

·信号与信息处理·

## 一种基于灰度阈值的天地背景轮廓线提取方法

杨 飞<sup>1</sup>, 巩 华<sup>2</sup>

(1.中国电子科技集团公司光电研究院,天津 300000;2.空军装备部重点型号部,北京 100843)

**摘要:**针对天地背景轮廓线具有波动起伏、边缘模糊及轮廓边缘灰度值变化缓慢的特点,采用灰度阈值方法,实现了多种天地背景边缘轮廓提取,可为后续的天空背景图像分割及空中目标检测提供技术支持。算法具有实现简单、计算量小、运行速度快、定位精确、抑制噪声的特点,弥补了经典图像边缘提取算法的不足,并结合远距离摄录的天空海面、天空海面岛屿、天空山地等背景的视频图像,给出了文中检测算法与其他算法的图像处理结果对比分析。

**关键词:**边缘检测;阈值;灰度值;处理窗口;轮廓线

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2014)-06-0046-05

## Contour Line Extraction Method of Sky and Earth Background Based on Grey Threshold

YANG Fei<sup>1</sup>, GONG Hua<sup>2</sup>

(1. Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300000, China; 2. Key Model Department of Air Force Equipment Ministry, Beijing 100843, China)

**Abstract:** According to the characteristics of sky and earth background contour line such as fluctuation, blurring edge and slow change grey value of contour edge, grey threshold method is adopted to extract sky and ground background edges. It can provide technology support for subsequent sky background image segmentation and air target detection. The algorithm has the characteristics of easy to realize, few calculation, fast operation speed, precision location and low noise, which compensates the shortcomings of traditional image edge extraction algorithm. With background video images recorded from long range such as sky and surface, sky, surface and island, sky and mountain, the image processing result contrast analysis of the detection algorithm and other algorithm is proposed.

**Key words:** edge detection threshold; grey value; process window; contour line

图像边缘是指其周围像素灰度有阶跃变化或屋顶变化的那些像素的集合,反映物体的亮度、颜色、纹理结构发生了突变。它存在于背景与背景、目标与目标、目标与背景之间,是图像最基本的特征。在图像的边缘位置,通常图像灰度的一阶导数为最大值、二阶导数为零点<sup>[1-3]</sup>。根据这一特点,研究学者提出多种基于微分算法的边缘检测算子:例如 Roberts 算子、Prewitt 算子、Sobel 算子、Laplacian 算子、Log 边缘算子和 Canny 边缘算子<sup>[4-7]</sup>。

对于图像边缘区域模糊、图像噪声大、边缘灰度突变不明显,微分算法不满足图像边缘检测条件,上述边缘检测算子将失效,会出现边缘间断、边缘丢失、虚假边缘、定位不精确的处理结果<sup>[8-9]</sup>。

天地背景图像通常包括天空区域和地表区域,常见的有天空海面、天空平原、天空山地、天空沙漠等景物图像。在摄录远距离天地背景图像时,背景图像除了噪声增大外,还会因大气湍流等因素影响而产生抖动或起伏,这种现象在背景边缘轮廓附近

尤为明显。其结果造成图像轮廓边缘模糊、波动起伏,图像边缘区域灰度值变化呈现连续缓慢变化状态,导致建立在微分理论基础上的传统经典图像边缘检测算法对天地背景图像的边缘轮廓提取失效。

## 1 图像边缘检测算法研究现状和阈值法原理

### 1.1 图像边缘检测算法研究现状

图像边缘检测是图像特征提取的一个重要内容,经过实践的检验,有些内容发展成为经典算法。经典的边缘检测算子包括 Roberts 边缘算子、Prewitt 边缘算子、Sobel 边缘算子、Log 边缘算子和 Canny 边缘算子,前三种为一阶微分算子,后两种为二阶微分算子<sup>[10]</sup>。

Roberts 边缘算子是一种最简单的梯度算子,利用局部差分寻找边缘,适合检测比较陡峭的边缘,但是对噪声敏感,经常出现孤立点,容易丢失一部分边缘。随后,人们又研究出了 Prewitt 边缘算子和 Sobel 边缘算子。这两种算子在求梯度之前首先进行邻域平均或加权平均,然后进行微分,算法虽然抑制了噪声,但容易出现边缘模糊现象<sup>[11-13]</sup>。

二阶微分算子对噪声非常敏感,容易产生一些虚假边缘,需要在边缘检测之前进行图像噪声滤波。有人提出首先对图像用 Gauss 函数进行平滑滤波,然后再利用 Laplacian 算子(一种二阶微分算子)提取图像边缘,这就是 Log 边缘算子,边缘检测效果更好<sup>[14]</sup>。

Canny 边缘算子是一个集滤波、增强、检测于一体的最优算子。该算子首先采用高斯滤波器对图像进行平滑处理来滤除图像噪声,然后采用一种“非极值抑制”技术,细化平滑后图像梯度幅值矩阵来增强图像边缘,最后采用两个不同的阈值检测出图像强、弱边缘。

近十几年来,随着数学理论和人工智能技术的不断发展,新的边缘检测方法也不断涌现。例如:基于小波分析的边缘检测法、基于数学形态学的边缘检测法、基于模糊理论边缘检测法等。虽然这些方法有的能够解决复杂图像的边缘提取问题,但它们也不是绝对万能的方法。有些边缘检测方法定位精度高,但是抗噪声性能差;有些方法抑制噪声能力强,但检测精度差;有些方法两者性能都能兼顾,但算法复杂、运行时间长、信息量大,占用过

多存储资源,实用困难。

### 1.2 阈值法原理

阈值是用于区分目标与背景、目标与目标、背景与背景的灰度值。这种方法是将图像中的每个像素的灰度值与阈值相比较,灰度值大于阈值的像素为一类,灰度值小于阈值的像素为另一类。这两类像素一般分属图像中的两个区域,以此判断像素是属于目标还是背景或属于哪类目标(背景),达到区别目标和背景的目的。该方法最为关键的一步就是按照某个准则来确定最佳灰度阈值,现有的大部分算法都是集中在确定阈值的研究上<sup>[15]</sup>。此外,根据图像本身的特点,还可以选择一个阈值和多个阈值进行目标和背景区分(图像分割)。

阈值确定的方法很多,根据分割算法的特征可以分为直方图峰谷法、最小误差法、自动阈值法、最大类空间方差法、最大熵法、特征空间聚类法以及其他一些方法。这些方法虽然解决了图像处理领域中一些针对性问题,但是通用性不强,并非对所有图像都适用<sup>[16]</sup>。有的方法确定过程较为复杂、计算时间相对较长,影响实际应用。只有根据目标背景图像的本身特征,寻求得到的算法简单、计算快速、分割结果有效的阈值,才是最佳阈值。

## 2 灰度阈值确定

在一幅远距离摄录的天地背景的灰度图像中,不同区域的图像背景灰度值相差较大,同一区域的图像背景灰度值比较接近一致,通常天空区域背景图像灰度值要高于地表区域背景图像灰度值,边缘模糊的轮廓线区域的图像灰度值介于两者之间。考虑背景在空间具有连续分布的特点,图像背景灰度值变化应是连续渐变的,因此在某一较小的局部图像处理区域内(通常采用矩形区域,以下简称处理窗口),背景灰度值在一定时间范围内可近似认为恒定不变,取处理窗口内像素灰度的平均值做为阈值,提取背景轮廓线,实现图像分割。

背景轮廓区域图像波动起伏、边缘模糊,与其说是轮廓线不如说是轮廓带,可视为严重图像噪声所致,通常的图像处理是采用滤波方法去除噪声。文中处理方法是利用轮廓线附近图像噪声这一特点,采用上述简单计算所得到的灰度阈值,再配合

相应的判断条件,简单、快速、准确地完成边缘轮廓提取。此方法相当于把模糊的轮廓线区域当做目标,把天空区域和地表区域当做背景进行图像阈值分割及轮廓线目标提取。在具体应用时,可以在天空与海面、平原、山地等背景交界处上方空域背景中选取局部区域来计算灰度阈值。

### 3 天地背景边缘轮廓提取的具体方法

图1所示为轮廓线、处理窗口、背景图像示意图。参照图1,假设灰度阈值为 $T_b$ ,处理窗口内任意点 $(i,j)$ 的灰度值为 $f(i,j)$ ,图像灰度等级为256,“0”表示最暗像素点,“255”表示最亮像素点, $T_0$ , $T_1$ 为预先设定的检测灰度门限, $M$ 为处理过程中的代换变量。处理窗口内的各个像素点按下面规则和顺序进行运算,即可得到处理窗口内背景轮廓线的二值化图像,轮廓线为亮点,背景为暗点。处理方法如下:

(1)如果 $T_b - f(i,j) > T_0$  则 $f(i,j) = T_b$

(2)令 $M = |f(i,j) - T_b|$

(3)如果 $M > T_1$  则 $f(i,j) = 255$

如果 $M \leq T_1$  则 $f(i,j) = 0$

执行规则(1),将使轮廓线两侧不同背景区域的像素灰度值趋于一致,相当于不同背景进行同一化处理。执行规则(2)、(3),对处理窗口内的像素进行二值化处理,背景为暗点,背景边沿轮廓为亮点。

当门限 $T_0$ 取值增大时,轮廓线将逐渐加宽、呈现连续状态,门限 $T_1$ 取值对轮廓线宽窄也有影响,但影响程度远不及 $T_0$ ,常取 $T_0 > T_1$ 。此方法之所以能够提取出连续的背景轮廓线,一方面是由于天空背景与其他背景交界区域在成像后的灰度值变化不是突变过程,而是由一个渐变过程所导致的,是交界区域背景光学特征因大气湍流等因素影响而发生渐变过程的一种反应。另一方面,起伏波动的模糊边缘轮廓,对轮廓线提取的效果更为有力。

在实际应用时, $T_b$ 取值可由处理程序自动计算完成,阈值计算区域可以预先设定在天空背景某一区域,或选择在轮廓线提取处理窗口顶部的天空背景某一局部区域。通过软件编程,可以完成整幅画面背景边缘轮廓提取。

$T_0$ 取值与轮廓线两侧不同背景的平均灰度之

差有关, $T_1$ 取值与边缘轮廓区域灰度值有关。 $T_0$ 、 $T_1$ 取值可以预先在30~150范围内选取,然后再根据轮廓线图像效果情况进行调整。

在通常情况下,天空背景图像灰度值高于海面、平原、有植被的山地背景图像灰度值,但是有反光的海面、沙漠、岩石裸露的山地或积雪反光的山地,其背景图像灰度值要高于天空背景图像灰度值,此时规则(1)按下式处理将具有更强的通用性

如果 $|T_b - f(i,j)| > T_0$  则 $f(i,j) = T_b$  (1)

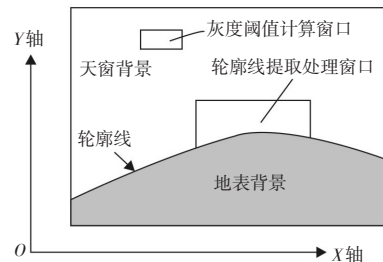


图1 轮廓线、处理窗口、背景图像示意图

### 4 检测算法图像处理结果分析

图2~图13给出了在不同背景条件下轮廓线检测的试验情况和不同算法的处理结果。在处理窗口内以二值化图像方式给出处理结果的直观显示,图像处理所需的图像背景视频信息来自试验时拍摄的录像带,摄录距离大于10 km。

图2~图4为天空海面岛屿背景图像,图5~图9为天空海面背景图像。其中,图8、图9海面背景有阳光反射,此时天空背景平均灰度值低于海面背景平均灰度值。图10~图13为天空山地背景图像。

由于海面、山体上方蒸气流影响,大气湍流现象特别明显。从录像带播放的景物画面上看,原始图像背景轮廓线始终是抖动变化的(海面波浪起伏影响也考虑在内)。图3、图6、图11给出了采用梯度差分方法提取轮廓线的处理结果,显然轮廓线断续严重,检测结果极不理想,无法实现沿着背景轮廓线进行图像分割及目标检测任务。

图4、图7、图9、图12、图13给出了基于灰度阈值的轮廓线提取处理结果,检测结果较为理想,图像处理算法简单,处理速度较快,轮廓线输出显示稳定,边缘清晰、连续。

图12、图13给出灰度门限 $T_0$ 取值大小对轮廓线宽窄影响的处理结果。

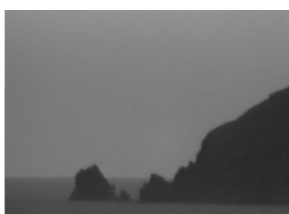


图2 原始图像

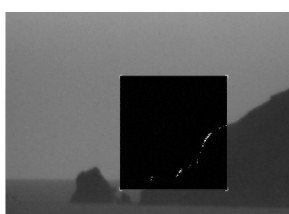


图3 差分处理结果

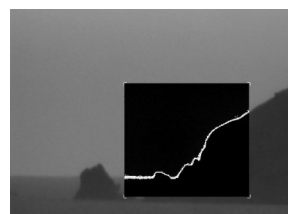


图4 轮廓线提取结果



图5 原始图像

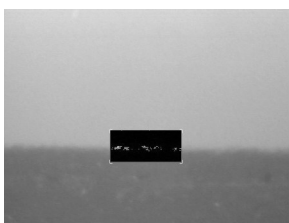


图6 差分处理结果

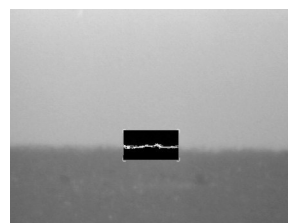


图7 轮廓线提取结果

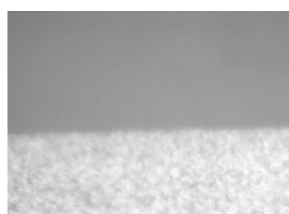


图8 海面反光的原始图像

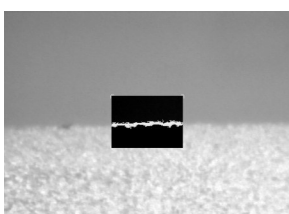


图9 轮廓线提取结果

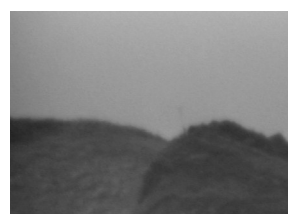


图10 原始图像

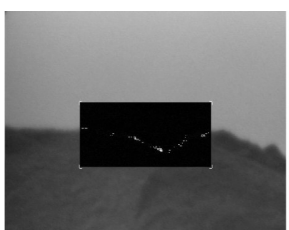


图11 差分处理结果

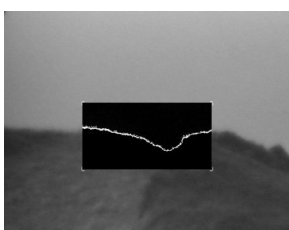


图12 窄轮廓线提取结果

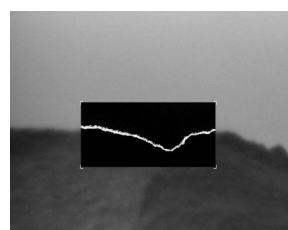


图13 宽轮廓线提取结果

## 5 结束语

采用灰度阈值方法,实现了多种天地背景边缘轮廓提取。该算法具有实现简单、计算量小、性能稳定、运行速度快、边缘定位精确、抑制图像噪声能力强的特点,弥补了基于微分的经典图像边缘提取算法的不足,并结合试验,给出了检测算法处理结果对比分析。

图像边缘检测技术一直是国内外研究的热点,也是图像处理中的一个难题。针对天地背景图像这种特点,寻求算法简单、解算速度快、检测效果好(抗噪声、检测精度高)的天地背景边缘轮廓检测方

法是图像处理技术研究的目的之一,是后续空中目标探测的基础。利用天地背景轮廓线可以有效地完成天空区域和地表区域的图像分割;在空中目标探测时,在轮廓线上方的天空背景中进行图像目标检测,而不必进行整幅图像画面目标搜索与目标提取运算,不仅可极大压缩图像处理运算量、减少目标探测时间,还可以避免来自地表区域的阳光反射、地面移动目标、低空鸟群等虚假的目标干扰。

## 参考文献

- [1] 章毓晋. 图像分割[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [2] 摧屹. 图像处理和分[M]. 北京:科学出版社,2002.

- [3] 冈萨雷斯. 数字图像处理 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [4] 何东健. 数字图像处理 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.
- [5] 韩思奇, 王蕾. 图像分割的阈值法综述[J]. 系统工程与电子技术, 2002(6): 91-94.
- [6] 杨晖, 曲秀杰. 图像分割方法综述 [J]. 电脑开发与应用, 200(3): 21-93.
- [7] 李小红. 基于 LOG 滤波器的图像边缘检测算法的研究 [J]. 计算机应用与软件, 2005(5): 107-108.
- [8] 陈宏希. 基于边缘保持平滑滤波的 Canny 算子边缘检测 [J]. 兰州交通大学学报, 2006(1): 86-90.
- [9] 马艳, 张治辉. 几种边缘检测算子的比较 [J]. 工矿自动化, 2004(1): 54-56.
- [10] 冯俊萍, 赵转萍. 基于数学形态学的图像边缘检测技术 [J]. 航空计算技术, 2004(3): 53-56.
- [11] 雷丽珍. 数字图像边缘检测方法的探讨 [J]. 测绘通报, 2006(3): 40-42.
- [12] 沈圆, 李国勇. 图像的阈值分割法设计 [J]. 机械工程与自动化, 2012(5): 45-46.
- [13] 邹洪杰. 基于最大方差法的图像分割与边缘检测 [J]. 黑龙江科技信息, 2013(27): 96, 121.
- [14] 陈露晨, 李光明. 快速最大熵多阈值图像分割算法 [J]. 计算机应用与软件, 2012(3): 267-268.
- [15] 卢建华. 基于直方图阈值法的遥感图像分割算法研究 [D]. 福建: 福建农林大学.
- [16] 张小琳. 图像边缘检测技术综述 [J]. 高能量密度物理, 2007(1): 37-40.

(上接第45页)

数, 即  $C_{\nu T}$  为 0.9 MHz/°C。BOTDA 系统测出布里渊频移变化, 根据以上参数既可以测出管线沿线的温度分布信息。

### 3 结 论

文中提出了一种螺旋式盘绕传感光纤的技术方法来提高 BOTDA 系统的空间分辨率, 在不改变泵脉冲光宽度的条件下采用一维直线式分布光纤与螺旋式盘绕分布光纤进行对比实验。通过在系统空间分辨率为 1 m 的条件下, 分别测量 1 m 与 0.5 m 管线沿线的温度分布信息, 得出采用螺旋盘绕式的传感光纤, 具有更高的实际测量的空间分辨率。这种方式是一种更精确、更有效的测量技术手段。

### 参考文献

- [1] Naruse H, Tateda M, Ohno H, et al. Linear strain distribution dependence of the Brillouin gain spectrum. Optical Fiber Sensors Conference Technical Digest[C]//Portland, OR, USA, 2002, 1: 309-312.
- [2] 沈一春, 宋牟平, 章献民, 等. 单模光纤中受激布里渊散射阈值研究 [J]. 中国激光, 2005, 32(4): 497-500.
- [3] Kurashima T, Horiguchi T, Lzumita H, et al. Brillouin optical fiber time domain reflectometry [J]. IEICE Transac
- tions on Communication, 1993, E76-B(4): 382-390.
- [4] Horiguchi T, Tateda M. BOTDA-nondestructive measurement of single mode optical fiber attenuation characteristics using Brillouin interaction theory [J]. Journal of Light Wave Technology, 1989, 7(8): 1170-1176.
- [5] 聂俊, 李端有, 梁俊. 基于 BOTDA 的温度和应变测试探讨 [J]. 长江科学院院报, 2011, 28(4): 68-70.
- [6] 王菊, 刘银, 张伟娟. 基于布里渊损耗的单端分布式光纤传感系统研究 [J]. 激光与红外, 2014, 44(7): 773-776.
- [7] 崔何亮, 张丹, 施斌. 布里渊分布式传感的空间分辨率及标定方法 [J]. 浙江大学学报, 2013, 47(7): 1233-1237.
- [8] Anthony W B, Michael D D, Bao X, et al. Spatial resolution enhancement of a Brillouin distributed sensor using a novel signal processing method [J]. Journal of Lightwave Technology, 1999, 17(7): 1179-1183.
- [9] ZHANG Dan, XU Hong-zhong, SHI Bin, et al. Brillouin power spectrum analysis for partially uniformly strain optical fiber [J]. Optics and Laser in Engineering, 2009, 47(9): 976-981.
- [10] Brown A, Bao X Y. Analysis of the precision of a Brillouin scattering based distributed strain sensor [J]. Proc. of SPIE 1999, 3670: 359-365.
- [11] Bao X Y, Brown A, Demerchant M, et al. Characterization of the Brillouin loss spectrum of single-mode fiber by use of very short (<10ns) pulses [J]. Optics Letters, 1999, 24(8): 510-512.