

文章编号: 1672-8785(2013)07-0031-03

一种用于红外图像分割的改进型 Otsu 方法

王东阳 时 磊 赵 军

(91404 部队 93 分队, 河北 秦皇岛 066000)

摘 要: 概述了红外图像处理系统对图像预处理的要求, 并针对传统图像分割算法中容易出现的目标错分问题, 提出了一种基于灰度梯度映射函数的 Otsu 法。该方法克服了传统的基于灰度直方图的 Otsu 法不能利用图像局部信息和边界信息的缺点, 通过将像素点的梯度信息与灰度信息相结合, 较好地从中分离出了目标。仿真结果表明, 该算法达到了预期的技术指标, 很好地实现了红外图像预处理的功能。

关键词: 红外图像预处理; Otsu 法; 图像分割算法

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.07.007

An Improved Otsu Method for Infrared Image Segmentation

WANG Dong-yang, SHI Lei, ZHAO Jun

(The 93 Department of 91404 Unit, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: The image preprocessing requirements of an infrared image processing system are presented. An Otsu method based on gray gradient mapping function is proposed for the target misclassification occurred easily in the traditional image segmentation algorithm. The method can overcome the shortcoming of the traditional Otsu method based on gray histogram, which can not make use of the local and boundary information in an image. By combining the gradient information with the gray information of pixels, the target can be well separated from the background. The simulation result shows that the algorithm meet the expected specifications and can implement the preprocessing of infrared images.

Key words: infrared image preprocessing; Otsu method; image segmentation algorithm

0 引言

Otsu 于 1978 年提出的最大类间方差法 (Otsu 法) 一直被认为是阈值自动选取方法中较为理想的一种算法。该方法计算简单, 快速有效, 因而在图像处理中得到了广泛的应用。传统 Otsu 法的缺点是, 当目标与背景的灰度差别并不明显时, 其分割效果较差, 往往会出现大块的黑色区域; 对于照度不均匀的图像, 该方法易将目标

粘连, 以致不能正确地从中提取出目标。此外, 传统的 Otsu 法是基于图像灰度特征的, 很少考虑空间位置和边界信息。

1 灰度梯度映射函数

灰度直方图反映的是图像的灰度分布特征, 并不包含边界信息, 不能反映图像的局部特征, 因此基于灰度直方图的图像分割方法无法充分利用图像的一些细节特征。本文提出的

收稿日期: 2013-04-18

作者简介: 王东阳 (1976-), 男, 吉林通化人, 工程师, 硕士, 主要从事红外测量及图像处理等方面的研究。

E-mail: wangdy2828@yahoo.com.cn

灰度梯度映射函数由于将灰度信息与梯度信息统一了起来,可充分利用图像的边缘信息和细节特征来提高红外图像的分割效果。首先,利用梯度算子计算每一个像素点的梯度值。该值反映了此像素点与其周围邻域像素点的灰度差别。然后计算所有具有同一灰度值的像素点的梯度均值。该值表征了当前灰度值出现在边缘上的几率。由于梯度值反映的是某一邻域内的灰度差别,在目标或背景内部的图像灰度分布比较均匀,其梯度值普遍较小。而在边缘处,即目标与背景相交的部分,梯度值较大。反之,对某一灰度值而言,如果对应的平均梯度值较小,那就表明该灰度值会更多地出现在目标或背景内部,而分布在边缘上的像素点则会较少;如果平均梯度值较大,则说明具有该灰度值的像素点会更多地出现在红外图像的边缘上。

建立灰度与梯度的映射关系。设灰度值为 x , 梯度值为 y , 则可建立映射 $y=f(x)$ 。其中,映射关系 $f()$ 表征为计算所有灰度值为 x 的像素点的平均梯度值。

假设函数 $f(x)$ 表示图像中坐标为 (x, y) 的像素点的灰度值。对于 $f(x, y)$ 函数,在其坐标 (x, y) 上的梯度可以通过一个二维列向量来定义:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (1)$$

向量的模值由下式给出:

$$\begin{aligned} \nabla f &= \text{mag}(\nabla f) = (G_x^2 + G_y^2)^{1/2} \\ &= \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (2)$$

根据式 (2) 对整幅图像进行计算时,运算量很大。因此,在实际操作中,人们通常用绝对值代替平方与平方根运算来近似求解梯度的模值:

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y| \quad (3)$$

式 (3) 的计算简单,并且保持了灰度的相对变化,所以对实际处理几乎没有影响。设 $G(x, y)$

为图像的梯度函数,则 $G(x, y) = \nabla f$ 。设灰度值为 i ($i \in [0, 1, \dots, L-1]$, L 为灰度级) 的像素数为 n_i , 像素集合为

$$R_i = \{(x, y) | f(x, y) = i\} \quad (4)$$

则灰度梯度映射函数可以定义为

$$T(i) = \frac{\sum_{(x, y) \in R_i} G(x, y)}{n_i}, \quad i \in [0, 1, \dots, L-1] \quad (5)$$

式中, T 为平均梯度值; i 为灰度值。依此可建立起灰度与梯度的映射关系。下面介绍的新算法将通过处理灰度梯度映射函数得到合适的分割阈值。

2 改进的 Otsu 法

2.1 数学原理

记 $f(x, y)$ 为图像 M 、 N 中 (x, y) 点处的灰度值, G 为对图像作梯度运算后得到的梯度矩阵,则 $G(x, y)$ 即为 (x, y) 像素点处的梯度值。设图像的灰度级为 L 级 ($0, 1, \dots, L-1$), 灰度值为 i 的像素数为 n_i , 各像素点的平均梯度为 T , 则

$$T_i = \frac{\sum_{(x, y) \in R_i} G(x, y)}{n_i} \quad (6)$$

式中, $R_i = \{(x, y) | f(x, y) = i\}$ 。

假设选用灰度值 t 作为阈值,按灰度级将灰度梯度映射函数划分成 C_0 和 C_1 两部分:

$$C_0 = \{0, 1, \dots, t\} \quad (7)$$

$$C_1 = \{t+1, t+2, \dots, L-1\} \quad (8)$$

则 C_0 和 C_1 部分的平均梯度值分别为

$$\mu_0 = \sum_{i=0}^t T_i / t \quad (9)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=t+1}^{L-1} T_i / (L-1-t) \quad (10)$$

C_0 和 C_1 部分的方差分别为

$$\sigma_0^2 = \sum_{i=0}^t (T_i - \mu_0)^2 \quad (11)$$

$$\sigma_1^2 = \sum_{i=t+1}^{L-1} (T_i - \mu_1)^2 \quad (12)$$

最佳阈值 t^* 由下式给出:

$$t^* = \text{Arg}_{t \in \{0,1,\dots,L-1\}} \max(\sigma_0^2(t) * \sigma_1^2(t)) \quad (13)$$

即最佳阈值为可使 $\sigma_0^2(t) * \sigma_1^2(t)$ 的取值达到最大的灰度值 t 。

利用阈值 t 将整幅图像分为目标和背景两部分。每一部分既包含灰度变化不大、梯度值较小的内部区域,也包含处于目标与背景交界处、梯度值较大的边缘区域。目标区的梯度方差是梯度分布均匀性的一种度量。若将目标的边缘区错划为背景区,则目标区的梯度方差会变小;反之,若将背景区的边缘部分错划为目标区,则背景区的梯度方差会变小。因此,只有当两部分的方差值都为最大值时,图像才能得到最好的分割效果,此时的错分概率最小。

2.2 具体实现过程

(1) 计算各像素点的梯度值;

(2) 统计具有同一灰度级的所有像素点,并计算其梯度均值;

(3) 建立灰度梯度映射函数,用最大类间方差法求出使目标与背景类间方差最大的灰度值;

(4) 以求得的灰度值作为图像阈值,对原始图像进行图像分割。

3 仿真结果

前面已经介绍了基于灰度梯度映射函数的 Otsu 法的原理,并将其与经典 Otsu 法及迭代法进行了比较。下面用 MATLAB 软件对这几种分割算法进行仿真。图 1 所示为用本文方法对星空背景下民航客机的红外图像进行处理后得到的分割结果。在用本文提出的改进算法得到的二值图像中,目标与背景完全分开,达到了对小目标进行跟踪的技术要求。

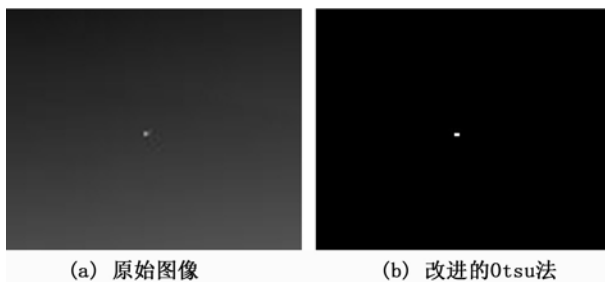


图 1 星空背景下的民航客机红外图像的分割结果

图 2 所示为用不同方法对处于复杂海面背景下的货轮的红外图像进行分割后得到的结果。可以看出,在用迭代法和遗传算法进行图像分割时,目标淹没在背景之中,导致目标不能被完整识别;而用改进的 Otsu 算法则可有效地从背景中提取出较为完整的目标,且海面杂波较少,其目标边缘连接情况优于其他方法。

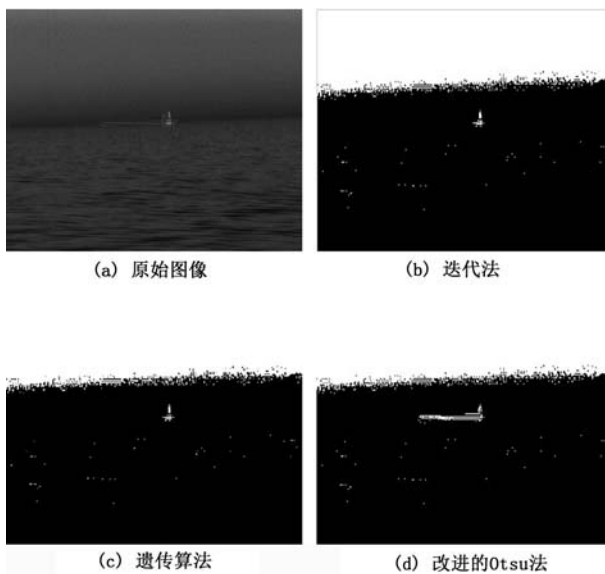


图 2 复杂海天背景下的舰船红外图像分割

4 结束语

传统的 Otsu 法是基于图像灰度直方图的,然而没有考虑空间位置和边界信息。因此,当目标与背景的灰度差别并不明显时,其分割效果往往较差。本文将各像素点的梯度信息与灰度信息相结合,提出了灰度梯度映射函数的概念,并将其应用于 Otsu 法。试验结果表明,该方法取得了很好的效果。

(下转第 44 页)