

基于边缘强度的红外图像阈值分割方法研究

杜 奇, 向健勇, 袁胜春

(西安电子科技大学技术物理学院, 陕西 西安 710071)

摘 要:提出一种针对复杂场景的基于图像边缘强度的阈值分割算法。首先进行边缘检测, 然后根据边缘强度进行像素灰度值加权平均计算出图像的分割阈值。该算法简单、实用, 可对海上及空中目标进行准确分割, 并已在实际的跟踪系统中进行了应用, 结果表明目标分割正确, 系统实时性强、稳定可靠。

关键词:图像分割; 阈值选择; 边缘检测; 自适应阈值

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2004)03-0288-04

Study on thresholding segmentation for infrared image based on edge detection

DU Qi, XIANG Jian-yong, YUAN Sheng-chun

(Department of Technical Physics, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: A thresholding segmentation algorithm for complex background is introduced. The method is based on edge detecting of infrared image. Firstly, the image edge is detected, and then segmentation threshold is computed by weighting and averaging value of pixels gray. The method is simple and practical, and it can segment the targets in the air and on the sea exactly. And it has been used in tracking system, the experimental result indicates that the algorithm is correct and real-time, and the system is reliable.

Key words: Image segmentation; Threshold selection; Edge detection; Adaptive threshold

0 引 言

图像分割是图像处理中的主要问题,也是计算机视觉领域低层次视觉中的主要问题,同时也是一个典型难题。关于图像分割技术,从 20 世纪 70 年代起,就有许多研究人员和学者进行了大量研究,目前已经有相当多的研究成果。但是由于问题的重要性和复杂

性,到目前还没有通用的方法,也没有判断分割是否成功的客观标准,这是因为不同的场景都有各自的特点,分割算法只能针对某种特点有针对性地改进算法。因此,图像分割是一个既古老又崭新的研究课题。

阈值选取是图像处理中的一个基本问题,在机器视觉、图像分析和理解等领域有着广泛的应用。其目的在于按照灰度级,将图像空间划分成与现实景物相对应的一些有意义的区域。本文根据红外图像自身的

收稿日期:2003-10-07; 修订日期:2003-11-20

作者简介:杜奇(1978-),男,陕西咸阳人,硕士生,主要研究方向为图像阈值分割技术、图像信号跟踪处理器等。

特点,提出了一种基于边缘强度的图像阈值分割算法。

1 阈值分割算法简介

1.1 阈值分割的原理

图像分割是指将图像中具有特殊涵义的不同区域区分开来,这些区域互不相交,每一个区域都满足特定区域的一致性。

图像分割方法归纳为基于灰度直方图的阈值化方法和基于区域的增长法两大类,其中阈值化方法因其简单、计算量小、性能较稳定而成为图像分割中应用最广泛的分割技术。

设原始图像为 $f(x, y)$, 通过适当的方法选取阈值 T , 将图像分割为两部分, 分割后的图像 $g(x, y)$ 为:

$$g(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{如果 } f(x, y) < T \\ 1 & \text{如果 } f(x, y) \geq T \end{cases} \quad (1)$$

在一般的多阈值情况下, 阈值分割可表示为:

$$g(x, y) = K \quad \text{如果 } T_{k-1} < f(x, y) < T_k \quad (2)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, K$$

式中 T_0, T_1, \dots, T_k 是一系列分割阈值。

1.2 常用阈值分割算法

若依阈值确定的原理可将图像分割方法分为几类^[1~5]: (1)最小误差法(最优阈值法); (2)迭代阈值法; (3)直方图与直方图变换方法; (4)最大类间方差法(Ostu方法); (5)最大熵法; (6)概率松弛法(Relaxation); (7)共生矩阵法; (8)矩量保持法; (9)简单统计法与局部特性法; (10)模糊集方法; (11)小波变换法^[6]; (12)基于边缘的阈值分割方法(本文算法)等。

2 基于边缘强度的阈值分割算法

2.1 边缘检测

常用的边缘检测算子很多, 主要有: (1)Sobel 边缘检测算子; (2)Prewitt 边缘检测算子; (3)Roberts 边缘检测算子; (4)Isotropic Sobel 边缘检测算子; (5)Wallis 边缘检测算子; (6)Laplacian 算子等。

2.2 基于边缘强度的阈值分割算法

因为红外图像中目标的极性都为正极性, 且当目标较大时目标和背景之间存在明显的边缘。针对红

外图像的这些特点, 提出了基于边缘强度的阈值分割算法, 其基本思想是提取图像中亮目标与暗背景之间的边缘点的灰度信息, 通过加权得到图像的分割阈值。其具体流程如下。

(1) 梯度值的计算

为寻找边缘点, 需要计算图像的灰度梯度, 灰度梯度值较大的那些点对应着目标与背景的边缘点。采用第 2.1 节中的各种边缘检测算子计算图像的灰度梯度。

(2) 梯度排序

根据梯度值, 首先找出其中最大的 n 个点的梯度值 $|G(x, y)|$ 以及对应位置上的灰度值 $f(x, y)$, 然后舍去其中最大的 m 个点(认为可能是噪声引起的突跳点)。

(3) 灰度排序

将提取出来的 $(n-m)$ 个点的灰度值从大到小进行排序。

(4) 构造分割阈值

采用 $(n-m)$ 个点的灰度值的加权平均构成分割图像的阈值, 公式为:

$$T = k \cdot \sum_{j=m+1}^n G_j(x, y) \cdot f_j(x, y) + k_0 \quad (3)$$

$$\text{其中: } k = \frac{k'}{\sum_{l=m+1}^n G_l(x, y)} \quad (4)$$

式中 k', k_0 为比例常数; $G_j(x, y)$ 为 (x, y) 点的梯度值; $f_j(x, y)$ 为 (x, y) 点的灰度值。

2.3 空间滤波修正

实验结果表明, 在对图像处理之前先进行一次平滑滤波, 不但可以滤除孤立噪声点, 还可以使边缘更加明显, 有利于算法的实现。

采用以下滤波方法减少噪声: 判断过阈值点邻域的 8 个灰度值, 如果有多于 5 个的过阈值点, 即可认为该点为目标点, 否则认为是噪声点, 予以排出。虽然这种空间滤波修正主要是进行逻辑判断, 对运算速度影响不大, 但对改善分割效果起到了较好的作用。

3 实验结果与分析

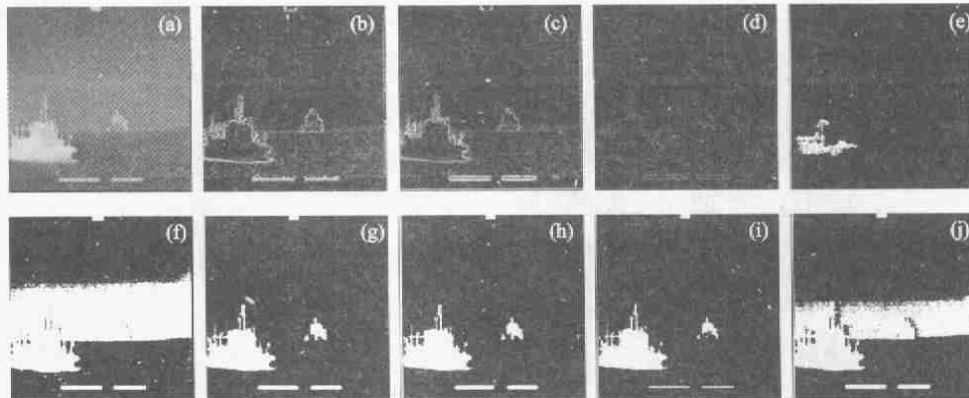
利用上述算法, 分别在计算机和自行设计的“JH

图像信号跟踪处理器”上进行了仿真和模拟实验,结果表明:文中的方法结合了灰度和梯度信息,得到的阈值分割图像较完整地保留了图像轮廓信息,同时降低了运算量,增强了算法的抗干扰能力和适应能力。

3.1 计算机上的仿真实验

前面介绍了基于边缘强度的阈值分割算法的原理及主要计算公式,现将这几种方法和普遍认为较好的最大类间方差法(Ostu法^[7])、迭代法(Iteration

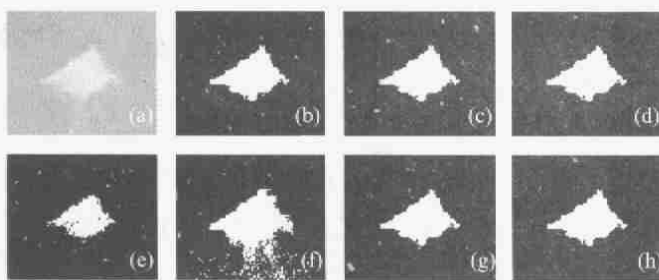
法^[8])以及粗分割-细搜索的图像分割算法(R-C法^[9])作真实红外图像分割实验比较(见图1~3及表1),结果如下:(1)文中介绍的几种基于边缘强度的阈值分割算法与最佳阈值(手调)最为接近;(2)Iteration法和R-C法对噪声较为敏感,特别是噪声较大时(图3),而文中的方法仍能得到理想的分割效果;(3)Ostu法计算的分割阈值偏高,会出现大块黑色区域,丢失了许多图像信息,而文中的几种方法较为



(a) 原始红外图像;(b) Sobel 梯度图;(c) Prewitt 梯度图;(d) Roberts 梯度图;(e) Ostu 法分割图;(f) Iteration 法分割图;(g) Sobel 分割图;(h) Prewitt 分割图;(i) Roberts 分割图;(j) R-C 法分割图
 (a) Original IR image;(b) Gradient image using Sobel mask;(c) Gradient image using Prewitt mask;(d) Gradient image using Roberts mask;(e) Segmentation result using Ostu method;(f) Segmentation result using Iteration method;(g) Segmentation result using Sobel mask;(h) Segmentation result using Prewitt mask;(i) Segmentation result using Roberts mask;(j) Segmentation result using R-C method

图 1 目标 1 分割结果

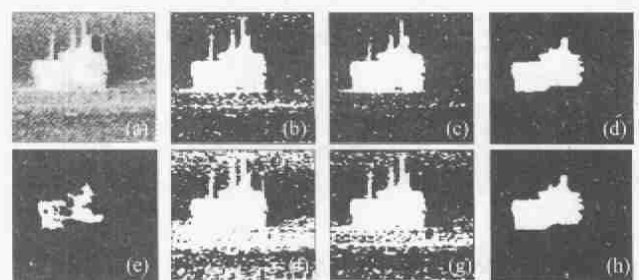
Fig. 1 Segmentation results of target 1



(a) 原始图像;(b) Sobel 分割图;(c) Prewitt 分割图;(d) Roberts 分割图;(e) Ostu 法分割图;(f) Iteration 法分割图;(g) R-C 法分割图;(h) 手动阈值分割图
 (a) Original image;(b) Segmentation result using Sobel mask;(c) Segmentation result using Prewitt mask;(d) Segmentation result using Roberts mask;(e) Segmentation result using Ostu method;(f) Segmentation result using Iteration method;(g) Segmentation result using R-C method;(h) Segmentation result using manual acting method

图 2 目标 2 分割结果

Fig. 2 Segmentation results of target 2



(a) 原始图像;(b) Sobel 分割图;(c) Prewitt 分割图;(d) Roberts 分割图;(e) Ostu 法分割图;(f) Iteration 法分割图;(g) R-C 法分割图;(h) 手动阈值分割图
 (a) Original image;(b) Segmentation result using Sobel mask;(c) Segmentation result using Prewitt mask;(d) Segmentation result using Roberts mask;(e) Segmentation result using Ostu method;(f) Segmentation result using Iteration method;(g) Segmentation result using R-C method;(h) Segmentation result using manual acting method

图 3 目标 3 分割结果

Fig. 3 Segmentation results of target 3

表1 分割方法比较

Tab. 1 Comparison of segmentation methods

Target	Method in this paper			Ostu method	Iteration method	R-C method	Manual threshold
	Sobel operator	Prewitt operator	Robert operator				
Target 1 (256×256)	142	146	155	204	111	125	149
Target 2 (108×73)	214	215	205	227	195	215	205
Target 3 (238×199)	194	210	225	240	125	175	223

稳定,特别是基于 Roberts 算子的算法与最佳阈值(手调)几乎无差别(由图 1~3 及表 1 中与其他算法比较得出);(4) Ostu 法要求分割区域内目标、背景大小比例适中,而文中方法对分割区域中目标、背景大小比例不敏感,可用于全视场的目标分割。

基于边缘强度的阈值分割算法计算简单,无需进行灰度直方图统计,很容易扩展到图像的多阈值分割中去。

3.2 信号处理器上的实验^[10]

在 AD 公司设计的处理器专用开发软件 Visual DSP++ 上,将文中算法移植到现有的“JH 图像信号跟踪处理器”上进行实验:

(1) 结合系统的主控程序,用摄像头对准计算机显示器上模拟的亮“目标”进行跟踪,从监视器上看跟踪波门运动情况,以及从计算机上读取 DSP 的实时分割结果,实验证明分割正确;

(2) 结合系统的主控程序,用录像机把录有船舶、飞机、云层等的红外图像送到信号处理器上,观察分割、跟踪结果。录像带上有船舶由远至近以及飞机从起飞到飞行再到降落等各种情况,实验表明分割结果正确、实时性强。

4 结论

以实际系统要求分割的实时性、准确性为出发点,以红外图像的特性为基础,采用大量真实红外图像进行仿真实验,提出了几种基于边缘强度的阈值分割算法。该方法完全利用图像自身信息选取最佳阈值,分割后目标边缘清晰、背景噪声小,为后续的特征提取、目标识别、跟踪处理打下良好的基础。由于算

法主要是进行逻辑判断和简单的整数运算,故运算速度快,易于硬件实现。文中的基于边缘强度的阈值分割算法已在由三片 ADSP-21060 和一片超大规模集成电路 EP1K100 搭成的“JH 图像信号跟踪处理器”上与目标识别、跟踪等算法进行了系统联调,达到了要求的精度和速度等指标,表明了该算法的可行性和实用性。该算法还可用于其他领域(如生物医学图像处理等),具有一定的应用前景。

参考文献:

- [1] 吴一全,朱兆达. 图像处理中灰度级阈值选取方法 30 年(1962-1992)的进展(一)[J]. 数据采集与处理,1993,8(3-4):193-201.
- [2] 吴一全,朱兆达. 图像处理中灰度级阈值选取方法 30 年(1962-1992)的进展(二)[J]. 数据采集与处理,1993,8(3-4):268-281.
- [3] 罗希平,田捷,诸葛婴,等. 图像分割方法综述[J]. 模式识别与人工智能,1999,12(3):301-312.
- [4] Pal N R, Pal S K. A review on image segmentation techniques [J]. Pattern Recognition, 1993, 26(9): 1277-1294.
- [5] Sahoo P K, Soltani S, Wong A K C, et al. A survey of thresholding techniques [J]. Computer Graphics Vision and Image Processing, 1988, 41: 233-260.
- [6] 汪祖媛,庄镇泉,汪炳权. 红外热图像分割中的二维灰度直方图小波变换方法[J]. 红外技术, 2000, 22(4): 1-9.
- [7] Ostu N. A threshold selection method from gray-level histogram [J]. IEEE Trans SMC, 1979, 9: 62-66.
- [8] 何斌,马天予,王运坚,等. Visual C++ 数字图像处理. 第二版 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2002. 459-471.
- [9] 刘文萍,吴立德. 一种对空中目标图像自适应分割方法[J]. 红外与毫米波学报, 1996, 15(4): 257-261.
- [10] 向健勇,徐军. 空中目标图像分割信息处理机技术总结报告 [R]. 陕西:西安电子科技大学光子电子技术研究室, 1995.