

ВЫЧИСЛЕНИЕ ВЕСОВОГО МНОЖИТЕЛЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ДУХАЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ СОВМЕСТНОГО ПОИСКА И ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

к.т.н. Г.В. Худов

(представил д.т.н., проф. Д.В. Голкин)

Уточняется весовой критерий оптимальности обнаружения объекта при совместной оптимизации поиска и обнаружения в текущей зоне обзора с учетом дифференциальных характеристик среднего риска. Получено выражение для отношения правдоподобия в текущей зоне обзора. Приведен пример вычисления весового множителя при принятии двухальтернативных решений.

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 – 3]. В статье приводится пример вычисления весового множителя при оптимизации двухальтернативных решений в задачах совместного поиска и обнаружения объектов.

Анализ последних достижений и публикаций. Известные результаты решения оптимизационных задач обнаружения объектов сводятся к классической процедуре сравнения условного отношения правдоподобия с порогом [4, 5]. При этом достижения теории поиска не учитываются, а априорная информация о местоположении объекта в зоне поиска характеризуется интегральным показателем – вероятностью наличия или отсутствия объекта во всей зоне поиска в целом. Приведенные в работе [6] методы оптимизации рассматривают поиск и обнаружение как единую задачу только в постановочном плане, решения получены для отдельных составляющих поставленной задачи.

Рассмотрим особенности оптимизации двухальтернативных решений при совместном поиске и обнаружении объектов с учетом специфики функционирования информационных систем.

Постановка задачи и изложение материалов исследований. Характерной особенностью решения задач поиска и обнаружения объектов для целого класса информационных систем является учет вероятности наличия объекта в зоне поиска. С учетом этой особенности можно запи-

дать следующие условия:

$$\int_{\Omega(t)} u(x) dx + \int_{\Omega(t)} \tilde{u}(x) dx = 1; \quad (1)$$

$$\int_{\Omega(t)} u(x) dx \rightarrow P_1, \text{ при } t \rightarrow T; \quad (2)$$

$$\int_{\Omega(t)} \tilde{u}(x) dx \rightarrow 1 - P_1, \text{ при } t \rightarrow T, \quad (3)$$

где $u(x)$ – априорная плотность вероятности местоположения объекта в заданной зоне поиска Ω по пространственным координатам x ; $\tilde{u}(x)$ – априорная плотность вероятности отсутствия объекта в заданной зоне поиска Ω по пространственным координатам x ; $\Omega(t)$ – текущая зона обзора, удовлетворяющая условиям $\Omega(t) \rightarrow \Omega$ при $t \rightarrow T$, где T – время обзора заданной зоны Ω [7], рис. 1; t – текущее время; P_1 – априорная вероятность наличия объекта в текущей зоне обзора $\Omega(t)$.

Поставим задачу нахождения оптимального байесовского критерия совместного поиска и обнаружения объектов в текущей зоне обзора $\Omega(t)$ с учетом условий (1) – (3). В качестве критерия эффективности принятия решения выберем байесовский критерий минимума среднего риска [4, 5]. Среднее значение риска может быть найдено как [7]:

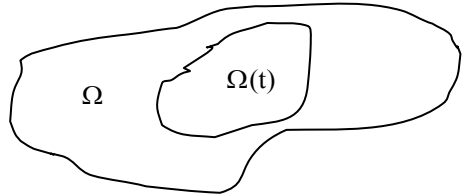


Рис. 1. Соотношение текущей зоны обзора $\Omega(t)$ и зоны поиска Ω

$$R(t) = \Pi_{01} \int_{\Omega(t)} P(\gamma_1 / H_0, x) \tilde{u}(x) dx + \Pi_{10} \int_{\Omega(t)} P(\gamma_0 / H_1, x) u(x) dx. \quad (4)$$

Выполняя вычисления, аналогичные [4, 5, 7], с учетом (1) – (3), получим следующее условие нахождения оптимального решающего правила $\hat{A}(y)$, обеспечивающего минимум среднего риска при принятии решения об обнаружении объекта в текущей зоне обзора $\Omega(t)$ зоны поиска Ω :

$$\int_Y \int_{\Omega(t)} \hat{A}(y) W(y / H_0) \tilde{u}(x) (l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} - l_0) dx dy \Rightarrow \max, \quad (5)$$

где $l(y, t) = \frac{W(y / H_1)}{W(y / H_0)}$ – условное отношение правдоподобия, характери-

зующее правдоподобность гипотез о наличии и отсутствии сигнала от объекта на момент времени t при приеме реализации \mathbf{Y} ; $l_0 = \frac{\Pi_{01}}{\Pi_{10}}$ – некоторый весовой множитель; Π_{01}, Π_{10} – элементы матрицы потерь за неправильно принятые решения.

Проанализируем выражение (5). Поскольку плотность вероятности $W(y/H_0)$ и плотность вероятности отсутствия объекта в области $\Omega(t)$ зоны поиска Ω $\tilde{u}(x)$ – неотрицательные величины, наибольшее значение взвешенной разности достигается при наибольших значениях произведения $\hat{A}(y) \left(l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} - l_0 \right)$ для каждого возможного значения $y(t)$. Значения произведений для возможных значений $\hat{A} = 1$ и $\hat{A} = 0$ равны соответственно $l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} - l_0 > 0$ и 0 . Если $l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} > l_0$, то большим является значение $l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} - l_0$, достигаемое при решении $\hat{A}(y) = 1$, предпочтительном в данном случае. Если $l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} < l_0$, то большим является значение 0 , достигаемое при решении $\hat{A}(y) = 0$. Если $l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} = l_0$, то выбор решения $\hat{A}(y)$ несущественен. Условие оптимизации при двухальтернативной проверке гипотез в текущей зоне $\Omega(t)$ зоны поиска Ω принимает вид:

$$\hat{A}(y) = \begin{cases} 1, & \text{если } l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} > l_0; \\ 0, & \text{если } l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} < l_0. \end{cases} \quad (6)$$

Таким образом, для выработки оптимального решения в текущей зоне обзора $\Omega(t)$ на момент времени t после приема многомерной реализации \mathbf{Y} вычисляется условное отношение правдоподобия $l(y, t)$ и весовой множитель $\frac{u(x)}{\tilde{u}(x)}$. Взвешенное условное отношение правдоподобия $l(y, t) \frac{u(x)}{\tilde{u}(x)}$ сравнивается с пороговым уровнем l_0 . Если оно ниже

порога, принимается гипотеза H_0 , в противном случае – гипотеза H_1 . Такое решение обеспечивает на момент времени t минимум среднего риска (4) и максимум разностного весового критерия (5).

Рассмотрим более подробно весовой множитель $\frac{u(x)}{\tilde{u}(x)}$. Введем обозначение $P(\Omega(t)) = \int_{\Omega(t)} u(x) dx$ – вероятность нахождения объекта в текущей зоне обзора $\Omega(t)$ на момент времени t .

Из условия (1) с учетом условий (2), (3) получим следующее выражение для весового множителя:

$$\frac{u(x)}{\tilde{u}(x)} = \frac{P(\Omega(t))}{1 - P(\Omega(t))}. \quad (7)$$

С учетом (7) выражение условия оптимизации при двухальтернативной проверке гипотез в текущей зоне обзора $\Omega(t)$ зоны поиска Ω (6) принимает вид:

$$\hat{A}(y) = \begin{cases} 1, & \text{если } l(y, t) \frac{P(\Omega(t))}{1 - P(\Omega(t))} > l_0; \\ 0, & \text{если } l(y, t) \frac{P(\Omega(t))}{1 - P(\Omega(t))} < l_0. \end{cases}$$

Таким образом, для выработки оптимального решения в текущей зоне обзора $\Omega(t)$ на момент времени t после приема многомерной реализации Y должно быть вычислено условное отношение правдоподобия $l(y, t)$ и весовой множитель $\frac{P(\Omega(t))}{1 - P(\Omega(t))}$. Взвешенное условное отношение

правдоподобия $l(y, t) \frac{P(\Omega(t))}{1 - P(\Omega(t))}$ сравнивается с пороговым уровнем l_0 .

Если оно ниже порога, принимается гипотеза H_0 , в противном случае – гипотеза H_1 . Такое решение обеспечивает на момент времени t минимум среднего риска (4) и максимум разностного весового критерия (5).

Для примера рассмотрим зависимость весового множителя (7) от вероятности $P(\Omega(t))$, график которой показан на рис. 2.

Выводы и направления дальнейших исследований. 1. Весовой критерий оптимальности обнаружения объекта в текущей зоне обзора: при проверке простой гипотезы против простой альтернативы при совместном поиске и обнаружении объекта необходимо осуществлять клас-

сическую процедуру сравнения с порогом условного отношения правдо-

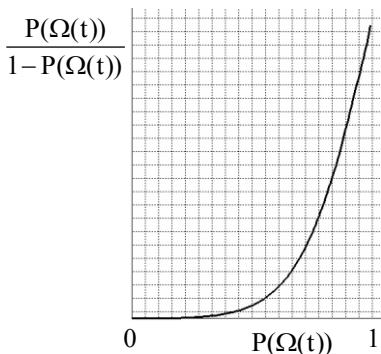


Рис. 2. Зависимость весового множителя от вероятности нахождения объекта в текущей зоне поиска в информационных системах различного назначения.

подобия $l(y, t)$, взвешенного с весовым множителем $\frac{P(\Omega(t))}{1 - P(\Omega(t))}$, который учитывает особенности стратегии поиска.

2. В дальнейших исследованиях необходимо получить выражения для стратегии поиска объекта, определить класс стратегий поиска, разработать практические рекомендации по вычислению весового коэффициента в зависимости от характера решаемых задач и особен-

ностей решаемых задач и особен-

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності. Досвід, проблемні питання і тенденції* / Л.М. Артюшин, С.П. Мосов, Д.В. П'яковський, В.Б. Толубко. – К.: НАОУ, ЖВІРЕ, 2002. – 207 с.
2. *Радиолокация поверхности Земли из космоса* / Под ред. Л.М. Митника, С.В. Викторова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 200 с.
3. Сазонов Н.А., Щербинин В.Н., Ярушкин М.М. Алгоритм формирования радиолокационного изображения в авиационно-космической двухпозиционной РСА // *Радиотехника*. – 2000. – № 4. – С. 71 – 77.
4. Левин Б.Р. *Теоретические основы статистической радиотехники*. – М.: Радио и связь, 1989. – 654 с.
5. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. *Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех*. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.
6. Васильев О.В., Меркулов В.И., Карев В.В. *Управляемый радиолокационный поиск воздушных целей* // *Успехи современной радиоэлектроники*. – 2002. – № 1. – С. 49 – 61.
7. Голкин Д.В., Худов Г.В. *Постановка задачи совместной байесовской оптимизации поиска и обнаружения объектов в радиолокационных системах* // *Системы обробки інформації*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 6(22). – С. 383 – 389.

Поступила 7.07.2003

ХУДОВ Геннадий Владимирович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, докторант ХВУ. В 1991 году окончил ЖВУРЭ ПВО. Область научных интересов – поиск и обнаружение объектов в сложных информационных системах.