

ОПТИМАЛЬНЕ ВИМІРЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ ПРИЙНЯТОГО РАДІОСИГНАЛУ

*Пена Ю. В., к.т.н., доцент; Харечко І. С., аспірант
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

Вступ. Як відомо, при аналізі радіовипромінювань у технічному захисті інформації необхідно оцінити та виміряти небезпечні рівні радіосигналу та його параметри [1]. Оптимальним в цьому плані є, так як і в задачах виявлення [2], критерій мінімуму середнього ризику [3].

Основна частина. Середній ризик [3] знаходиться як математичне сподівання випадкової величини $\bar{r}(\alpha, \alpha^*)$:

$$\bar{r} = \int_{[\alpha]} \int_{[\alpha^*]} r(\alpha, \alpha^*) p(\alpha, \alpha^*) d\alpha d\alpha^* \quad (1)$$

де $p(\alpha, \alpha^*)$ — щільність ймовірності сумісної реалізації параметра α та його оцінки α^* ; $[\alpha]$, $[\alpha^*]$ — області можливих значень параметра та оцінки.

У випадку використання квадратичної функції вираз (1) матиме вигляд:

$$\bar{r} = \int_{[\alpha]} \int_{[\alpha^*]} r(\alpha^* - \alpha)^2 p(\alpha, \alpha^*) d\alpha d\alpha^* \quad (2)$$

Задача знаходження правила оптимального вимірювання параметрів прийнятого радіосигналу еквівалента задачі визначення оптимальної оцінки при якій досягається мінімум виразів (1) та (2). Рішення такої задачі можна представити наступними етапами:

1. У виразі середнього ризику необхідно ввести статистику прийнятого радіосигналу $y(t) = Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$.

Це виконується заміною в (2) елементу ймовірності $p(\alpha, \alpha^*) d\alpha d\alpha^*$ на йому рівний $p(\alpha, Y) d\alpha dY$, так як будь-яка оцінка — це результат детермінованого алгоритму обробки сигналу: $\alpha^* = \alpha^*[Y]$, а це говорить про те, що існує невинадкова функціональна залежність між α^* та Y .

За формулою множення ймовірностей новий елемент ймовірності в (1) запишеться у вигляді:

$$p(\alpha, Y) d\alpha dY = p(Y) p(\alpha/Y) d\alpha dY \quad (3)$$

де $p(\alpha/Y)$ — апостеріорна щільність розподілу α ; $p(Y)$ — апіорна щільність розподілу Y .

2. Необхідно спростити рівняння (3) шляхом переходу до умовного середнього ризику $\bar{r}(\alpha^*/Y)$.

Для цього формула (3) підставляється в (2) і виокремлюється внутрішній інтеграл з фіксованим значенням Y :

$$\bar{r} = \int_{[\alpha]} \int_{[Y]} (\alpha^* - \alpha)^2 p(Y) p(\alpha/Y) d\alpha dY = \int_{[Y]} \bar{r}(\alpha^*/Y) p(Y) dY,$$

де

$$\bar{r}(\alpha^*/Y) = \int_{[\alpha]} (\alpha^* - \alpha)^2 p(\alpha/Y) d\alpha \quad (4)$$

Мінімум \bar{r} досягається, коли для кожної реалізації Y має місце $\min \bar{r}(\alpha^*/Y)$, тобто, критерій оптимального вимірювання можна записати у вигляді:

$$\bar{r}(\alpha^*/Y) = \min \quad (5)$$

3. Необхідно скласти і вирішити рівняння оптимальної оцінки.

У відповідності з (5) рівняння має вигляд:

$$\frac{d}{d\alpha_{\text{опт}}^*} \bar{r}(\alpha^*/Y) = 0 \quad (6)$$

або з урахуванням (4):

$$2 \int_{[\alpha]} (\alpha_{\text{опт}}^* - \alpha) p(\alpha/Y) d\alpha = 0$$

Звідси

$$\alpha_{\text{опт}}^* \int_{[\alpha]} p(\alpha/Y) d\alpha = \int_{[\alpha]} \alpha p(\alpha/Y) d\alpha$$

Оскільки $\int_{[\alpha]} p(\alpha/Y) d\alpha = 1$, то тоді:

$$\alpha_{\text{опт}}^* = \int_{[\alpha]} \alpha p(\alpha/Y) d\alpha.$$

У відповідності з отриманим рішенням рівняння (6) слідує, що оптимальна оцінка визначається як умовне середнє вимірюваного параметра α або як центр тяжіння апостеріорної щільності його розподілу.

Висновки. Сформульований алгоритм оптимальної оцінки потребує постійного обчислення при обробці прийнятого радіосигналу апостеріорної щільності розподілу $p(\alpha/Y)$, що з практичної точки зору є не зручним, і тому потребує в подальшому здійснення переходу до критерію максимуму правдоподібності $l(Y/\alpha)$.

Література

1. Каргашин В. Л. Проблемы обнаружения и идентификации радиосигналов средств негласного контроля информации / В. Л. Каргашин // Специальная техника — 2000. — № 5. — С. 6 — 16.
2. Шахтарин Б. И. Обнаружение сигналов / Б. И. Шахтарин — СПб: Гелиос АРВ, 2006. — 488 с.
3. Богданович В. А. Теория устойчивого обнаружения, различения и оценивания сигналов / В. А. Богданович, А. Г. Вострецов — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 320 с.