x_{1i}, \dots, x_{1N}, \dots, x_{j1}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{jN}, \dots, \dots, x_{M1}, \dots, x_{Mi}, \dots, x_{MN}; \quad j = 1, M \quad (6)$$

где  $x_i$  - случайный отсчет,  $i = 1, n$ ;

$j = 1, M$  - номер подгруппы, для всех элементов которой, величина мешаю-  
щего масштабного параметра одинакова;

$N$  - количество элементов в подгруппе.

Тогда, как показано в [2], функции  $P_0(x)$  и  $P_1(x)$  можно определить по  
формуле:

$$P_1(x) = \int_0^{\infty} \dots \int_0^{\infty} \lambda_1^{N-1} \dots \lambda_j^{M-1} \cdot P_1(\lambda_1 x_{11}, \dots, \lambda_1 x_{1i}, \dots, \lambda_1 x_{1N}, \dots, \lambda_j x_{j1}, \dots, \lambda_j x_{jN}, \dots, \lambda_M x_{M1}, \dots, \lambda_M x_{Ni}, \dots, \lambda_M x_{MN}) d\lambda_1 \dots d\lambda_j \dots d\lambda_M. \quad (7)$$

Вероятность  $P_0(x)$  находим аналогично, как и в (5).

Таким образом, используя формулы (5) и (7), можно найти статистику  $\bar{w}$  и в соответствии с [3] будет найдено оптимальное инвариантное к неизвестному уровню шума правило обнаружения, по которому можно построить структурную схему устойчивого оптимального обнаружителя.

Однако полученная статистика  $\bar{w}$  часто зависит от информативного (возможно векторного) параметра  $g$  и полученное правило не будет равномерно наиболее мощным (РНМ). Поэтому реализация соответствующего оптимально инвариантного обнаружителя, как правило, затруднена, либо даже невозможна и целесообразно среди инвариантных правил отыскивать локально наиболее мощные (ЛНМ) правила [1, 2, 3]. Для нахождения ЛНМ правила часто используется методика, описанная в [4].

При синтезе обнаружителей с предварительным инвариантным бинарным квантованием данных на первом этапе обнаружения производится инвариантное квантование данных на основании алгоритма:

$$T = y/x > G \quad (8)$$

где  $y$  - отсчет анализируемого участка;

$x$  - отсчет из опорного, шумового участка;

Если выполняется неравенство (8), то принимается решение «1», если же имеет место обратное неравенство, то принимается «0». В результате, анализируемая величина  $y$  квантуется на два уровня, причем алгоритм квантования, как видно, инвариантен к масштабу наблюдений. Вероятность превышения порога  $G$ , т.е. вероятность квантования «1» можно в соответствии с [5, 6] рассчитать по формуле:

$$P = \int_G^{\infty} f(t) dt \quad (9)$$

где  $f(t)$  - плотность вероятности распределения статистики  $T$  из (8).

На втором - заключительном этапе обнаружения производится суммирование единиц поступающих после квантования и сравнения полученной суммы со вторым порогом. Если сумма превысит его, то принимается решение о наличии цели; если нет, то об отсутствии.

На втором этапе работы последовательного (Вальдовского) обнаружителя производится суммирование единиц и нулей, поступающих с выхода первого этапа, формирование соответствующей статистики [7, 8] и сравнение ее с двумя порогами рассчитанными по заданным вероятностям правильного обнаружения и ложной тревоги при заданном уровне расчетного параметра  $g$  - отношения сигнал-шум. При превышении этой статистикой верхнего порога, принимается решение о наличии цели, если величина статистики окажется меньше

нижнего порога, принимается решение об отсутствии цели, в остальных случаях, когда статистика попадает между верхним и нижним порогами, берется очередное наблюдение и вся процедура повторяется вновь.

Заметим, что, варьируя величиной порога квантования можно пытаться оптимизировать обнаружитель согласно тому или иному критерию.

### Литература

1. Леман Э. Проверка статических гипотез. –М.: Наука, 1979.- 408с.
2. Гаек Я, Шидак З. Теория рантовых критериев. Пер.с англ. под ред. Большева Л.Н.- М.: Наука, 1971. - 376с.
3. Прокофьев В.Н. Одновыборочные инвариантные правила некогерентного обнаружения сигнала в шумах неизвестного уровня. Новосибирск: Наука, Автоматерия. 1983 №4. – С. 97-99.
4. Кендал М.Д., Стюарт А. Теория распределений. Пер. с англ. под ред. Колмогорова А.М. – М.: Наука, 1966. - 588 с.
5. Артамонов А.Ф., Шисинин И.Ф. Контрастный прием на нелинейном приемнике. Радиотехника, 1972. -№6. – С. 94-97.
6. Вальд А. Последовательный анализ. Пер. с англ. под ред. Севастьянова Б.А. –М.: Физматгиз, 1960. - 216 с.
7. Прокофьев В.Н. Некогерентный обнаружитель флуктуирующих сигналов в шумах неизвестной интенсивности. Известия ВУЗов СССР. Радиоэлектроника. 1970. –Т13. -№2. – С. 122-127.