

УДК 621.396.96

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БАЙЕСОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА МНОГОКАНАЛЬНОЙ РЛС ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ В ЗАДАННОМ ДИАПАЗОНЕ ДАЛЬНОСТЕЙ

Ю. Н. Дорофеев

Одесский национальный политехнический университет

Украина, г. Одесса

yu_dorofeyev@mail.ru

Разработан алгоритм распределения ограниченного ресурса энергии зондирующего сигнала по направлениям зоны обзора при обнаружении целей в заданном диапазоне дальностей. Исследована эффективность по сравнению со строго оптимальным решением. Определено, что эффективность алгоритма близка к потенциальной при существенно меньших вычислительных затратах.

Ключевые слова: управление параметрами обнаружения, распределение энергии сигнала, эффективность управления.

Одним из возможных средств повышения эффективности обнаружения сигналов в условиях анизотропных помех является управляемое распределение параметров функционирования по каналам контролируемой зоны в соответствии со сложившейся сигнально-помеховой ситуацией [1]. Одним из наиболее простых с точки зрения технической реализации управляемых параметров РЛС является энергия зондирующего сигнала (число импульсов в пачке, энергия импульса). Управление энергией сигнала РЛС как средство дополнительного повышения качества обнаружения сигналов было рассмотрено в [2]. Однако частный характер предложенного решения (для одного элемента дальности) оставляет открытым вопрос о его эффективности и возможности практического применения в реальном масштабе времени при обнаружении в диапазоне дальностей.

В связи с этим в настоящей работе синтезируется алгоритм байесовской оптимизации энергетического параметра сигнала и исследуется его эффективность при обнаружении сигнала в виде дружно флуктуирующей пачки импульсов на фоне некоррелированных помех в заданном диапазоне дальностей.

Необходимо определить распределение энергии зондирующего сигнала E_j между J направлениями зоны обзора, максимизирующее целевую функцию

$$\Psi_A = \max_{E_j} \left\{ \sum_{j=1}^J p_j \sum_{l=l_{\min}}^{l_{\max}} D_{lj}(E_j) \right\},$$

где p_j — априорная вероятность наличия цели, D_{lj} — вероятность правильного обнаружения в j -м направлении в l -м элементе дальности, l_{\min} и l_{\max} — минимальная и максимальная дальность, соответственно, при ограничении на ресурс управляемого параметра, выделяемый на период обзора

$$\sum_{j=1}^J E_j = E_0, \quad E_j \geq 0.$$

С целью аналитического решения задачи была введена аппроксимация функции вероятности правильного обнаружения для заданной модели сигнала при когерентном накоплении:

$$D = F^{1/(1+qE)} \approx 1 - |\ln F| / (qE + k |\ln F|),$$

где F — вероятность ложной тревоги, q — отношение сигнал/помеха перед порогом обнаружения при $E=1$, k — параметр аппроксимации.

После подстановки данного выражения в целевую функцию, разложения содержимого внутренней суммы в степенной ряд и некоторых приближений можно получить

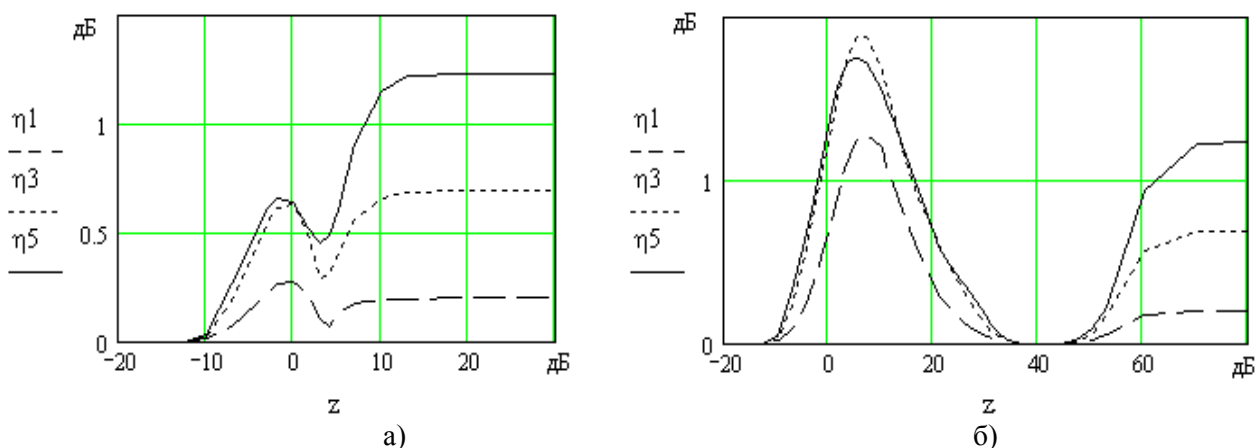
$$\Psi_A \approx \min_{E_j} \sum_{j=1}^J p_j \frac{1}{c q_j E_j / |\ln F| + k}, \quad c = N / \sum_{l=l_{\min}}^{l_{\max}} (l/l_{\max})^4,$$

где N — количество элементов разрешения по дальности, величина q_j соответствует максимальной дальности, а параметр k находится в пределах $0,7 \leq k \leq 1,5$ и зависит от отношения l_{\max}/l_{\min} .

Аналитическое решение поставленной задачи получено методом множителей Лагранжа

$$E_j = \lambda \sqrt{p_j/q_j} - k |\ln F| / c q_j,$$

которое нужно дополнить проверкой положительности полученных значений энергии и, при необходимости, их обнулением (отказ от зондирования в направлении с мощной помехой).



Зависимость эффективности управления от отношения помеха/сигнал при $l=l_{\max}$ (а) и при $l_{\max}/l_{\min}=30$ и $N=100$ (б)

В качестве меры эффективности принято отношение энергоресурсов равномерного и управляемого обзоров η , обеспечивающих одинаковое значение целевой функции. Графики зависимости η от отношения помеха/сигнал z при $J=20$, $p_j=\text{const}$, числе каналов с помехами, равном 1, 3 и 5, показаны на рисунке при обнаружении в одном элементе дальности, когда $l=l_{\max}$, и при $l_{\max}/l_{\min}=30$ и $N=100$. Из рисунка видно, что управление энергией сигнала при обнаружении в диапазоне дальностей увеличивает диапазон мощности помехи, в котором оно эффективно. Сравнение со строго оптимальным решением, полученным методом динамического программирования, показало, что разработанный алгоритм реализует практически потенциальную эффективность при существенно меньших вычислительных затратах, позволяющих реализовать его в масштабе реального времени.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Кузьмин С. З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. - Москва: Радио и связь, 1986. 352 с.
2. Баранов П. Е., Муранов А. С. Распределение энергоресурса при многоканальном обнаружении сигналов на фоне помех неизвестной интенсивности // Радиоэлектроника. — 1988. — № 11.

Y. N. Dorofeyev

Efficiency of Bayesian energy control of the multichannel radar probing signal at detection in the given range of distances.

The authors have developed an algorithm of the energy distribution of the limited probing signal resource, appointed for a period of surveillance in controlled zone, at detection in the given range of distances. The efficiency of the algorithm is compared with a strictly optimal solution. It is shown that the efficiency of the algorithm is close to the potential at substantially lower computational cost.

Keywords: *surveillance parameters control, signal energy distribution, control efficiency.*