

复杂背景的红外图像过渡区提取与分割

李洪周¹, 袁胜智¹, 陈 榕¹, 高义侠²

(1. 海军航空工程学院, 山东 烟台 264001; 2. 中国海洋大学计算机科学系, 山东 青岛 266100)

摘 要:在基于个数判断噪声的中值滤波器进行平滑处理的基础上,提出了一种改进的过渡区提取方法,并将该方法应用于对比度低、宽谷直方图的复杂背景红外图像的分割。Matlab 仿真实验表明,该方法减少了图像分割的运算量,并能将具有复杂背景的红外图像目标分割得较好。

关键词:过渡区;红外图像;直方图;图像分割

中图分类号:V271.4;TP317.4

文献标识码:A

Transition Region Extraction and Segmentation of Infrared Image on Complex Background

LI Hong-zhou¹, YUAN Sheng-zhi¹, CHEN Rong¹, GAO Yi-xia²

(1. Naval Aeronautic Engineering Academy, Yantai 264001, China;

2. Department of Computer Science, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: A median filter based on estimation of noise is designed for smoothing processing, and put forward an improved transition region extraction method. Finally, this method is used to deal with segmentation problems for those infrared images whose peak values of histogram have great difference. Matlab simulation experiments showed that the proposed method can decrease the time of calculation and provide satisfactory segmentation for those infrared images on complex background.

Key words: transition region; infrared image; histogram; image segmentation

1 引言

自动目标识别(ATR)技术是利用可见光、红外、雷达等图像,通过计算机自动处理来识别目标的技术,它可以极大地提高现代高技术战争条件下精确制导武器的反应速度及作战效能^[1]。具有复杂背景的红外灰度图像,目标灰度与背景灰度大量交错,表现为目标与背景对比度低,图像直方图为宽谷或峰值变化较大。所以,实现复杂变化背景下目标可靠自动识别的关键技术之一就是如何将复杂背景下的目标准确地分割出来,以便进一步提取目标特征,提高目标识别的准确率。

现有的典型图像分割方法中,基于过渡区提取的分割方法成为研究热点。过渡区是图像中介于目标与背景之间的部分像素构成的区域,这部分像素

的空间位置位于目标与背景之间,灰度分布也位于目标灰度均值与背景灰度均值之间。过渡区的确定是一种自适应分割方法,且对图像目标的形状和尺寸没有任何条件,是一种典型的通用算法。过渡区算法是一种阈值分割算法,算法中使用了有效平均梯度(effective average gradient)和灰度剪切(clip transformation)技术^[2]。此后, Groenewald 等人对有效平均梯度与平均梯度(average gradient)进行了对比研究,证明了有效平均梯度实际上是平均梯度的平滑形式,并提出了加窗的平均梯度法。为了进一步消除噪声的影响, Liang 等人^[3]提出了加权梯度算

作者简介:李洪周(1981-),男,硕士研究生,主要研究方向为图像处理和模式识别。E-mail:lh_z_5156@163.com

收稿日期:2008-08-12

子,对梯度图像进行正态分布的加权运算,能够更好地提取过渡区。Le 等人^[4]提出使用一元线性回归方法消除随机波动对曲线的影响,使曲线变得更加平滑。

本文主要针对复杂背景下红外图像的过渡区提取,在有效平均梯度方法(EAG)的基础上提出了改进措施,利用直方图方法中计算出的直方图峰值对应的灰度级,作为过渡区方法中的剪切值。仿真实验表明,该方法减少了图像分割的运算量,对直方图中峰间的谷比较宽广且平坦的复杂背景红外图像取得较好的分割效果。

2 基于个数判断噪声的中值滤波

为了尽量消除噪声对过渡区提取的影响,本文引入了一种“基于个数判断噪声的中值滤波器”^[5]。该滤波方法的主要原理如下(以 5×5 窗口滤波模板为例):

(1)如果当前中心像素点为平坦区域像素点,则它的8邻域像素点灰度值绝大部分应该和它很接近。即使存在1个或2个噪声点,但它们之差的绝对值大于某一阈值 T 的个数 num 不会大于5。

(2)如果当前中心像素点为图像边缘点,则它的8邻域像素点的灰度值将有一半大约4个左右和它接近。而另外4个则差异较大,它们之差的绝对值大于某一阈值 T 的个数 num 将会在4个左右。

(3)如果当前中心像素点为噪声点,即使它的8邻域还有1个或2个灰度值和它接近的噪声点,它们之差的绝对值大于某一阈值 T 的个数 num 将不会少于18个。

基于以上假设,可以将一幅噪声图像分为平坦区域、图像边缘、噪声点三大部分。对于 5×5 的窗口:

(1) $num \leq 5$ 当前中心像素点为平坦区域点。

(2) $5 < num < 18$ 当前中心像素点为图像边缘点。

(3) $num \geq 18$ 当前中心像素点为噪声点。

在AMD 1.80G/256M计算机上,以复杂背景红外坦克图像为例,使用Matlab仿真实验。图1是不同去噪滤波法对含有噪声的坦克图像去噪效果比较。不难看出,中值滤波法虽然能去除噪声,但会丢失图像细节造成视觉模糊;基于个数判断噪声的中值滤波法在去除噪声的同时能很好地保留图像细节,提高图像的清晰度。表1说明了基于个数判断噪声的中值滤波法的细节保持能力,相对简单的中值滤波,这种方法在信噪比,特别在滤波时间上的改善是明显的。

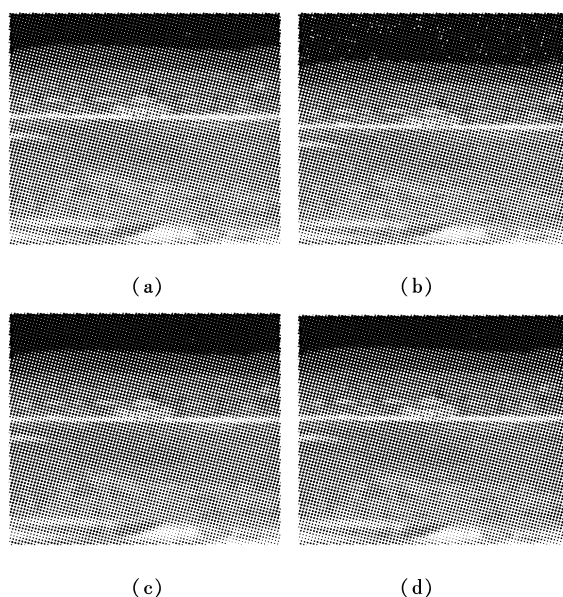


图1 对含有噪声的红外图像去噪效果比较

(a)红外原图;(b)被噪声污染的红外图像;(c) 5×5 窗口的中值滤波效果;(d)基于个数判断噪声的中值滤波效果

表1 两种方法去噪性能比较

去噪方法	信噪比/dB	滤波时间/s
5×5 中值滤波	28.02	5.3606
本文滤波	31.10	0.5162

3 图像过渡区提取与分割

3.1 EAG 过渡区提取方法

通过对图像有效平均梯度(EAG)的计算和对图像灰度的剪切(CLIP)操作确定过渡区,用 $f(x,y)$ 表示图像中像素 (x,y) 的灰度, $(x,y) \in I, I$ 为表示像素空间坐标的整数集合。设 $\nabla f(x,y)$ 表示这幅图的梯度,则有效平均梯度定义:

$$EAG = TG/TP \quad (1)$$

其中,梯度图的总梯度值为:

$$TG = \sum_{x,y \in I} \nabla f(x,y) \quad (2)$$

非零梯度像素的总数为:

$$TP = \sum_{\nabla f(x,y) \neq 0} 1 \quad (3)$$

文献[2]使用了上述有效平均梯度,并定义如下灰度剪切变换函数。

高端剪切函数:

$$f^L(x,y) = \begin{cases} L & \text{if } f(x,y) \geq L \\ f(x,y) & \text{if } f(x,y) < L \end{cases} \quad (4)$$

低端剪切函数:

$$f_L(x,y) = \begin{cases} f(x,y) & \text{if } f(x,y) > L \\ L & \text{if } f(x,y) \leq L \end{cases} \quad (5)$$

其中, L 为在 $0 \sim 255$ 之间变化的灰度值。

由式(4)、式(5)两剪切函数得到各自剪切下的 $EAG(L) \sim L$ 曲线,曲线的极值点对应的灰度值分别

记作 L_{low} 和 L_{high} , 原图像中灰度值介于两者之间的像素构成过渡区。

3.2 改进的过渡区提取方法

传统的过渡区提取算法的剪切值从零灰度值开始剪切, 对剪切后的图像, 求其梯度图, 并计算每一幅图像的总梯度值和非零梯度像素的总数, 然后得到该图像的有效平均梯度^[6]。这样运算量将很大, 如果借用直方图的峰值对应的灰度级, 确定过渡区方法中的起始和结束的剪切值, 则可以减少一些灰度级的计算, 从而达到减少运算量的目的。基于上述考虑作出如下的改进, 算法的步骤如下:

(a) 先用基于个数判断噪声的中值滤波器对图像进行去噪预处理, 再用直方图方法检测图像的背景峰值 T_1 和目标峰值 T_2 , 并计算两峰值的平均值 AVER。以峰值 $(T_1 - 2)$ 为图像灰度低端起始的剪切值。

(b) 通过函数式(5)作用得到剪切后的图像, 然后用梯度算子作用, 由式(1)~式(3)求取有效平均梯度。

(c) 以下一个灰度值作为剪切值, 重复(b), 一直到灰度值 $(\text{AVER} + 2)$ 为止。到此, 得到 $\text{EAG}_{\text{low}}(L) \sim L$ 曲线, 取对应峰值的剪切值, 记为 L_{low} 。

(d) 同理, 对于高端剪切值, 以灰度值 $\text{AVER} - 2$ 为起始剪切值, 一直到灰度值 $(T_2 + 2)$ 为止。得到高端剪切曲线 $\text{EAG}_{\text{high}}(L) \sim L$, 取对应峰值的剪切值, 记为 L_{high} 。

(e) 灰度值介于 L_{low} 和 L_{high} 之间的像素提取出来构成过渡区。由过渡区直方图得到分割门限, 分割图像。

4 对比实验

根据上述理论分析, 为了验证本文算法的有效性, 在 AMD1.80G/256M 计算机上, 以大小为 640×480 的复杂背景红外坦克图像为例, 使用 Matlab 结合 VC++ 仿真实验。同时为证明本文提出的滤波器在图像分割中的作用, 与图像直接阈值化分割结果进行对比实验。

图 2(a) 是使用文中基于个数判断噪声的中值滤波器去噪后的结果, 图 2(b) 是其对应的直方图图像, 图 2(c) 是其梯度图像。由图 4 可以看出, 对于宽谷直方图的复杂背景红外图像 (如图 2(a), (b) 所示), 使用本文基于过渡区提取的图像分割方法, 最终分割出的目标比较清晰, 背景像素的干扰较少, 图 2(d) 为使用本文算法提取的过渡区, 图 2(e) 为基于图 2(d) 过渡区的分割结果。而图 2(f) 是对含有噪声的红外图像直接阈值化分割的结果, 目标与

背景像素仍相互交错, 无法正确判断出目标, 分割结果较差。

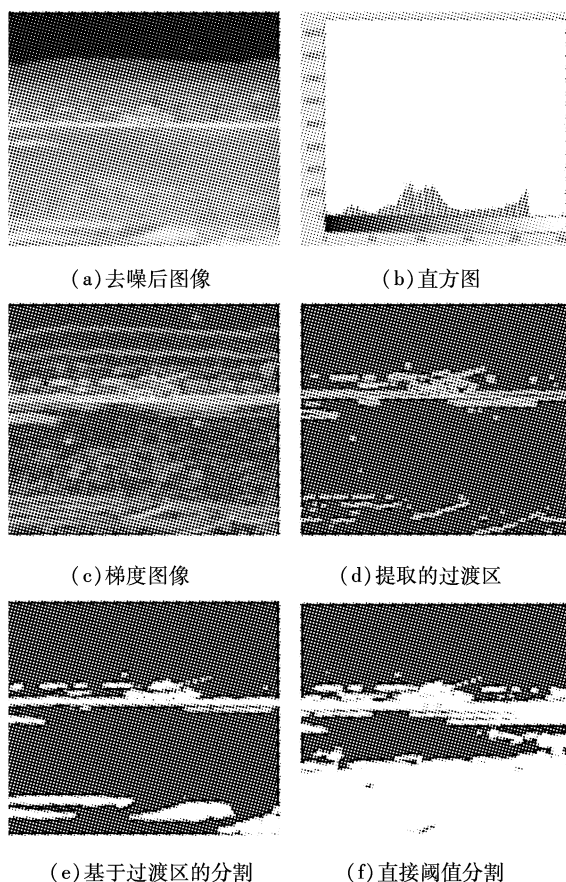


图2 过渡区提取与分割

5 结论

复杂背景下的图像目标分割对自动目标识别有着极为重要的意义, 有利于下一步的目标模式匹配和识别。通过实验验证, 改进的基于过渡区的图像分割方法, 在减少运算量的同时, 能快速提取出复杂背景红外图像的过渡区, 且分割结果较好, 验证了本文方法的有效性。

参考文献:

- [1] 闫成新, 桑农, 张天序. 基于小波变换的图像过渡区提取与分割[J]. 计算机工程与应用, 2004, 18: 29-31.
- [2] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [3] Liang Xue-jun, Le Ning. Transaction region algorithm based on weighted gradient operator[J]. Image Recognition and Automatization, 2001, (1): 4-7.
- [4] 乐宁, 梁学军, 翁世修. 图像过渡区算法及其改进[J]. 红外与毫米波学报, 2001, 20(3): 211-214.
- [5] 闫敬文. 数字图像处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [6] 万国金, 聂小根, 吴建华. 一种改进的基于过渡区的图像分割方法[J]. 南昌大学学报, 2002, 26(3): 262-264.