

研究简报

红外海面目标图像序列兴趣点的 自动识别算法研究¹⁾

张天序 王新赛 王岳环

(华中科技大学图像识别与人工智能研究所, 图像信息处理与智能控制教育部重点实验室 武汉 430074)

关键词 兴趣点, 梯度特征, 目标分割, 证据理论

中图分类号 TP14

AUTOMATIC RECOGNITION ALGORITHM FOR INTERESTING POINT OF SHIP INFRARED IMAGE SEQUENCE

ZHANG Tian-Xu WANG Xin-Sai WANG Yue-Huan

(State Key Laboratory for Image Processing and Intelligent Control,

Institute for Pattern Recognition and Artificial Intelligence,

Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Key words Interesting-point, gradient features, object segmentation, evidence theory

1 引言

红外成像制导是飞行器制导的发展趋势, 智能化实时目标识别与跟踪技术是飞行器精确制导领域的关键技术之一, 其中目标图像的兴趣点识别和跟踪是该技术的核心. 本文所指的兴趣点是指近距离跟踪船舰目标时的跟踪窗中心瞄准点. 有关目标跟踪的算法很多, 有形心跟踪、边缘特征跟踪、特征序列匹配和相关跟踪等^[1]. 但兴趣点自动识别用于跟踪的工作并不多见. 特别是, 当目标/背景反差很低等恶劣条件下, 这一问题极具挑战性. 目标的有效分割是识别感兴趣点并进行跟踪的基础, 为对付海面背景与目标的对比度很低的情形, 本文研究了一种以平均梯度为特征的目标分割方法. 另外, 近距离精确跟踪的性能取决于兴趣点的实时选择, 选择的兴趣点既要有重要性又要有识别的可实现性. 目标图像亮于海面背景的最亮区和吃水线总是可见的, 本文以最亮区中心点的垂线与吃水线的交点为兴趣点, 便于采用简单有效的算法实现.

1) 国家自然科学基金(69875005)资助

2 算法

2.1 最亮区的定位

本文研究目标的红外图像,寻找最亮区的过程就是如下计算每帧图像中的灰度均值最大的某子区域的位置

$$B_{\max}(i_{\max}, j_{\max}) = \text{Max} \left\{ \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i_{\max} \leq i \leq M+i_{\max}} \sum_{j_{\max} \leq j \leq N+j_{\max}} f(i, j) \right\} \quad (1)$$

式中 $f(i, j)$ 为图像中像素点 (i, j) 的灰度值; M, N 分别是所求最亮区域的行列数; i_{\max}, j_{\max} 为灰度均值最大区域的左上角坐标.

通常最亮区位于吃水线上部,在得到最亮区后,以最亮区中心为原点进行扩大的方法获得感兴趣区.

2.2 感兴趣区的分割门限

梯度代表图像的局部变化信息,使用梯度特征来分割低对比度图像十分有利,但梯度对噪声敏感,为此,我们使用平均梯度.图像上任一点 (i, j) 的平均梯度 $G_r(i, j)$ 为水平方向、 45° 方向、垂直方向和 135° 方向的一维梯度的均值.梯度直方图具有单峰性,且目标区和背景区的梯度直方图可以用不同自由度的 χ^2 分布密度函数来拟合^[2].设目标区和背景区的梯度分布分别为 $P(x, n_1)$ 和 $P(x, n_2)$,在假设先验概率 P_1 和 P_2 相等的条件下,可推得满足最小错分概率的分割门限为

$$G_T = 2[\Gamma(n_1/2)/\Gamma(n_2/2)]^{2/(n_1-n_2)} \quad (2)$$

若兴趣区内图像的梯度统计特性是均值为 \bar{G}_r 及二阶中心矩为 G_M .通过对式(2)数值计算得到最优分割门限 \hat{G}_T 与平均梯度 \bar{G}_r 和二阶中心矩为 G_M 的关系可以近似表示为

$$\hat{G}_T \approx \bar{G}_r + G_M \quad (3)$$

2.3 基于知识的吃水线识别

为了从分割的二值图像中找出吃水线,增加抗干扰和降低遗漏率,按吃水线的常识,采用从下往上搜索且融合相邻三行的水平像素特征的方法,按以下计算公式获得候选的吃水线.

$$\hat{i} = \max_i \text{Line}(i, j) = \max_i \sum_{J_1 < j < J_2} [g(i, j) + g(i-1, j) + g(i+1, j)], \quad i = I_b, I_b-1, \dots, I_t+1, I_t \quad (4)$$

上式中 J_1, J_2 分别为兴趣区的列起点和终点; I_t 和 I_b 分别为兴趣区的顶部和底部的行坐标; $g(i, j)$ 是分割后的 $0 \sim 1$ 二值图的值; $\text{Line}(i, j)$ 为水平方向的吃水线存在信息的度量. \hat{i} 值可合理地视为候选吃水线在图像中的行坐标估计值.为进行吃水线的可信度判断,我们采取以下步骤:

1) 候选吃水线上下方子区域的对比度判断,得到候选吃水线的可信度

$$M_1 = \left[\sum_{h_1 < i < h_2} \sum_{w_1 < j < w_2} f(i, j) - \sum_{h_1 + \Delta h < i < h_2 + \Delta h} \sum_{w_1 < j < w_2} f(i, j) \right] / \sum_{h_1 < i < h_2} \sum_{w_1 < j < w_2} f(i, j) \quad (5)$$

2) 候选吃水线上下方子区域的梯度平均值差判断,得到候选吃水线的可信度

$$M_2 = \left[\sum_{h_1 < i < h_2} \sum_{w_1 < j < w_2} G_r(i, j) - \sum_{h_1 + \Delta h < i < h_2 + \Delta h} \sum_{w_1 < j < w_2} G_r(i, j) \right] / \sum_{h_1 < i < h_2} \sum_{w_1 < j < w_2} G_r(i, j) \quad (6)$$

式(5)和(6)中 $h_2 - h_1 = h$ 为选择的子区域的高, $w_2 - w_1 = w$ 为选择的子区域的宽, Δh 是吃水线上下两个子区域的水平间隔;

3) 利用 D-S 的合成规则^[3]的吃水线综合可信度

$$M = M_1 \oplus M_2 \quad (7)$$

当综合可信度 M 达到恰当的门限, 认为候选吃水线正确, 兴趣点选择在最亮区中心点的垂线与吃水线的交点坐标 (i_h, j_h) .

2.4 帧间兴趣点确认

目标跟踪的过程所获图像质量有时很差, 考虑到实时跟踪的帧间隔很小(与目标的运动相比较), 其前后帧之间的相关性应该很大.

1) 前后帧兴趣点邻域的灰度均值 $G(t-1)$, $G(t)$ 相关联证据的可信度

$$M_1 = 1 - |G(t) - G(t-1)| / G(t-1) \quad (8)$$

$$G(t) = \sum_{i_h - h < i < i_h + h} \sum_{j_h - w < j < j_h + w} f(i, j) / h \cdot w \quad (9)$$

2) 前后帧吃水线上线下的对比度 $C(t-1)$, $C(t)$ 相关联证据的可信度

$$M_2 = 1 - |C(t) - C(t-1)| / C(t-1) \quad (10)$$

$$C(t) = \frac{1}{h \cdot w} \left[\sum_{i_h - k < i < i_h - k + h} \sum_{j_h - l < j < j_h - l + w} f(i, j) - \sum_{i_h + k - h < i < i_h + k} \sum_{j_h - l < j < j_h - l + w} f(i, j) \right] \quad (11)$$

式(9)和(11)中 h, w 分别为选择的区域的高和宽, 式(11)中要求 $h < k, w < 2 * l$.

3) 前后帧最亮区形心与兴趣点的相对位置 $D(t-1)$, $D(t)$ 相关联证据的可信度

$$M_3 = 1 - |D(t) - D(t-1)| / D(t-1) \quad (12)$$

$$D(t) = \sqrt{(i_h - i_{\max})^2 + (j_h - j_{\max})^2} \quad (13)$$

4) 利用 D-S 的合成规则的兴趣点的综合可信度

$$M = M_1 \oplus M_2 \oplus M_3 \quad (14)$$

当 $M > M_T$ 时, 认为结论正确, 本帧的兴趣点得到确认; 否则, 保留前一帧的信息, 继续进行下一帧的兴趣点的识别处理.

3 实验结果

经过 600 帧不同实际图像的实验, 证明本文提出的兴趣点的自动识别算法合理而且有效(没有出现丢帧和跟踪错误现象), 其跟踪精度可达到 1 个像素, 在双 ADSP21060CPU 处理器中, 处理速度可达 50 帧/秒. 以下给出 600 帧序列图像不同阶段的某些实例, 如图 1 所示.

图 1 中(a), (b), (c), (d), (e)分别表示目标很小、溢出视场、处于迎头或尾追状态、处于侧行状态及目标与背景对比度较好时的兴趣点识别.

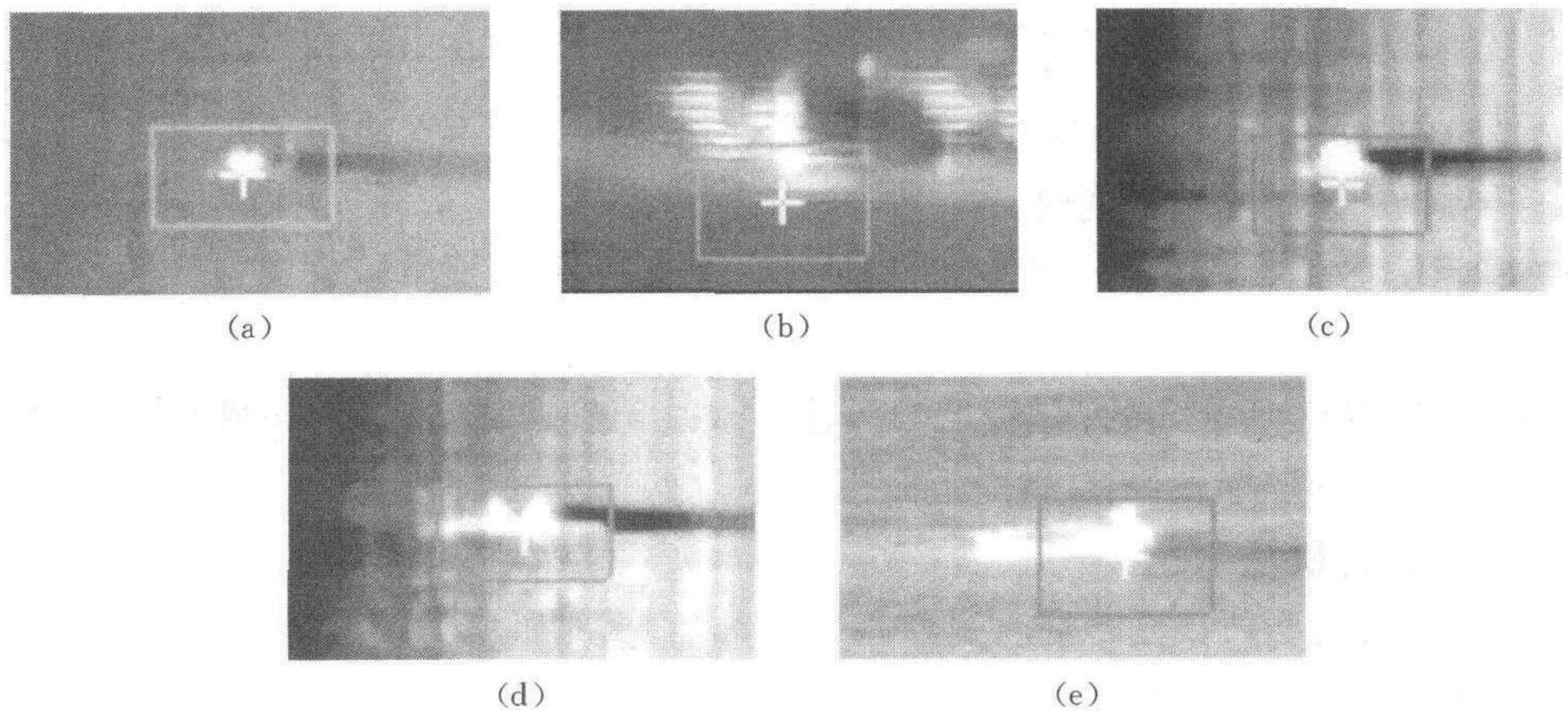


图 1 不同条件下目标的兴趣点识别实例

参 考 文 献

- 1 刘永昌等. 红外成像制导多模实时识别跟踪算法研究. *红外技术*, 2000, **22**(2):23~26
- 2 Peter V Henstock, David M Chelberg. Automatic gradient threshold determination for edge detection. *IEEE Trans. Image Process.*, 1996, **5**(5):784~787
- 3 Voorbraak F. A computationally efficient approximation of eempster-shafer theory. *Int. J. Man-Machine Studies*, 1989, **30**(5):525~536
- 4 Ishida T, Richard E K. Moving-target search: a real-time search for changing goals. *IEEE Trans. PAMI*, 1995, **17**(6):609~619

张天序 教授、博士生导师. 现为华中科技大学图像识别与人工智能研究所所长、图像信息处理与智能控制教育部重点实验室主任, 法国波尔多第三大学客座教授, 香港中文大学计算机系客座教授, IEEE 会员. 主要从事图像信息处理、计算机视觉、图像数据压缩等方面科研与教学工作.

王新赛 副教授, 现为华中科技大学图像所博士生. 主要研究方向为信息处理、数字景象模拟、模式识别、计算机智能控制等.