图像与信号处理·
文章编号:1001-5078(2004)03-0222-03

红外图像目标快速分割方法

金　梅[1] ,张长江[2] ,李　冰[3]
(1. 大庆石油学院　电气信息工程学院 ,黑龙江 大庆 163318 ;2. 北京理工大学　信息科学技术学院 2 系 ,北京 100081 ;3. 大庆石油学院　计算机科学与工程学院 黑龙江 大庆 163318)

摘　要:提出一种红外图像阈值分割方法。为了减少计算量 ,首先给出一种提取包含待分割目标的感兴趣区域方法 ;然后利用 Bezier 曲线法平滑感兴趣区域直方图的噪声 ,利用所提出的判据来确定最佳分割阈值并进行分割。最后结合上述分割结果和目标的边缘信息得到最终的分割效果。实验结果表明 ,提出的方法能快速有效的将红外目标从复杂的背景中分割出来。

关键词:红外 ;自动目标识别 ;分割 ;Bezier 直方图 ;曲率
中图分类号:TN　　**文献标识码**:A

An Fast Approach to Segment Target from Infrared Image

JIN Mei[1] , ZHANG Chang-jiang[2] , LI Bing[3]
(1. School of electrics and information engineering , Daqing Petroleum Institute , Daqing 163318 ,China ;
2. Dept. 2 , school of information and science technology , Beijing Institute of Technology , Beijing 100081 ,China ;
3. school of computer science and engineering , Daqing Petroleum Iustitute , Daqing 163318 , China)

Abstract: A new approach to segment man-made target from infrared image is given based on threshold method. In order to reduce computation cost , a single method to select region of interest(ROI) is put forward so as to extract a piece of region , which contains a target to be segmented. The histogram of ROI is smoothed by Bezier curve method to restrain noise. The ROI is segmented based on threshold method and a new criterion proposed. Final segmentation result is obtained by combining the segmentation result above with edge information of target. Experimental results show that a target can be segmented effectively from complex background in infrared image by the new approach.

Key words: IR ; automatic target recognition ; segmentation ; Bezier histogram ; curvature

1　引　言

在红外自动目标识别系统中 ,目标边界的准确表示是很重要的 ,因为在目标分类阶段一般都是基于被分割出的目标的形状或者灰度信息来实现 ,因而目标分割质量的好坏直接影响到整个自动目标识别系统的最终分类质量。对于红外目标分割先前提出的方法多数集中于阈值法[1-4] ,但是单纯利用阈值法并不能够准确的将红外目标分割出来 ,因为在红外图像中一般都有复杂的背景并且同一目标具有多样的灰度级层次。基于此 ,我们提出一种基于 *Bezier* 直方图和红外目标的边缘信息的快速红外目标分割方法。本文按照如下顺序安排:第 1 部分给出一种根据先验知识确定包含目标的感兴趣区域的方法;第 2 部分给出基于 *Bezier* 直方图的详细分割方法;第 3 部分给出实验结果 ,第 4 部分得出结论。

2　选择感兴趣区域(ROI)

在这个算法中假设根据先验知识已知目标的最小和最大高和宽。可以利用激光测距估计目标的大小[5]。假设目标的亮度高于背景的亮度。令 $His(g)$ 表示图像的灰度直方图 ,其中 g 表示图像中像素点的灰度值 ,则根据 *p - tile* 阈值法来确定全局阈值 T_{global}:

$$T_{global} = \arg \max_{t} \sum_{g=0}^{t} His(g) \leq (H \times W - H_{\min} \times W_{\min}) \quad (1)$$

作者简介:金梅(1977 -) ,女 ,硕士研究生 ,主要研究方向为信号处理、系统仿真及其应用。
收稿日期:2003-12-18

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

其中，H_{min}和 W_{min}分别表示根据先验知识确定的目标的最小高和宽，H 和 W 分别为原始图像的高和宽。在利用 T_{global}对原始红外图像进行二值化后，再对阈值化后的二值图像利用“8 邻域”法进行标记[6]，并选择其中最大的区域作为参考区域 R_r。在感兴趣区域中除了参考区域 R_r 外都是背景区域 R_b。然后根据 R_r 和给定的目标的最大高和宽 H_{max} 和 W_{max}确定感兴趣区域 *ROI*，这个过程可参照图 1 完成。

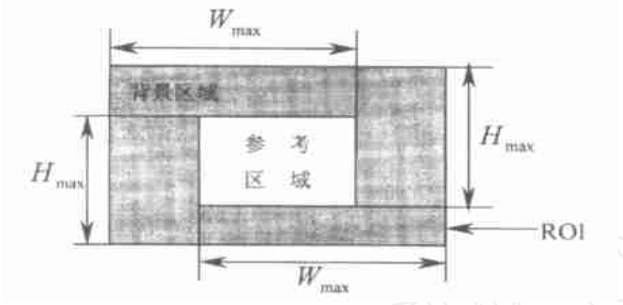


图 1　选择感兴趣区域示意图

3　基于 Bezier 直方图和边缘信息的红外图像分割

红外自动目标识别系统中的目标分割阶段是一项很艰巨的任务，因为红外图像中的背景是很复杂的，而且其中的目标灰度分布也不均匀，从而给红外图像的目标分割造成困难。由于噪声的影响红外图像的直方图有许多虚假的峰值，因而原始红外图像的直方图并不能直接用来分割红外目标。要求对原始直方图进行预处理，如先对红外图像的直方图进行去噪的平滑处理；或对一维直方图进行小波变换，然后再进行处理；但普遍存在计算量大，而且实现起来比较烦琐，均不适宜于红外目标自动识别系统的快速实时分割的需要。本文基于 *H. Q* 等提出的快速目标分割方法[7]，利用 *Bezier* 曲线对红外图像的一维直方图进行平滑处理，提出一种基于 *Bezier* 直方图的快速红外目标分割方法，这种方法能够克服 *H. Q* 方法存在的缺陷，并提出一种评价本分割质量的评价准则，利用这个准则获得最佳的分割阈值，最后结合红外目标的边缘信息，最终获得良好的分割结果。

2.1　Bezier 直方图

这里利用 *Bezier* 曲线[8]趋于特征多边形的形状的整体逼近特性来实现对原始红外图像直方图的平滑的目的。

令原始红外图像被量化成 L 个灰度级，在灰度直方图中各个控制点的位置表示为：$P_k = (x_k, y_k)$，$k = 0, 1, 2, \cdots, L-1$。则通过这 L 个控制点确定一个位置矢量 $P(t)$：

$$P(t) = \sum_{k=0}^{L-1} p_k B_{k,L-1}(t) \tag{2}$$

其中，$0 \leqslant t \leqslant 1$。*Bezier* 曲线上各点位置矢量的调和函数 $B_{k,L-1}(t)$是 *Bernstein* 基函数：

$$B_{k,L-1}(t) = C(L-1,k)\, t^k (1-t)^{L-k-1} \tag{3}$$

其中，$C(L-1,k) = \dfrac{(L-1)!}{k!\,(L-k-1)!}$ (4)

Bezier 曲线两个十分重要的特性就是凸包性和变差缩减性，这使得曲线上各点均落在 *Bezier* 特征多边形所构成的凸包中，而且 *Bezier* 曲线比特征多边形的波动还小，也就是 *Bezier* 曲线比特征多边形所在的折线更光滑，上述两个重要特性确保了直方图平滑后不会产生不稳定的振荡，而且能够平滑掉直方图中那些由于噪声而产生的毛刺，从而能够更为准确的反映图像的灰度分布信息。

2.2　Bezier 直方图的曲率求解和分割阈值确定

式(2)中的矢量方程表示的是 *Bezier* 曲线的两个位置坐标的参数方程：

$$x(t) = \sum_{k=0}^{L-1} x_k B_{k,L-1}(t) \tag{5}$$

$$y(t) = \sum_{k=0}^{L-1} y_k B_{k,L-1}(t) \tag{6}$$

则由参数方程表示的 *Bezier* 直方图在每一个控制点处的曲率 $Cur(t)$可利用下式求解：

$$Cur(t) = \frac{x'(t)\,y''(t) - y'(t)\,x''(t)}{(x'(t)^2 + y'(t)^2)^{3/2}} \tag{7}$$

其中 $x'(t)$，$y'(t)$表示一阶导数，$x''(t)$，$y''(t)$表示二阶导数。

假设待分割目标的尺寸是已知的，这点假设由前面的叙述可知是合理的，可以利用前述方法估计出来。令待分割目标的面积为 A_t，则可以利用下式来评价分割质量：

$$Cost(i) = \frac{|S_i - A_t|}{D} \tag{8}$$

$$D = \max(d, A_t) \tag{9}$$

$$d = \max\{S_1, S_2, \cdots, S_r\} \tag{10}$$

其中，$Cost(i)$表示利用第 i 个阈值进行分割对应的代价函数；S_i 表示利用第 i 个阈值分割后目标的面积。分割阈值的确定是基于 *Bezire* 直方图在各个控制点的曲率来计算，计算出 *Bezier* 直方图曲率曲线的所有峰值点处对应的横坐标数值即为所得到的分割阈值，在这些分割阈值中利用式(8)至(10)来评价分割的质量，取代价最小的那个阈值作为最佳分割阈值。

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

如果仅仅利用上述方法对红外图像进行分割,并不能获得良好的分割效果,因为红外图像中存在复杂的背景,而且同一目标的灰度分布也不一致,这样不能满足红外自动目标识别系统的实际需要。因此本文拟采用边缘信息来弥补这一缺陷,利用获得的边缘图像与上述方法分割结果进行或运算,再经过后续处理,得到最终的分割图像。在这里我们选用经典的 *canny* 算子来提取目标边缘,因为这个算子有很好的抗噪能力,能够较准确的提取目标的边缘。

4 算法步骤

Step1 利用第 1 节提出的方法选择包含待分割目标的感兴趣区域(ROI);

Step2 求取 ROI 的灰度级直方图;

Step3 利用第 2.1 节的方法求取 Bezier 直方图;

Step4 利用第 2.2 节的方法确定最佳分割阈值并结合边缘信息获得最终的分割结果。

5 实验结果

在已做的大量实验中,限于篇幅只选取一幅红外坦克图片为例,图 2 是原始红外图像,图像大小为 292 ×58,实验中得到的分割图像效果如图 3 和图 4 所示,图 5 和图 6 分别是感兴趣区域的直方图和平滑后的直方图,图 7 和图 8 分别是感兴趣区域的直方图曲率和其平滑后的曲率。



图 2 原始红外图像



图 3 *H. Q* 法分割图像



图 4 最终分割图像

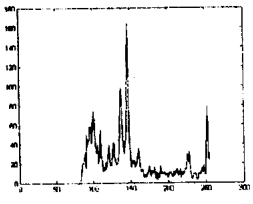


图 5 感兴趣区域直方图

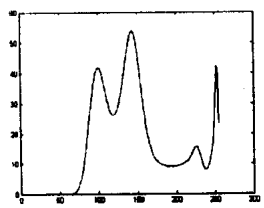


图 6 ROI 的 *Bezier* 直方图

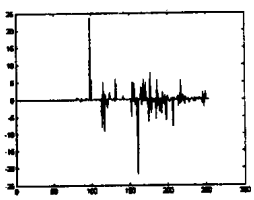


图 7 ROI 直方图曲率

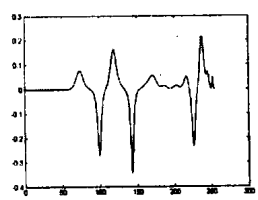


图 8 ROI *Bezier* 直方图曲率

在实验中发现,虽然 *H. Q* 等提出的方法对于分割航拍图像中的人造目标较有效,但是对于分割红外图像中的目标却显得无能为力,如图 3 所示。利用本文提出的方法得到的分割效果如图 4 所示,可见,本文提出的方法能够将红外图像中的目标准确的分割出来,目标的轮廓清晰,分割效果远远优于 *H. Q* 提出的分割方法。与 *H. Q* 提出的方法相比,本文方法充分利用红外图像的先验知识,大大减少了分割目标阶段的计算量,而且提出一种评价分割质量的代价函数,为分割红外图像提供了一种简单有效的依据。本文的方法在计算复杂程度与 *H. Q* 提出的方法相当,都是 $O(MN)$[7],其中 M、N 分别为图像的宽和高。

6 结 论

本文针对 *H. Q* 提出的分割算法存在的缺陷,并结合红外图像的成像特点,给出一种有效的自动红外目标分割方法,这种方法在事先根据先验知识确定待分割目标的尺寸的情况下,能够实现红外目标的自动准确快速分割,算法的计算复杂度与 *H. Q* 算法相当,是一种简单有效的红外目标分割方法。

参考文献:

[1] Glasbey C A. An analysis of histogram based thresholding algorithms[J]. CVGIP-GMIP, 1993, 55(6):532 - 537.

[2] 靳宏磊,等. 二维灰度直方图的最佳分割方法[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12(3): 329 - 333.

[3] 安玮,等. 基于奇异性分析的图像直方图分割算法[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12(1):12 - 18.

[4] Sum-Gu Sun, Hyun Wook Park. Segmentation of forward-looking infrared image using fuzzy thresholding and edge detection[J]. Optical Engineering, 2001, 40(11): 2638 - 2645.

[5] W Lie. Automatic target segmentation by locally adaptive image thresholding[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1995, 4(7):1036 - 1041.

[6] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. Image Processing Analysis and Machine Vision (Second Edition)[M]. Thomson Asia pte Led, United States of America, 2002.

[7] Hairong Qi, Wesley E Snyder, David Marchitte. An efficient approach to segment marr-made targets form unmanned aerial vehicle imagery[J]. Optical Engineering, 2000, 39(5):1267 - 1274.

[8] 孙家广. 计算机图形学[M]. (第三版) 北京:清华大学出版社, 2000.

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net