

Том 41 № 1 2005 (ЯНВАРЬ - ФЕВРАЛЬ)

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

Автор / Название статьи	номер страницы
<i>АНАЛИЗ И СИНТЕЗ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ</i>	
Трифонов А. П., Куцов Р. В. Обнаружение движущегося пространственно протяженного объекта на фоне с неизвестной интенсивностью	3
Фурман Я. А., Роженцов А. А., Евдокимов А. О. Распознавание групповых точечных объектов с неупорядоченными отметками	19
Удод В. А. Оптимизация параметра одномерного фильтра изображений по критерию максимума разрешающей способности	29
Тырсин А. Н. Идентификация зависимостей на основе моделей авторегрессии	43
Ющенко В. П. Восстановление внутренней структуры гомогенных объектов с локальной неоднородностью	50
Нечаева О. И. Сравнительный анализ нейросетевых алгоритмов кластеризации символьных последовательностей	57
<i>ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО-И ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ</i>	
Микерин С. Л., Пальчикова И. Г., Угожаев В. Д. Визуализация и измерение оптических неоднородностей в лазерном активном элементе $\text{KGd}(\text{WO}_4)_2$ с помощью интерферометров на зонных пластинках	71
Демьяненко М. А., Кравченко А. Ф., Овсяк В. Н. Неохлаждаемые резистивные микроболометры. Ч. I. Режим постоянного смещения	88
Придачин Д. Н., Сидоров Ю. Г., Якушев М. В., Швец В. А. Кинетика начальных стадий роста пленок ZnTe на $\text{Si}(013)$	104
<i>ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕМЕНТЫ И СИСТЕМЫ</i>	
Насыров Р. К., Полещук А. Г., Корольков В. П., Прусс К., Райхельт С. Методы сертификации дифракционных оптических элементов для контроля асферической оптики	115
Арнаутов Г. П. Результаты международных метрологических сравнений абсолютных лазерных баллистических гравиметров	126

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

А В Т О М Е Т Р И Я

2005, том 41, № 1

АНАЛИЗ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ

УДК 621.391

А. П. Трифонов, Р. В. Куцов

(Воронеж)

ОБНАРУЖЕНИЕ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПРОСТРАНСТВЕННО ПРОТЯЖЕННОГО ОБЪЕКТА НА ФОНЕ С НЕИЗВЕСТНОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ*

Выполнены синтез и анализ квазиправдоподобного и максимально правдоподобного алгоритмов обнаружения изображения движущегося пространственно протяженного объекта с неизвестной интенсивностью при наличии фона с неизвестной интенсивностью для аппликативной модели взаимодействия полезного изображения и фона.

В последнее время существенно возросла разрешающая способность систем дистанционного наблюдения, что стимулировало развитие теории обнаружения объектов по их изображениям с учетом затенения фона. Вопросы обнаружения пространственно протяженных объектов (ППО) рассматриваются в [1–5] и других работах. В [2, 3] показано, что использование аддитивной модели взаимодействия ППО и фона может приводить к недостоверным результатам. В [2–4] на основе аппликативной модели, учитывающей эффекты затенения объектом участка фона, получены характеристики обнаружения неподвижного ППО. В работе [5] исследованы потенциальные возможности обнаружения и маскирования средствами камуфляжа движущегося детерминированного ППО, наблюдаемого на неравномерном детерминированном фоне. Однако на практике часто возникают ситуации, когда параметры изображения движущегося ППО и неподвижного фона априори неизвестны.

Целью работы является синтез и анализ квазиправдоподобного и максимально правдоподобного алгоритмов обнаружения движущегося ППО по его изображению с неизвестными параметрами при наличии фона с неизвестными параметрами.

Пусть в двумерной области Ω в течение интервала времени $[0, T]$ доступна наблюдению реализация гауссовского случайного поля $x(\mathbf{r}, t)$, где $\mathbf{r} = (r_1, r_2)$ – радиус-вектор точки на плоскости, принадлежащей Ω , а t – время. Положим [5], что при гипотезе H_1 поле $x(\mathbf{r}, t)$ содержит изображения

* Работа выполнена при поддержке CRDF и Министерства науки и образования РФ (проект № VZ-010-00).

движущегося со скоростью \mathbf{V} объекта $s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t)$, неподвижного фона $v(\mathbf{r})$ и аддитивный гауссовский пространственно-временной белый шум $n(\mathbf{r}, t)$ с нулевым математическим ожиданием и корреляционной функцией

$$K_n(\mathbf{r}_1, t_1; \mathbf{r}_2, t_2) = \langle n(\mathbf{r}_1, t_1) n(\mathbf{r}_2, t_2) \rangle = N_0 \delta(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2) \delta(t_1 - t_2) / 2,$$

где N_0 – односторонняя спектральная плотность белого шума.

В соответствии с аппликативной моделью, учитывающей эффекты затенения объектом участка фона, полагаем, что изображение объекта занимает часть Ω_s области Ω , а фоновое излучение формируется оставшейся частью области наблюдения. При отсутствии объекта фон занимает всю область наблюдения. Тогда в течение интервала времени $[0, T]$ наблюдению доступна реализация изображения в картинной плоскости

$$x(\mathbf{r}, t) = \begin{cases} v(\mathbf{r}; \mathbf{b}_0) + n(\mathbf{r}, t) : H_0; \\ s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t; \mathbf{a}_0) I_s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t) + v(\mathbf{r}; \mathbf{b}_0) [1 - I_s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t)] + n(\mathbf{r}, t) : H_1, \end{cases} \quad (1)$$

где \mathbf{a}_0 и \mathbf{b}_0 – истинные значения векторов неизвестных параметров полезного изображения и фона соответственно; $I_s(\mathbf{r}) = 1$ при $\mathbf{r} \in \Omega_s$ и $I_s(\mathbf{r}) = 0$ при $\mathbf{r} \notin \Omega_s$ – индикаторная функция, описывающая форму изображения объекта.

Для решения задачи проверки гипотезы H_1 против альтернативы H_0 необходимо формировать логарифм функционала отношения правдоподобия (ФОП). В работах [6–9] приведены выражения для ФОП в случаях, когда при одной из гипотез наблюдаемое поле представляет собой реализацию гауссовского белого шума. Введем вспомогательную гипотезу H , при которой $x(\mathbf{r}, t) = n(\mathbf{r}, t)$. Очевидно, что ФОП при проверке гипотезы H_1 против H_0 есть отношение ФОП при проверке гипотез H_1 и H_0 против простой альтернативы H , т. е. $\Lambda[H_1 | H_0] = \Lambda[H_1 | H] / \Lambda[H_0 | H]$. Следовательно, логарифм ФОП $L(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \ln \Lambda[H_1 | H_0] = L_1(\mathbf{a}, \mathbf{b}) - L_0(\mathbf{b})$, где

$$L_0(\mathbf{b}) = \ln \Lambda[H_0 | H] = \frac{2}{N_0} \int_0^T \int_{\Omega} x(\mathbf{r}, t) v(\mathbf{r}; \mathbf{b}) d\mathbf{r} dt - \frac{1}{N_0} \int_0^T \int_{\Omega} v^2(\mathbf{r}; \mathbf{b}) d\mathbf{r} dt, \quad (2)$$

$$L_1(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \ln \Lambda[H_1 | H] =$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2}{N_0} \int_0^T \int_{\Omega} x(\mathbf{r}, t) \{s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t; \mathbf{a}) I_s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t) + v(\mathbf{r}; \mathbf{b}) [1 - I_s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t)]\} d\mathbf{r} dt - \\ &- \frac{1}{N_0} \int_0^T \int_{\Omega} \{s^2(\mathbf{r} - \mathbf{V}t; \mathbf{a}) I_s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t) + v^2(\mathbf{r}; \mathbf{b}) [1 - I_s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t)]\} d\mathbf{r} dt \end{aligned} \quad (3)$$

– логарифмы ФОП при проверке гипотез H_0 и H_1 против альтернативы H соответственно. Тогда

$$\begin{aligned} L(\mathbf{a}, \mathbf{b}) &= \frac{2}{N_0} \int_0^T \int_{\Omega} x(\mathbf{r}, t) [s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t; \mathbf{a}) - v(\mathbf{r}; \mathbf{b})] I_s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t) d\mathbf{r} dt - \\ &- \frac{1}{N_0} \int_0^T \int_{\Omega} [s^2(\mathbf{r} - \mathbf{V}t; \mathbf{a}) - v^2(\mathbf{r}; \mathbf{b})] I_s(\mathbf{r} - \mathbf{V}t) d\mathbf{r} dt. \end{aligned}$$