

## **ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЫИГРЫША ПРИ СОВМЕСТНОМ ПОИСКЕ И ОБНАРУЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ В РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

Г.В. Худов<sup>1</sup>, В.М. Коновалов<sup>2</sup>, А.М. Кондратов<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил,

<sup>2</sup>Объединенный научно-исследовательский институт Вооруженных Сил, Харьков,

<sup>3</sup>Национальная академия обороны Украины, Киев)

*Производится оценка величины энергетического выигрыша в радиолокационных системах наблюдения, использующая результаты оптимизации совместного поиска и обнаружения объектов .*

**радиолокационная система, поиск, обнаружение, энергетический выигрыш**

**Постановка проблемы в общем виде.** В настоящее время целый класс информационных систем используется для решения задачи поиска и обнаружения объектов в условиях ограниченного поискового потенциала [1]. В статье производится расчет энергетического выигрыша при совместном поиске и обнаружении объектов в радиолокационных системах.

**Анализ последних достижений и публикаций.** В работах [2, 3] предложены алгоритмы совместного поиска и обнаружения объектов наблюдения, произведена оценка эффективности алгоритмов совместного поиска и обнаружения объектов наблюдения. Получены выражения для расчета и рассчитаны условные и безусловные вероятности правильного обнаружения объектов наблюдения, среднее время до обнаружения объектов наблюдения для различных условий функционирования информационных систем наблюдения.

**Цель статьи** – произвести оценку энергетического выигрыша при совместном поиске и обнаружении объектов в радиолокационных системах.

**Постановка задачи и изложение материалов исследований.** В качестве исходных данных примем следующие: априорный закон местоположения объекта наблюдения – нормальный; в качестве информационной системы выберем бортовую радиолокационную систему наблюдения. Оценку энергетического выигрыша будем производить применительно к равномерному распределению энергетического потенциала бортовой РЛС по зоне обзора [1].

Для системы радиолокационного наблюдения дальность действия бортового обнаружителя может быть рассчитана по формуле [5]

$$R^4 = \frac{P_0 G_{\text{пер}}(t) G_{\text{пр}}(t) \sigma_{\text{об}}^2 \lambda^2 dt}{(4\pi)^3 k T_{\text{ш}} k_3 k_c k_{\text{пк}} k_{\text{АФС}} q_t^2(x_1, x_2)}, \quad (1)$$

где  $P_0$  – мощность бортового передатчика;  $G_{\text{пер}}(t)$  – коэффициент усиления бортовой антенны на передачу;  $G_{\text{пр}}(t)$  – коэффициент усиления бортовой антенны на прием;  $\sigma_{\text{об}}^2$  – эффективная площадь рассеяния объекта;  $\lambda$  – длина волны;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T_{\text{ш}}$  – шумовая температура приемника;  $q_t^2(x_1, x_2)$  – параметр обнаружения (значение отношения сигнал/помеха в точке с координатой  $(x_1, x_2)$ );  $k_{\text{пк}}$  – коэффициент потерь энергии сигнала в приемо-передающем тракте;  $k_3$  – коэффициент использования энергии полезного сигнала при наличии помех;  $k_c$  – коэффициент, зависящий от статистических характеристик принимаемых сигналов;  $k_{\text{АФС}}$  – коэффициент потерь в антенно-фидерной системе;  $dt$  – время излучения сигнала.

Зависимость параметра обнаружения в (1) от времени обусловлена особенностями совместной оптимизации поиска и обнаружения объекта [2, 4]. Выразим из (1) параметр обнаружения. Имеем

$$q_t^2(x_1, x_2) = \frac{P_0 G_{\text{пер}}(t) G_{\text{пр}}(t) \sigma_{\text{об}}^2 \lambda^2 dt}{(4\pi)^3 k T_{\text{ш}} k_3 k_c k_{\text{пк}} k_{\text{АФС}} R^4}. \quad (2)$$

Обозначим 
$$K^2 = \frac{P_0 \sigma_{\text{об}}^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 k T_{\text{ш}} k_3 k_c k_{\text{пк}} k_{\text{АФС}} R^4}. \quad (3)$$

С учетом (3) 
$$q_t^2(x_1, x_2) = K^2 G_{\text{пер}}(t) G_{\text{пр}}(t) dt. \quad (4)$$

Зависимость коэффициента усиления антенны от времени  $t$  обусловлена необходимостью согласования ширины и формы диаграммы направленности бортовой антенны с размерами текущей зоны обзора  $\Omega(t)$  [3]. При этом зависимость  $G_{\text{пер}}(t)$  означает закономерную пространственно-временную модуляцию излучаемых колебаний, а зависимость  $G_{\text{пр}}(t)$  – закономерную пространственно-временную модуляцию принимаемых колебаний. Для обеспечения такой модуляции при поиске и обнаружении объекта по двум координатам должны выполняться следующие условия:

$$G_{\text{пер}}(t) = \eta_{\text{пер}} \left( z_A(t) / \lambda^2 \right); \quad G_{\text{пр}}(t) = \eta_{\text{пр}} \left( z_A(t) / \lambda^2 \right), \quad (5)$$

где  $z_A(t)$  – эффективная площадь бортовой антенны;  $\eta_{\text{пер}}$ ,  $\eta_{\text{пр}}$  – коэффициенты полезного действия антенны на передачу и прием соответственно.

Для выполнения условий (5) должно быть предусмотрено изменение габаритов бортовой антенны по закону

$$z_A(t) = \left(\lambda^2/z(t)\right)R^2. \quad (6)$$

Подставляя (5) в (4) с учетом (6) для системы радиолокационного наблюдения и нормального априорного закона распределения местоположения объекта наблюдения при  $G_{\text{пер}}(t) = G_{\text{пр}}(t) = G_A(t)$ :

$$q_t^2(x_1, x_2) = K_1 \frac{dt}{z^2(t)}, \quad (7)$$

где  $K_1 = K^2 \eta_{\text{пер}} \eta_{\text{пр}} R^4$  – константа, не влияющая на проведение совместного поиска и обнаружения объекта, определяемая тактико-техническими характеристиками бортовых обнаружителей, отражательными характеристиками объектов поиска и обнаружения, статистическими характеристиками сигналов на входе обнаружителя, дальностью действия и другими характеристиками.

Для равномерного априорного закона распределения с учетом (4)

$$q_t^2(x_1, x_2) = K^2 G_{\text{экв}}^2(t) dt, \quad (8)$$

где

$$G_{\text{экв}}^2(t) = \frac{1}{2} G_{\text{пер}}(t) G_{\text{пр}}(t), \quad (9)$$

а параметр обнаружения с использованием уравнения дальности действия бортового обнаружителя (1), а также выражений (8), (9)

$$q_1^2 = \frac{P_0 \sigma_{\text{об}}^2 \eta_{\text{пер}} \eta_{\text{пр}}}{(4\pi)^3 k_{\text{ш}} k_{\text{э}} k_{\text{с}} k_{\text{п}} k_{\text{АФС}} R^4 \lambda^2} \int_0^T z_A^2(t) dt. \quad (10)$$

Подставляя (6) в (10), имеем

$$q_1^2 = \frac{P_0 \sigma_{\text{об}}^2 \eta_{\text{пер}} \eta_{\text{пр}}}{(4\pi)^3 k_{\text{ш}} k_{\text{э}} k_{\text{с}} k_{\text{п}} R^2} \int_0^T \frac{1}{s^2 t^2} dt, \quad (11)$$

где  $\dot{s}$  – скорость перемещения носителя бортовой РЛС.

В случае, когда плотность распределения местоположения объекта наблюдения задается в виде нормального закона, проведя вычисления, аналогичные (10), с учетом (6), получим

$$q_2^2 = \frac{P_0 \sigma_{\text{об}}^2 \eta_{\text{пер}} \eta_{\text{пр}}}{(4\pi)^3 k_{\text{ш}} k_{\text{э}} k_{\text{с}} k_{\text{п}} R^2} \int_0^T \frac{1}{2\pi \sigma^2 \dot{s} t} dt. \quad (12)$$

Оценим величину выигрыша в энергетическом отношении сигнал/шум. Для этого найдем отношение выражений (12) и (11). Имеем

$$K_q = \frac{q_2^2}{q_1^2} = \int_0^T \frac{1}{2\pi\sigma^2 \dot{s}t} dt \Big/ \int_0^T \frac{1}{\dot{s}^2 t^2} dt. \quad (13)$$

В результате интегрирования (13) и раскрытия неопределенности по правилу Лопиталья имеем

$$K_q \Big|_{t \rightarrow 0} = \frac{\dot{s}}{2\pi\sigma^2} \frac{1}{T} \Big/ \frac{1}{T^2} = \frac{\dot{s}T}{2\pi\sigma^2}, \quad (14)$$

где  $\dot{s}T$  – площадь, в которой осуществляется поиск и обнаружение объекта за время  $(0, T)$ ; величина  $2\pi\sigma^2$  – эквивалентная по априорному двумерному закону распределения площадь местонахождения объекта

### **Выводы и направления дальнейших исследований.**

1. При совместной оптимизации поиска и обнаружения объектов наблюдения требования к энергетическому параметру обнаружения, а, следовательно, – к энергетическому потенциалу бортового радиолокатора системы радиолокационного обнаружения могут быть снижены во столько же раз, во сколько сократится зона поиска и обнаружения за счет учета априорной информации о местоположении объектов наблюдения.

2. Полученные результаты необходимо распространить на случай поиска объектов на видовых изображениях.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності. Досвід, проблемні питання і тенденції / Л.М. Артюшин, С.П. Мосов, Д.В. П'ясковський, В.Б. Толубко. – К.: НАОУ, ЖВІРЕ, 2002. – 207 с.*
2. *Худов Г.В. Особенности оптимизации двухальтернативных решений при совместном поиске и обнаружении объектов // Проблемы управления и информатики. – 2003. – № 5. – С. 51 – 59.*
3. *Голкин Д.В., Худов Г.В. Совместная байесовская оптимизация поиска и обнаружения объектов в радиолокационных системах // Успехи современной радиоэлектроники. – 2003. – № 11. – С. 23 – 32.*
4. *Кучук Г.А. Оцінка втрат у системах з обмеженим очікуванням // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 4. – С. 133 – 137.*
5. *Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.*

*Поступила 29.01.2005*

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор Д.В. Голкин,  
Харьковский университет Воздушных Сил.