

文章编号:1001-5078(2007)11-1223-03

# 基于灰度梯度映射函数的舰船热尾流红外图像分割

李 恪,王江安,郭 谊

(海军工程大学电子工程学院光电研究所,湖北 武汉 430033)

**摘 要:**文章针对海面情况复杂,舰船热尾流红外图像受干扰大,目标区域不易辨别的特点,通过基于灰度梯度映射(GGM)函数的红外图像分割方法将原始图像中的目标区和背景区有效地分割开来。接着采用图像形态学中的腐蚀、膨胀和细化技术对图像进一步改善了图像质量,锐化了舰船热尾流的边缘,达到了令人满意的结果。为红外探测潜艇提供了科学的水面热轨迹情况的依据。

**关键词:**红外探测;热尾流;灰度梯度映射;图像分割

中图分类号:TN751

文献标识码:A

## Study of Infrared Image Enhancement about the Thermal Wake of Ship

LI Ke, WANG Jiang-an, GUO Yi

(Academy of Electronic Engineering, Naval Univ. of Engineering, Wuhan 430033, China)

**Abstract:** Aiming at the complex conditions of sea surface and the infrared image of thermal wake of ship which is disturbed severely and hard to be discriminated, original image is divided into object area and background area by gray level and gradient mapping (GGM) function. Then the image is improved by erosion, dilation and thinning of image morphology. The edges of thermal wake of ship are protruded and the result is satisfied. So, scientific bases are available for the infrared detection of submarines.

**Key words:** infrared detection; thermal wake; GGM; image segmentation

### 1 引 言

由于海面情况复杂,舰船热尾流红外图像受到粗糙海面光散射、反射以及其他因素的影响,使得目标与周围海面背景的灰度非常接近,很难从原始图像中判别出热尾流的边缘,因此需通过对目标红外图像的增强处理来改善图像质量,满足应用的需求。本文针对舰船尾迹红外成像干扰噪声大,目标特征难以判别的特点,对红外图像采取基于灰度梯度映射函数的图像分割、腐蚀、膨胀和细化技术进行增强处理,获得了比较满意的处理效果。

### 2 基于灰度梯度映射(GGM)函数的图像分割技术

图像分割算法一般是基于亮度值的两个基本特性之一:不连续性和相似性。本文对热尾流红外图像处理的主要目的就是要将热尾流区域与海面背景区分开来,因此沿着热尾流的边缘进行精确的图像分割显得尤为重要。由于每一像素点的梯度值,反映了该像素点与周围邻域像素点的灰度差别。在目

基金项目:国防“十一五”预研项目基金(401060702)资助。

作者简介:李 恪(1980-),男,硕士生,主要从事信息交换与网络研究。E-mail: AcerLee2008@sohu.com

收稿日期:2007-05-16

标或背景内部,灰度分布比较均匀,因而梯度值普遍较小。而在边缘处,即目标与背景相交的部分,梯度值较大。因此,计算所有具有同一灰度值的像素点的梯度均值,它的大小表征了该灰度值出现在边缘上的几率。

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

$$\nabla f = \left[ \frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]^{-1} \quad (1)$$

这个向量的模值由下式给出:

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

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, 本文中取  $L=256$ ) 的像素数为  $n$ , 像素集合:

$$R_i = \{(x, y) | f(x, y) = i\} \quad (3)$$

则灰度梯度映射函数可定义为:

$$T(i) = \frac{\sum_{(x,y) \in R_i} G(x, y)}{n_i}, i \in [0, 1, \dots, L-1] \quad (4)$$

式中,  $T$  为平均梯度值;  $i$  为灰度值。这样就建立起灰度和梯度的映射关系, 我们则可以对灰度梯度映射函数进行适当的处理以得到合适的分割阈值。

### 3 实现过程及实验分析

#### (1) 预处理。

图1是我们利用红外热像仪对海面航行舰船实拍得到的原始图像, 从图中可以看出由于复杂海面及天气情况的影响, 使得原始图像中背景区与目标区的灰度级非常接近, 很难观察到舰船热尾流边缘以及分布区域。

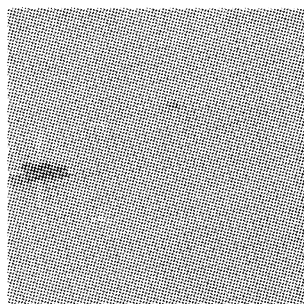


图1 原始图像

首先, 我们对原始图像进行预处理, 通过频域增强、空间域灰度拉伸和滤波平滑处理后, 背景区与目标区的灰度级有了一定的差别, 但图像仍很模糊, 结

果如图2所示。

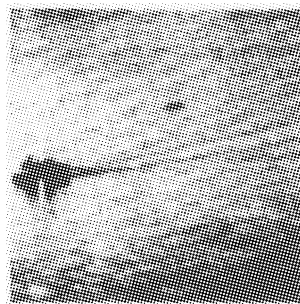


图2 图1经预处理后的图像

#### (2) 计算各像素点的梯度值。

计算图像的梯度要基于在每个像素位置都得到了偏导数  $\partial f / \partial x$  和  $\partial f / \partial y$ 。令图3中显示的  $3 \times 3$  大小的区域表示图像邻域中的灰度级。我们可以使用图4所示的 Sobel 算子来计算此区域:

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (5)$$

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \quad (6)$$

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| $z_1$ | $z_2$ | $z_3$ |
| $z_4$ | $z_5$ | $z_6$ |
| $z_7$ | $z_8$ | $z_9$ |

图3  $3 \times 3$  区域模型

|    |    |    |
|----|----|----|
| -1 | -2 | -1 |
| 0  | 0  | 0  |
| 1  | 2  | 1  |

|    |   |   |
|----|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

图4 Sobel 算子模板

权值2用于通过增加中心点的重要性而实现某种程度的平滑效果。由于对整幅图像进行运算时运算量很大, 因此, 在实际操作中, 常用绝对值代替平方与平方根运算近似求梯度的模值:

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y| \quad (7)$$

(3) 统计具有同一灰度级的所有像素点, 并计算其梯度均值, 并建立灰度梯度映射 (GGM) 函数, 用最大类间方差法求使目标与背景类间方差最大的灰度值。

假设灰度值为  $i$  的像素数为  $n_i$ , 各像素点的平均梯度为  $T_i$ , 则:

$$T_i = \frac{\sum_{(x,y) \in R_i} G(x, y)}{n_i} \quad (8)$$

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

假设用灰度值  $t$  作阈值, 将灰度梯度映射函数按灰度级划分成两部分  $C_0$  和  $C_1$ :

$$C_0 = \{0, 1, \dots, t\},$$

$$C_1 = \{t+1, t+2, \dots, 255\} \quad (9)$$

则,  $C_0$  和  $C_1$  部分的平均梯度值分别为:

$$\mu_0 = \frac{\sum_{i=0}^t T_i}{t}, \mu_1 = \frac{\sum_{i=t+1}^{255} T_i}{255-t} \quad (10)$$

$C_0$  和  $C_1$  部分的方差分别为:

$$\sigma_0^2 = \sum_{i=0}^t (T_i - \mu_0)^2, \sigma_1^2 = \sum_{i=t+1}^{255} (T_i - \mu_1)^2 \quad (11)$$

最佳阈值  $t^*$  由下式给出:

$$t^* = \underset{i \in (0, 2, \dots, 255)}{\text{Arg max}} (\sigma_0^2(t) \times \sigma_1^2(t)) \quad (12)$$

即最佳阈值为使  $\sigma_0^2(t) \times \sigma_1^2(t)$  的值最大的灰度值  $t$ 。

阈值  $t$  将整幅图像分为目标和背景两部分,每一部分都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边界,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,只有两部分的方差都为最大时,图像才能得到最好的分割效果,此时的错分概率最小。

(4) 以求得的灰度值为图像阈值,对原图像进行图像分割。

利用求得的最佳阈值  $t^*$  对图 2 进行阈值分割,结果如图 5 所示。从图中可以看出,虽然周围海面上依然存在不少的干扰噪声,但舰船热尾流的边缘已经与附近的海面背景分割开来,这就为我们后期的处理工作铺平了道路。



图 5 图 4 阈值分割后的结果

(5) 后期处理。

首先,通过腐蚀和膨胀技术对分割后的图像进行去噪处理,结果如图 6 所示。接着,通过细化技术勾画出图像的连接脉络,如图 7 所示。再将图 6 和图 7 中的热尾流区域通过“与运算”进行迭代,使得图像中边缘的间断点能够连接起来,最终的处理效果如图 8 所示。



图 6 图 5 去噪后的结果

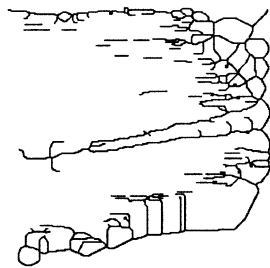


图 7 细化后的图像

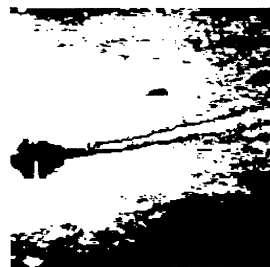


图 8 图 6 与图 7 迭代后的图像

#### 4 结 论

本文针对海面情况复杂,舰船热尾流红外图像受干扰大,目标区域不易辨别的特点,为了锐化舰船热尾流的边缘,采取了基于灰度梯度映射函数的红外图像分割方法,将原始图像中的目标区和背景区有效地分割开来,并在后期处理中进一步改善了图像的质量。将处理前后的图像比较后可以发现处理后的图像,边缘清晰,背景噪声小,达到了令人满意的结果,为后续的特征提取、目标识别以及跟踪处理提供了良好的基础。

#### 参考文献:

- [1] 付忠良. 图像阈值选取方法[J]. 计算机应用, 2000, (5): 37-39.
- [2] 赵晓飞, 何俊华, 韦明智, 等. 一种基于图像处理技术获取尾流特性的新方法[J]. 光子学报, 2006, 35(3): 443-446.
- [3] 杜奇, 向建勇, 袁春胜. 一种改进的最大类间方差法[J]. 红外技术, 2003, 25(5): 33-35.
- [4] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003, 3.