## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОГОВОГО УРОВНЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДАЛЬНОСТНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ПОРТРЕТОВ

И. В. Лазарев, В. С. Кириллов

Воронежский институт МВД России Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 05.07.2010 г.

**Аннотация:** с учётом различий в законах распределения обрабатываемой статистики сигнала и шума получены выражения для оценки параметров рабочих характеристик поиска. Приведены значения порогового уровня решения в зависимости от требуемых показателей качества поиска в условиях априорной неопределённости «окна» распознавания.

Ключевые слова: пороговый уровень поиска; методика.

**Abstract:** with the account of differences in signal and noise processed statistics distribution laws the expressions for an estimation of search performance data parameters are received. Values of the decision threshold level depending on required search quality indicators in the presence of recognition "window" aprioristic uncertainty are adduced.

Key words: threshold level of search; a technique.

В процессе проектирования микропроцессорных устройств классификации пространственно-распределённых воздушных объектов в РЛС с широкополосными зондирующими сигналами носителем информации выступает дальностный радиолокационный портрет (ДРЛП), представляющий собой видеоимпульсы сложной формы, характеризующие распределение амплитуд отражённого сигнала по разрешаемым элементам цели и имеющие тесную связь с геометрией воздушного объекта. Извлечение информации о геометрической структуре воздушного объекта из отражённого радиолокационного сигнала связано с необходимостью определения значений нескольких параметров, характеризующих структуру объекта. Данная задача связана с оценкой информативных признаков, содержащихся в ДРЛП. Для этой цели используют различные способы измерения временных параметров, реализуемые с помощью тех или иных структур измерителей.

Следует заметить, что оценка признаков включает два этапа: этап обнаружения, на котором принимается решение о нахождении реализации в «окне» распознавания (применительно к многофункциональной РЛС — строб

Вместе с тем, величины вероятностей  $P_{_{\rm лт}}$  и  $P_{_{\rm пp}}$  зависят от значений пороговых уровней решения, что предопределяет задачу их отыскания с учетом априорной неопределённости, в условиях различий длительности строба целеуказания. В [1] показано, что длительность строба целеуказания превышает в 1,5...2 раза длительность  $\tau_{_{n\,{
m max}}}$  (  $\tau_{_{n\,{
m max}}}$  — длительность ДРЛП, соответствующая наибольшему по размерам воздушному объекту, принадлежащему к первому классу). Это позволяет предположить, что в «окне» распознавания содержится

<sup>©</sup> Лазарев И. В., Кириллов В. С., 2010

конечное число независимых интервалов разрешения, при этом решение о наличии или отсутствии сигнала принимается в каждом интервале разрешения, начиная с первого по факту превышения реализацией величины порогового уровня решения.

Используя подход, рассмотренный в [2] для случая нахождения сигнала в последнем интервале разрешения, вероятности  $P_{_{\rm лT}}$  и  $P_{_{\rm пр}}$  можно представить в виде

$$P_{\rm mt} = 1 - (1 - F(x_0))^m, \tag{1}$$

$$P_{\rm np} = \int_{x_0}^{\infty} \left[1 - F(x)\right]^{m-1} W_1(x) dx. \tag{2}$$

В выражениях (1), (2) величина F(x) оценивается из соотношения

$$F(x) = \int_{x}^{\infty} W_0(x) dx.$$
 (3)

Здесь  $W_1(x),\ W_0(x)$  — плотности распределения вероятности огибающей сигнала и шума соответственно, m — число интервалов разрешения в стробе целеуказания,  $x_0$  — порог обнаружения.

Для определения РХП рассмотрим следующие модели принятой реализации.

Случай 1.

$$\begin{cases} W_{0}(x) = \frac{x}{\sigma_{\xi}^{2}} e^{-\frac{x^{2}}{2\sigma_{\xi}^{2}}}, x \geq 0 \\ W_{1}(x) = \frac{x}{\sigma_{\xi}^{2}} e^{-\frac{x^{2}+U_{m}^{2}}{2\sigma_{\xi}^{2}}} I_{0}\left(\frac{xU_{m}}{\sigma_{\xi}^{2}}\right), x \geq 0 \end{cases}$$

$$(4)$$

где  $\sigma_{\xi}^2$  — дисперсия шума,  $U_m$  — амплитуда сигнала,  $I_0(\cdot)$  — модифицированная функция Бесселя нулевого порядка.

Величины вероятностей  $P_{_{\Pi \Upsilon}}$  и  $P_{_{\Pi P}}$  с учётом плотностей вероятностей  $W_1(x),~W_0(x),$  представленных выражениями (4), приводятся к виду

$$P_{_{\rm JIT}} = 1 - \left(1 - e^{-\frac{X_0^2}{2}}\right)^m, \tag{5}$$

$$P_{\rm np} = \int_{X_0}^{\infty} \left[ 1 - e^{-\frac{x^2}{2}} \right]^{m-1} x e^{-\frac{x^2 + U^2}{2}} I_0(xU) dx. \tag{6}$$

Здесь  $X_{_0}=x_{_0}$  /  $\pmb{\sigma}_{\xi}$  — нормированный порог обнаружения,  $U=U_{_m}$  /  $\pmb{\sigma}_{\xi}$  — нормированная амплитуда сигнала.

$$\begin{cases} W_{0}(x) = \frac{x}{\sigma_{\xi}^{2}} e^{-\frac{x^{2}}{2\sigma_{\xi}^{2}}}, x \geq 0 \\ W_{1}(x) = \frac{x}{\sigma_{\xi}^{2} + \sigma_{x}^{2}} e^{-\frac{x^{2}}{2(\sigma_{\xi}^{2} + \sigma_{x}^{2})}}, x \geq 0 \end{cases}$$
(7)

где  $\sigma_x^2$  — дисперсия амплитуды сигнала.

С учётом выражения (7) вероятность  $P_{_{\rm лт}}$  описывается выражением (5), а вероятность  $P_{_{\rm пр}}$  приводится к виду

$$P_{\text{np}} = \int_{X_0}^{\infty} \left[ 1 - e^{-\frac{x^2}{2}} \right]^{m-1} \cdot \frac{x}{1 + (A)^2} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\left(1 + (A)^2\right)}} dx, (8)$$

где 
$$A = \frac{\sigma_x}{\sigma_{\varepsilon}}$$
.

Случай 3.

$$\begin{cases} W_0(x) = \frac{x}{\sigma_{\xi}^2} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma_{\xi}^2}}, & x \ge 0 \\ W_1(x) = \frac{2}{\Gamma(\chi)} \left(\frac{\chi}{\Omega}\right)^{\chi} \cdot x^{2\chi - 1} \cdot e^{-\frac{\chi}{\Omega}x^2}, & x \ge 0; \chi \ge \frac{1}{2} \end{cases} , (9)$$

где  $\chi, \Omega$  — параметры формы и масштаба, соответственно, в распределении Накагами.

С учётом (9) вероятность  $P_{_{\rm ЛT}}$  аналогична выражению, приведенному в (5), а вероятность  $P_{_{\rm ID}}$  приводится к виду

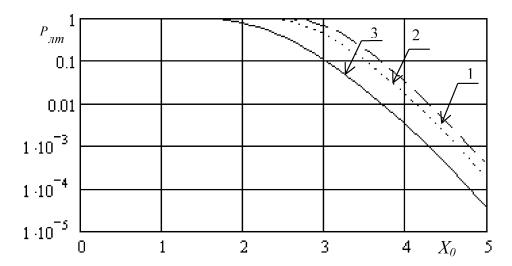
$$P_{\rm np} = \frac{2}{\Gamma(\chi)} \left( \frac{\chi \sigma_{\xi}^2}{\Omega} \right)^{\chi} \int_{X_0}^{\infty} \left[ 1 - e^{-\frac{\chi^2}{2}} \right]^{m-1} X^{2\chi - 1} e^{-\left[\frac{\chi \sigma_{\xi}^2}{\Omega^2}\right]^{\chi^2}} dX, \tag{10}$$

где 
$$\chi = \frac{\Omega^2}{\Omega^2 - U_{m}^4}$$
.

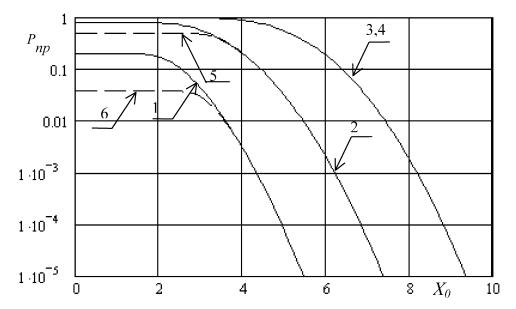
Графики, полученные в соответствии с выражениями (5), (6), (8), (10) приведены на рис. 1, 2, 3.

На рис. 1 изображена зависимость вероятности ложной тревоги от нормированного порога. При этом на графике кривая 1 построена для величины m=100, кривая 2 построена для величины m=50, кривая 3 построена для величины m=10.

На рис. 2 изображена зависимость вероятности правильного обнаружения от величины



 $Puc.\ 1.\$ Зависимости вероятности ложной тревоги от величины  $X_0$ 

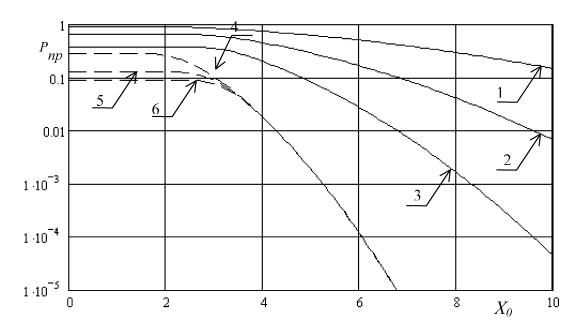


 $Puc.\ 2.\$ Зависимости вероятности правильного обнаружения от величины  $X_a$ 

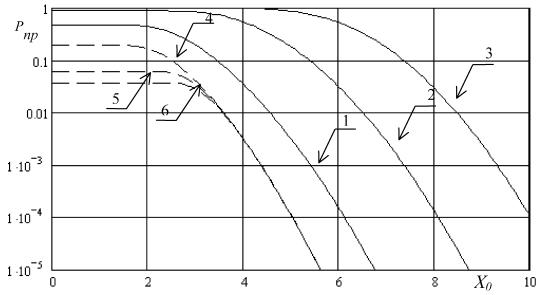
нормированного порога для случая 1. При этом на графике кривая 1 построена для нормированной амплитуды сигнала равной U=1 и при величине m=10, кривая 2 построена для нормированной амплитуды сигнала равной U=3 и при величине m=10, кривая 3 построена для нормированной амплитуды сигнала равной U=5 и при величине m=10, кривая 4 построена для нормированной амплитуды сигнала равной U=5 и при величине m=100, кривая 5 построена для нормированной амплитуды сигнала равной U=3 и при величине m=100, кривая 6 построена для нормированной амплитуды сигнала равной U=1 и при величине U=100, кривая 6 построена для нормированной амплитуды сигнала равной U=1 и при величине U=100.

На рис. 3 показана зависимость вероятности правильного обнаружения от величины нормированного порога в различных условиях для случая 2. На графике кривая 1 построена для A=5 и при величине m=10, кривая 2-для A=3 и при величине m=50, кривая 3для A=2 и при величине m=100, кривая 4для A=1 и при величине m=10, кривая 5 построена для A=1 и при величине m=50, кривая 6 построена для A=1 и при величине m=50, кривая 6 построена для A=1 и при величине m=100.

На рис. 4 показана зависимость вероятности правильного обнаружения от величины нормированного порога для случая 3. На рис.4 показана зависимость применительно к распре-



 $Puc. \ 3.$  Зависимости вероятности правильного обнаружения от величины  $X_a$ 



Puc. 4. Зависимости вероятности правильного обнаружения от величины  $X_a$ 

делению Накагами. Причём параметр этого распределения получен из условия, что мощности во всех трёх случаях должны быть оди-

наковы. При этом 
$$\chi = \left[1 - \frac{U^4}{\sigma_\xi^4 \left(2 + U^2\right)^2}\right]^{-1},$$

$$\frac{\mathcal{X}\sigma_{\xi}^{2}}{\Omega} = \frac{2 + U^{2}}{\left(2 + U^{2}\right)^{2} - U^{4} / \sigma_{\xi}^{4}}.$$

Рис. 4 построен при следующих условиях. На графике кривая 1 построена для U=2 и при величине m=10, кривая 2 построена для

U=4 и при величине m=50, кривая 3 построена для U=6 и при величине m=100, кривая 4 построена для U=1 и при величине m=10, кривая 5 построена для U=1 и при величине m=50, кривая 6 построена для U=1 и при величине m=100.

Приведенные графики (рис. 1, 2, 3, 4) позволяют оценивать качество поиска сигнала в условиях различных значений интервала строба целеуказания при использовании произвольного закона распределения обрабатываемой реализации, а именно: помеха распределена по закону Рэлея, а сигнал представлен распреде-

Методика определения порогового уровня решения при оценивании информативных признаков...

лениями Рэлея—Райса, обобщённого Рэлея и Накагами.

Таким образом, разработана методика оценки необходимого порогового уровня решения при обеспечении требуемых показателей качества поиска сигнала (вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения) с учётом произвольной протяжённости «окна» распознавания в условиях различий в законах распределения обрабатываемой статистики сигнала и шума.

Лазарев И. В., кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры радиотехники, Воронежский институт МВД России

Тел.: (4732)476-472

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Кириллов В. С., аспирант кафедры радиофизики, Воронежский государственный университет

Teл.: (4732)544-095 E-mail: vkirillow@mail.ru

## ЛИТЕРАТУРА

- 1. Митрофанов Д. Г., Сафонов А. В., Прохоркин А. Г. Моделирование задачи распознавания целей по их радиолокационным изображениям нейросетевым способом / Д. Г. Митрофанов, А. В. Сафонов, А. Г. Прохоркин // Радиотехника. 2007. № 2. С. 3—9.
- 2. Горелик А. Л. Селекция и распознавание на основе локационной информации. / А. Л. Горелик, Ю. Л. Барабаш, О. В. Кривошеев, С. С. Эпштейн; Под ред. А. Л.Горелика. М.: Радио и связь, 1990.

Lazarev I. V., Candidat tech. sci, associate professor, the head of Internal Affairs radio engineering department, Voronezh institute of the Ministry Russia

Tel.: (4732) 476-472

E-mail: vorhmscl@comch.ru

Kirillov V. S., Post-graduate student of radiophysics department, Voronezh State University

E-mail: vkirillow@mail.ru Tel.: (4732) 544-095