

Секція: МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
Керівники: проф. Ігор Добротвор, доц. Олена Муль

УДК621.37

Микола Бугайов

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

АЛГОРИТМ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЙМОВІРНОСТІ ХИБНОЇ ТРИВОГИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОЗПОДІЛУ МАКСИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ

Запропоновано алгоритм стабілізації ймовірності хибної тривоги, інваріантний до розподілу шуму та значень його параметрів. Сутність алгоритму полягає в розрахунку значення порогу, який є квантилем розподілу максимальних значень.

Ключові слова: виявлення сигналів, ймовірність хибної тривоги, розподіл максимальних значень, інтегральне перетворення.

Mykola Buhaiov

ALGORITHM FOR STABILIZATION OF FALSE ALARM PROBABILITY BY USING THE DISTRIBUTION OF MAXIMUM VALUES

Proposed algorithm for stabilization of false alarm probability that is invariant to distribution of noise and its parameters. The algorithm is based on calculation of threshold that is the cumulant of maximum values distribution.

Keywords: signal detection, probability of false alarm, distribution of maximum values, integral transform.

При проектуванні радіоелектронних систем необхідно вирішувати задачі виявлення сигналів на фоні шуму, коли їх статистичні характеристики є невідомими. Крім того дані характеристики можуть змінюватися в процесі обробки. Тому актуальною є задача розроблення і дослідження алгоритмів виявлення, стійких до зміни статистичних характеристик перешкод, показники якості яких мало відрізнятимуться від оптимальних [1]. Такі алгоритми повинні здійснювати попереднє оцінювання невідомих параметрів шуму по навчаючій вибірці з подальшим використанням цих оцінок для нормування вхідних сигналів пристроєм виявлення або для управління порогом виявлення [2].

В сучасних радіоелектронних системах для виявлення сигналів використовують різні види інтегральних перетворень (Фур'є, Уолша, Мелліна та ін.), які реалізовані, в переважній більшості випадків, в цифровій формі. З точки зору функціонального аналізу [3] при обробці одновимірного випадкового вектора (вибірок шуму) довжиною N відліків $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ вказані перетворення є операторами T і сигнал після перетворення також буде випадковим вектором $\hat{\mathbf{x}} = (\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_N)$ довжиною N , де $\hat{x}_n = T(x_n)$. Для усунення залежності характерних особливостей шуму від його потужності необхідно провести нормування вектора $\hat{\mathbf{x}}$ відповідно до такого виразу

$$\tilde{\mathbf{x}} = \hat{\mathbf{x}} \left(\sum_{n=1}^N \hat{x}_n \right)^{-1}. \quad (1)$$

Серед N відліків вектора $\tilde{\mathbf{x}}$ існує принаймі один із максимальним значенням $\tilde{x}_m = \max(\tilde{\mathbf{x}})$. Для серії із M реалізацій вектора $\tilde{\mathbf{x}}$ таких значень також буде M і з них можна утворити новий вектор $\tilde{\mathbf{x}}_m = (\tilde{x}_{m1}, \tilde{x}_{m2}, \dots, \tilde{x}_{mM})$. Максимальні значення не є

фіксованими величинами – це нові випадкові величини, які залежать від вихідного розподілу та об'єму вибірки [4]. Проте при великих N значення вектора $\tilde{\mathbf{x}}_m$ будуть підпорядковані першому типу асимптотичних розподілів екстремальних значень. Даний розподіл для максимальних значень можна записати у такому вигляді [4]

$$p(\tilde{x}_m) = \frac{1}{b} \exp\left(\frac{a - \tilde{x}_m}{b}\right) \exp\left(-\exp\left(\frac{a - \tilde{x}_m}{b}\right)\right), \quad (2)$$

де $b = 0,779\sigma_{\tilde{x}_m}$ та $a = m_{\tilde{x}_m} - 0,577b$ – параметри розподілу; $m_{\tilde{x}_m}$ і $\sigma_{\tilde{x}_m}$ – вибіркове середнє та середньоквадратичне відхилення вектора $\tilde{\mathbf{x}}_m$.

Тоді значення порогу γ для заданої ймовірності хибної тривоги P_F визначатиметься як значення квантиля розподілу максимальних значень (2) і становитиме $\gamma = a - b \ln(-\ln(1 - P_F))$.

Тобто стабілізація ймовірності хибної тривоги зводиться до розрахунку значення порогу γ при заданому значенні P_F . Для отримання стійких значень оцінок величин $m_{\tilde{x}_m}$ і $\sigma_{\tilde{x}_m}$ необхідно проаналізувати $M \geq 500$ реалізацій вектора $\tilde{\mathbf{x}}_m$. На рис. 1 наведено алгоритм стабілізації ймовірності хибної тривоги.

Шляхом статистичного моделювання при використанні швидкого перетворення Фур'є в якості оператора T було встановлено, що запропонований алгоритм є інваріантним відносно розподілу щільності ймовірностей шуму та значень його параметрів. Причому для кількості реалізацій $M = 500$ відхилення отриманого значення P_F від теоретичного складає не більше 10%. Перспективи подальших досліджень полягають у дослідженні запропонованого алгоритму для інших інтегральних перетворень.

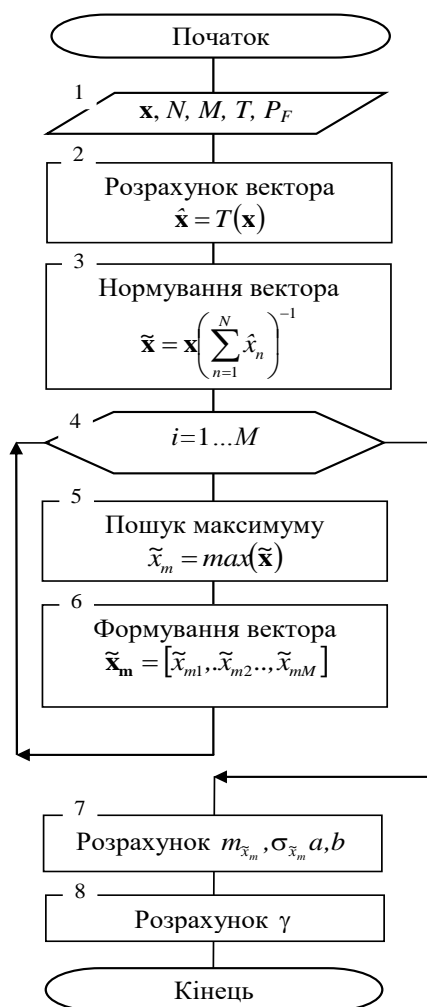


Рис. 1. Алгоритм стабілізації ймовірності хибної тривоги

Література

1. Никитенко В. И. Быстрые непараметрические алгоритмы обнаружения сигналов / В. И. Никитенко. – Минск : БГУ, 2010. – 131 с.
2. Бакулев П. А. Обработка сигналов с постоянным уровнем ложных тревог / П. А. Бакулев, Ю. А. Басистов, В. Г. Тугуши // Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника, 1989. – Т. 32, № 4. – С. 14–15.
3. Вулих Б. З. Введение в функциональный анализ / Б. З. Вулих. – М. : “Наука”, 1967. – 415 с.
4. Гумбель Э. Статистики экстремальных значений. Пер. с англ. В. Ю. Татарского. – М. : Мир, 1965. – 453 с.