

基于兴趣区检测的地面目标识别方法研究*

左峥嵘, 张天序

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

摘要: 提出了一种基于兴趣区检测的地面目标识别方法。根据目标模型的有关几何形状和热辐射知识, 采用自上而下的计算模型, 计算所提取的基元特征的显著性, 并根据基元特征的显著性的大小确定出注视点及相应的兴趣区, 然后对兴趣区中的图像进行分割, 并利用模型知识对分割图像进行识别。该方法对已有的红外目标图像系列取得了很好的识别效果, 提高了识别精度和弱小目标检测识别的能力。

关键词: 目标识别; 兴趣区检测; 红外图像; 先验知识

中图分类号: TN216

文献标识码: A

文章编号: 1001-8891(2004)03-0033-04

引言

远距红外地面目标的提取和识别属于低反差、低信噪比、非平稳的复杂背景中的目标提取和识别问题。对这一问题, 特别是对于复杂背景中的小目标, 用通常的固定门限或自动确定门限OSTU^[3]等方法都很难有效地提取出来。为此, 许多学者提出了各种变门限分割方法^{[1][2][4][5][8]}, 如, Zhang考虑到人眼视觉的特点, 发展了一种基于视觉非线性的适应性的图像分割法。史伟强对该方法进行了改进, 提出了通过对图像进行迭代分割以获得空间可变门限的计算模型。该方法可比较有效地提取出复杂背景下的小目标, 然而, 在低反差情况下, 还是常常不能完善地将弱小目标分割出来, 另外, 在对全图处理时, 上述的方法计算量太大, 难以达到实时处理的需要。并且, 在迭代循环分割方法中, 由于循环的次数与场景有关, 其循环次数难以预测, 导致在多媒体系统中的任务划分中, 难以达到很好的任务负载的平衡, 从而降低了多媒体并行系统的效能。

目标识别中, 在进行复杂的、计算负担重的识别阶段之前确定兴趣区(ROI)不但可有效提高系统的处理速度, 并且, 还能提高识别精度。在本文中, 提出了基于自上而下的计算模型来确定目标兴趣区的方法。首先根据目标的模型知识确定目标的显著基元特征, 并根据目标的辐射特性、几何结构等方面知识计算基元特征的显著性, 最后由特征的显著性大小来确定注视点及兴趣区并进行兴趣区的分割和识别。

1 基于兴趣区检测的识别过程

在地面目标识别中, 我们采用了自上而下的注意模型, 根据目标模型的知识确定显著特征并计算其显著性, 图1为基于基于兴趣区检测的目标识别计算框架。

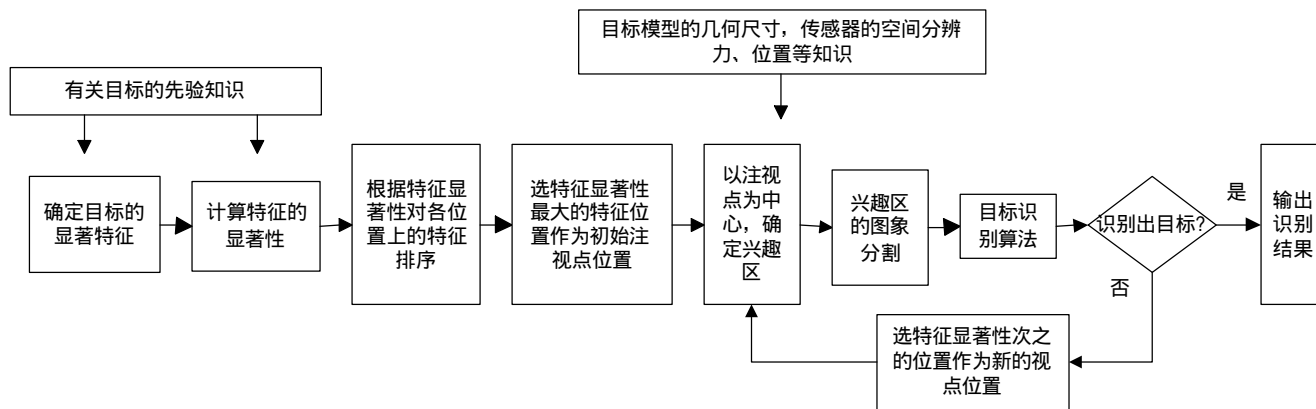


图1 基于兴趣区检测的目标识别框架

Fig.1 Target recognition frame based on ROI detection

生理学证据表明, 与目标相关联的轮廓边缘常常引起人的视觉注意, 而对于地面建筑物, 如桥梁、机场和

* 收稿日期: 2004-12-03

电厂等, 通过对目标模型及已有的FLIR图像分析可知, 对于人的视觉来讲, 直边缘是地面建筑物区别于其它自然地物的一种较显著特征, 因此, 在地面目标识别中, 我们选取边缘作为兴趣区检测所用的特征基元, 我们的注视点及兴趣区的确定就根据边缘特征的显著性来确定。

2 兴趣区检测: 特征提取及其显著性计算

我们以电厂目标为实例, 需要指出的是, 对于不同的目标模型, 其特征显著性的计算模型是存在不同。首先利用边缘算子, 如Sobel边缘算子, 提取图像中的边缘, 并根据目标的几何结构、传感器的视场大小、传感器距目标的距离等方面的知识, 对边缘图像进行滤波, 去除不可能的边缘。以减轻后续的计算负担。图2为边缘特征提取结果。

特征显著性计算模型与所选取的特征密切相关, 边缘特征的显著性与边缘的长度和边缘两侧的亮度反差有关。边缘长度的显著性由下式计算:

$$P_{i,l}(l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}s} \exp\left(-\frac{(l-L)^2}{s^2}\right)$$

式中: l 为边缘长度, L 为目标模型在传感器图像中的长度, 它与目标的几何尺寸、传感器的视场大小、传感器距目标的距离, 传感器的位置等等有关。上式表明了, 图像边缘的长度只有与目标模型的边缘长度相近时, 其显著性才高, 而其长度太长或太短, 都将导致显著性的下降, 其下降的程度由 s 控制。

边缘两侧亮度反差的显著性由下式计算:

$$P_{i,c}(c) = \begin{cases} \frac{c}{C_0} & \text{若 } c < C_0 \\ 1 & \text{若 } c \geq C_0 \end{cases}$$

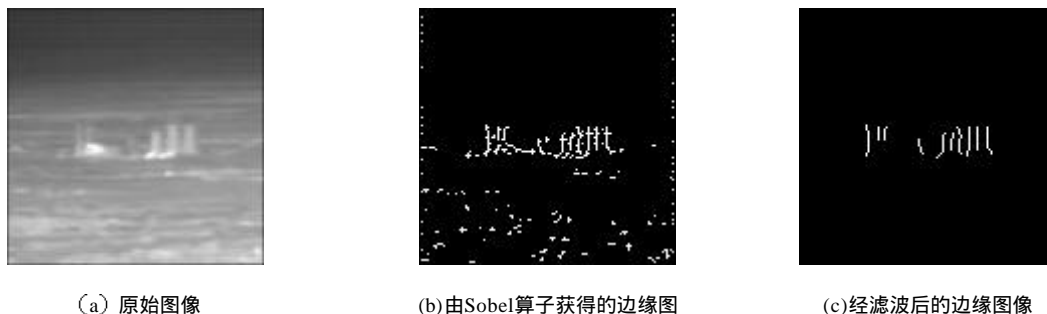
式中: c 为边缘两侧一定范围内的平均亮度反差, C_0 为预设的最大反差值, 用于归一化亮度显著性。在计算出边缘的长度显著性和亮度显著性后, 我们可以得到边缘由其长度和亮度所引起的显著性:

$$P_i = w_1 P_{i,l}(l) + w_2 P_{i,c}(c)$$

式中: w_1 , w_2 分别为长度显著性和亮度反差显著性的加权系数, $w_1 + w_2 = 1$, 加权系数的大小反映了边缘长度和亮度反差对显著性计算的贡献。

除了由于边缘长度和亮度反差所引起的显著性外, 还存在由于边缘间的空间位置关系所带来的显著性, 如多条边缘的聚集, 边缘间的对称性和边缘间的并行关系等等。我们称之为边缘聚集显著性, 聚集显著性与以所考察边缘为中心的窗口内的边缘有关, 我们定义为: $P_i^l = \sum_{j \in U} P_j$, 式中: P_j 为落在以所考察边缘中点为中心, 大

小为 $w \times h$ 的窗口中的边缘的显著性, W 为落在窗口中的与所考察边缘近似的边缘集合。窗口大小可根据目标的几何尺寸及传感器距目标的距离等信息确定。



(a) 原始图像

(b) 由Sobel算子获得的边缘图

(c) 经滤波后的边缘图像

图2 边缘特征提取 Fig.2 Edge extraction

3 兴趣区分割

在得到注视点后, 就可以得到相应的兴趣区, 该兴趣区以注视点为中心, 具有一定的长宽, 其长宽可根据

目标模型及传感器模型的先验知识大致确定。由于边缘是目标与背景的分界线，因此，边缘信息可用于兴趣区的分割，一方面，我们可根据文献[5]方法确定分割门限面。即将边缘处的灰度值作为边缘位置处的分割门限，并通过插值获得整个兴趣区的分割门限面。兴趣区内各点处的门限 $T(x,y)$ 为：

$$T(x,y) = \sum_i \frac{W_i(x,y)T_i}{\sum_j W_j(x,y)}$$

式中： $W_i(x,y)=1/F(d[(x,y),(x_i,y_i)])$ ， $F(d)$ 为单调上升函数，并且， $F(0)=0$ ， d 为待插值点距边缘点的距离， T_i 为边缘处的分割门限。

考虑到兴趣区内的边缘均可视为目标边缘，另一种更简单的方法就是直接将边缘位置处的像素灰度均值作为图像分割的门限。假设 E 为兴趣区内的边缘像素集合， N_E 为边缘像素的个数， $G(i)$ 为像素 i 的灰度值，则分割门限 T 为：

$$T = \frac{1}{N_E} \sum_{i \in E} G(i)$$

实验表明，该方法尽管简单，但却能有效地将目标分割出来。

4 识别

在得到兴趣区，并对兴趣区分割后，就可进行识别。识别采用峰谷点方法^[9]。峰谷点识别算法步骤如下：

1) 对分割图像每个区域标记，并对各个标记区域进行轮廓跟踪。

2) 在跟踪得到的轮廓上寻找峰点和谷点。

3) 检测出了目标图像的峰谷点后，需定义一种基于峰谷点的度量。假定图像目标轮廓中检测到的峰点为 $P_{O1}, P_{O2}, \dots, P_{Oi}$ ，谷点为 $V_{O1}, V_{O2}, \dots, V_{Oj}$ ，模型的峰点为 $P_{M1}, P_{M2}, \dots, P_{Mi}$ ，峰谷点为 $V_{M1}, V_{M2}, \dots, V_{Mj}$ ，定义一个度量准则：

$$M_{i,j} = \sum_{k=2}^{i-1} \frac{|P_{Ok} - P_{Ok-1}| |P_{Ok+1} - P_{Ok}|}{|P_{Mk} - P_{Mk-1}| |P_{Mk+1} - P_{Mk}|} + \sum_{k=2}^{j-1} \frac{|V_{Ok} - V_{Ok-1}| |V_{Ok+1} - V_{Ok}|}{|V_{Mk} - V_{Mk-1}| |V_{Mk+1} - V_{Mk}|}$$

4) 对目标轮廓上的峰谷点系列顺序用上述度量准则进行评价，若存在度量 $M_i < M_T$ ， M_T 为给定的门限，则该目标为电厂目标。

可以证明，峰谷点方法具有尺度、平移和旋转不变性。

5 实验结果与结论

我们对两组实际的电厂红外图像序列进行了试验，如图3、图4所示。实验结果表明，基于兴趣区检测的目标识别算法对远距红外电厂图像具有很好的效果。对于已有的两组图像，其识别率达到了99%，特别是对于远距低反差的目标图像，可更有效地提取出目标。对于图3a，自适应聚类分割方法^[8]不能正确地提取出电厂目标，如图5a所示。而基于兴趣区检测的方法可很好地提取出目标，如图3d。而对于图4a，比较分割结果图4d和图5b可知，基于兴趣区检测获得的分割目标更明显。

在目标模型的先验知识的引导下，采用自上而下的计算模型首先确定目标的兴趣区，然后再在兴趣区中进行目标分割、识别的目标识别策略可有效地提高识别精度和弱小目标检测识别的能力。

参 考 文 献

- [1] Zhang Tianxu, Peng Jiaxiong, and Li Zongjie. An Adaptive Image Segmentation Method with Visual Nonlinear Characteristics[J]. *IEEE Trans. SMC, Part B: Cybernetics*, 1996, 26(4): 619~627.
- [2] Zhang Tianxu, Xie Xianming. An Investigation on the Stability of Object Extraction[J]. *IEEE Trans. AES*, 1997, 33(3): 1051~1059.
- [3] Zhang Tianxu, Sang Nong, Wang Guoyou & Li Xiaowen. An effective method for identifying small objects on a complicated background[J]. *Artificial Intelligence in Engineering*, 1996: 343~349.
- [4] N.Ostu. A Threshold Selection method From Gray-Level Histogram[J]. *IEEE Trans. on System Man Cybernet*, SMC-8, 1978: 62~66.

- [5] S.D.Yanowitz,A.M.Brukstein. A new method for image segmentation[J]. *CVGIP*, 1989, 46: 82~95.
[6] Barnabas Takacs. A Dynamic Multiresolution Model of Visual Attention and It's Application to Facial Landmark Detection[J]. *CVIU*, 1998, April, 70(1): 63~73.
[7] Subhodes Das, Bir Bhanu. A System for Model-based Object Recognition in Perspective Aerial Images[J]. *Pattern Recognition*, 1998, 31(4): 465~491.
[8] 史伟强, 张天序, 桑农. 地面复杂背景下自适应聚类分割方法[J]. *红外与激光工程*, 1998, 27(2): 1~5.
[9] 史伟强, 复杂三维地面目标的建模与自动识别[D], 华中理工大学硕士学位论文, 1997.

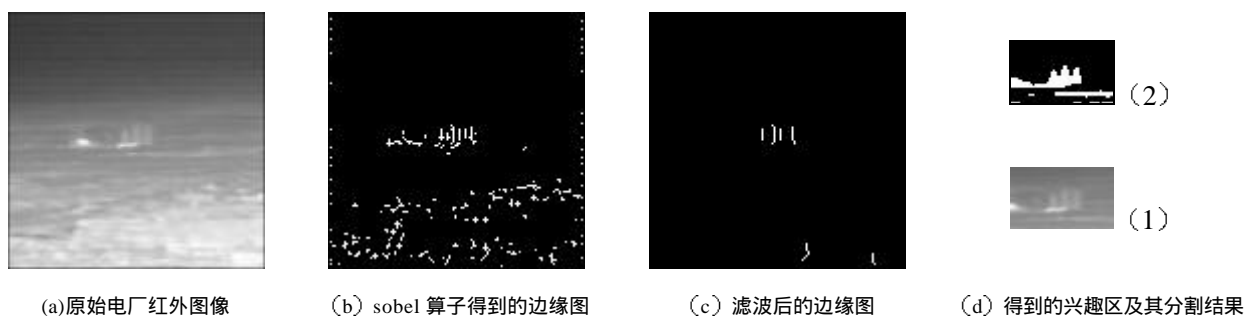


图 3 第一组红外图像的目标提取及识别结果 Fig.3 Target extraction and recognition results of first series IR image

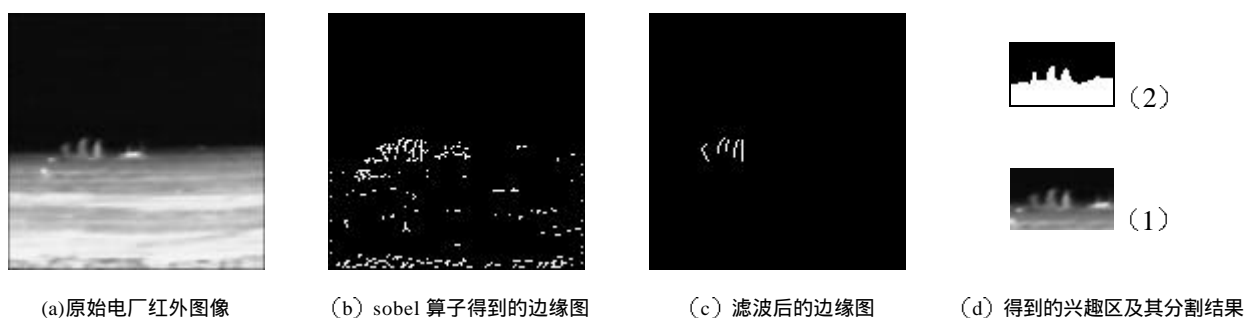


图 4 第二组红外图像的目标提取及识别结果 Fig.4 Target extraction and recognition results of second series IR image



图 5 自适应聚类分割方法的结果 Fig.5 Results of adaptive clustering segmentation method

作者简介: 左峥嵘,男,1969年生,武汉华中科技大学图像识别与人工智能研究所讲师,主要从事图像分析,模式识别方面的研究工作。

Study on the Recognition Method of Ground Target Based on Detecting Interest Iegion

ZUO Zheng-rong, ZHANG Tian-xu

(State Key Lab. for Image Processing & Intelligent Control, Institute for Pattern Recognition and Artificial Intelligence
Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074)

Abstract: A recognition method of ground target based on detecting the region of interest (ROI) was proposed in this paper. First, with Top-Down computation model, the salience of the extracted features was computed according to prior knowledge about the metric shape and thermal characteristics of the target. Second, the ROIs were determined according to the salience of the features. Finally, the segmented images of the ROIs can be obtained and recognized with the prior model knowledge. The proposed method achieved much better recognition result on the real infrared image series, and improved the location precision and the capability for detecting and recognizing the small weak target.

Key words: target recognition, ROI detection, infrared image, prior knowledge