

文章编号: 1672-8785(2015)11-0040-06

近海岸舰船目标红外图像中 ROI 的获取方法研究

刘青松¹ 谢晓方¹ 齐玉东¹ 张露²

(1. 海军航空工程学院兵器科学与技术系, 山东烟台, 264001;

2. 西昌卫星发射中心, 四川西昌, 615000)

摘 要: 针对红外图像中舰船目标的分布特点, 通过海天 / 海岸线检测确定舰船的大致位置, 再利用目标的面积特性确定舰船目标的感兴趣区域 (Region of Interest, ROI)。采用中值滤波、Canny 边缘检测和 Hough 变换从红外图像中检测出海天 / 海岸线, 并划定出海天 / 海岸线区域; 然后, 通过舰船的面积特征确定 ROI。通过 V_c++ 编程对算法进行了实现。结果表明, 该方法简单直观、计算量小, 能有效确定近海岸舰船目标的 ROI。

关键词: 海天 / 海岸线; Canny 边缘检测; Hough 变换; 舰船面积; ROI

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2015.11.008

Study of Acquisition Method of ROI in Infrared Image of Ship Targets Near Shore

LIU Qing-song¹, XIE Xiao-fang¹, QI Yu-dong¹, ZHANG Lu²

(1. Department of Ordnance Science and Technology, Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China;

2. Xichang Satellite Launch Center, Xichang, 615000, China)

Abstract: According to the distribution characteristics of ship targets in infrared images, the approximate locations of ships are determined first through sea-sky line/coastline detection and the Regions of Interest (ROIs) of the ship targets are determined by utilizing the area characteristics of the targets. The sea-sky line/coastline is detected by using median filtering, Canny edge detection and Hough transform methods and the sea-sky line/coastline area is delineated. Then, the ROIs are determined according to the area characteristics of the ships. The algorithm is implemented by V_c++ programming. The results show that this method is simple and intuitive and can be used to determine the ROIs of ship targets near shore effectively.

Key words: sea-sky line/coastline; Canny edge detection; Hough transform; ship area; ROI

0 引言

在海面远距离平视状态下, 反舰导弹的目标图像一般分为天空区域、海面区域和海天 / 海岸线区域, 被打击目标基本出现在海天 / 海岸

线区域。因此, 合理地划定海天 / 海岸线区域能减少搜索 ROI 的时间, 提高搜索效率; 同时还可以有效地屏蔽虚假目标^[1]。由于海天 / 海岸线具有明显的直线特征, 采用 Hough 变换能快

收稿日期: 2015-09-29

作者简介: 刘青松 (1992-), 男, 山东威海人, 硕士研究生, 主要研究方向为红外视频处理。

E-mail: samliu0631@163.com

速准确地提取出海天/海岸线的位置^[2],从而可进一步划定目标的潜在区域和确定舰船目标的 ROI。

目前,ROI 的检测算法分为三类:(1)基于交互的 ROI 检测方法;(2)基于变换的 ROI 检测方法;(3)基于视觉特征的 ROI 检测方法^[3]。对于红外成像制导的反舰导弹,常采用后两种方法检测目标的 ROI。基于变换的 ROI 检测方法能比较完整地表示图像的内容,但其提取的观察区域和人的观察结果常常存在一定的差距^[3]。因此,以人的感觉为核心的研究方法越来越得到重视。在红外图像中,基于视觉特征的 ROI 获取方法主要有基于熵的检测方法和基于人眼视觉特征的检测方法,前者的计算量往往较大。反舰导弹的飞行速度快,对目标处理的速度要求高。因此,本文采用基于人眼视觉特征的方法处理红外目标图像,主要利用舰船的面积特征进行 ROI 确定。

通常情况下,海上舰船目标在红外图像中的亮度和边缘梯度较高,轮廓较为清晰,图像具有连通性并占有一定的面积^[4]。因此,可利用舰船的轮廓和面积,采用基于人眼视觉特征的方法提取 ROI。仿真结果表明,该方法具有计算量小、实时性好的优点,为红外图像制导反舰导弹的 ROI 获取提供了一定的参考。

1 海天/海岸线提取

海天/海岸线是海面 and 天空/海岸的交界线,是红外图像中灰度值变化比较大的一块区域,且是整幅图像中最长的直线。海天/海岸线获取分为中值滤波、Canny 边缘检测和 Hough 变换三个步骤。

1.1 中值滤波

反舰导弹导引头采集到的红外图像存在较多的椒盐噪声,采用中值滤波能够有效地减少椒盐噪声的影响,平滑图像。虽然中值滤波对于图像边缘有模糊作用,但介于舰船和水面的对比度较高,梯度较大,中值滤波对于后续的舰船提取影响不大,且中值滤波对于去除假边缘具有较

好的效果。所以,本文首先采用中值滤波对图像进行去噪处理。

1.2 Canny 边缘检测

常用的边缘检测算子有 Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子以及 canny 算子。Roberts 算子对陡峭边缘且含噪声较少的图像的处理效果较好。而 Sobel 算子和 Prewitt 算子虽然对噪声有一定的抑制作用,但不能完全排除检测结果中出现的虚假边缘。canny 算子能在抗噪声干扰和精确定位之间寻求一种平衡^[5]。因此, canny 算子对于海面目标的边缘提取有较好的效果。

Canny 边缘检测的步骤如下:

(1) 采用高斯滤波器平滑图像。

利用高斯函数 $H(x, y)$ 对原图像 $f(x, y)$ 进行滤波得到图像 $G(x, y)$:

$$H(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$$G(x, y) = f(x, y) \times H(x, y) \quad (2)$$

(2) 用一阶偏导的有限差分来计算梯度的幅值和方向。利用模板 H_1 、 H_2 计算幅值 $\varphi(x, y)$ 和方向 θ_φ :

$$\begin{cases} H_1 = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \\ H_2 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (3)$$

幅值为

$$\varphi(x, y) = \sqrt{\varphi_1^2(x, y) + \varphi_2^2(x, y)} \quad (4)$$

方向为

$$\theta_\varphi = \tan^{-1} \frac{\varphi_2(x, y)}{\varphi_1(x, y)} \quad (5)$$

式中

$$\begin{cases} \varphi_1(x, y) = f(x, y) \times H_1(x, y) \\ \varphi_2(x, y) = f(x, y) \times H_2(x, y) \end{cases} \quad (6)$$

(3) 对梯度幅值进行非极大值抑制。保留局部梯度最大的点,抑制非极大值点。

(4) 用双阈值算法检测和连接边缘。使用双阈值 T_1 和 T_2 ($T_1 < T_2$) 对第三步得到的图形进行二值化处理,得到图像 $N_1[i, j]$ 和 $N_2[i, j]$ 。由

于二值化阈值 T_2 较大, 所以, $N_2[i, j]$ 含有较少的假边缘。然后, 利用 $N_1[i, j]$ 中的边缘数据对 $N_2[i, j]$ 的边缘进行连接。

1.3 Hough 变换

Hough 变换常用于检测含有间断点图像的边界形状。该方法将图形坐标空间变换到参数空间, 并在此基础上检测直线和圆形等形状。

在图像的 $x-y$ 坐标空间中, 经过 (x_i, y_i) 的直线簇的表达式为

$$y_i = ax_i + b \quad (7)$$

其在参数空间中对应于一条直线, 表达式为

$$b = -x_i a + y_i \quad (8)$$

图像的 $x-y$ 坐标空间中一条特定直线则对应于参数空间中唯一的一点。

设在参数空间中有多条直线相交于同一点 (a_0, b_0) , 在图像的坐标空间中就有唯一的一条直线 $y = a_0 x + b_0$ 与其相对应。因此, Hough 变换可确定图像中的直线。

利用 Hough 变换确定图像中的直线后, 在得到的直线集合中选取最长的直线, 即为海天/海岸线。

2 舰船目标 ROI 确定

2.1 区域划定

划定海天/海岸线后, 可据此划定目标区域。根据海天线和海岸线的不同, 可以划定出不同的目标区域, 如图 1 和图 2 所示。对于海岸线, 目标基本上落在了海岸线面向水面的一侧^[6]。图中参数 h 的选取可以根据整幅图像的像素大小来确定。



图 1 海天线目标区域

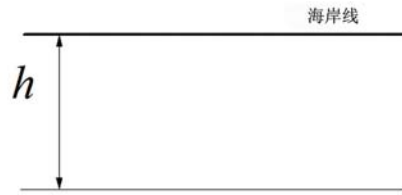


图 2 海岸线目标区域

2.2 感兴趣区域确定

针对不同的海域, 海上出现的舰船种类存在一定规律, 最大舰船的面积与最小舰船的面积存在一定的比值。因此, 可以把海上舰船目标的面积比值特性作为提取 ROI 的依据。首先检测出最大舰船的面积, 再根据舰船面积比值确定出舰船面积阈值, 据此提取舰船目标的 ROI。

在提取舰船 ROI 的过程中, 噪声往往会对提取结果造成影响。如果面积阈值选取不当, 往往会把虚假边缘提取为舰船 ROI。由于在提取海天/海岸线的过程中已经进行了中值滤波, 有效地抑制了噪声, 因此在边缘检测后, 噪声产生的虚假边缘较为细小和零星, 很难围成封闭曲线; 即便围成了封闭曲线, 其包围的面积也很小, 很难达到舰船边缘曲线围成的面积。因此, 通过合理设置最大和最小舰船面积比值, 就可以计算出较合理的舰船面积阈值, 并可以进一步提取舰船目标的 ROI。

设图像中最大舰船所占的像素值为 S_m , 给定一个比例系数 t , 则可得面积阈值 k :

$$k = S_{max} t \quad (9)$$

式中, $0 < t < 1$ 。在本文的实例仿真中, 通过实验确定比例系数 t 在 $1/2 \sim 1/3$ 之间的效果较好。在其他海域, 可以根据海域出现的舰船规律设定比例系数 t 。

具体的实现步骤是:

- (1) 计算每个轮廓包围图像的面积 S_i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$, 其中 n 为检测出的轮廓个数。
 - (2) 求取最大轮廓包围面积 S_{max} 。
 - (3) 选取比例系数 t , 并利用式 (9) 计算出面积阈值 k 。
 - (4) 利用阈值筛选出满足条件的边缘。
- 根据上述分析, 算法流程如图 3 所示。

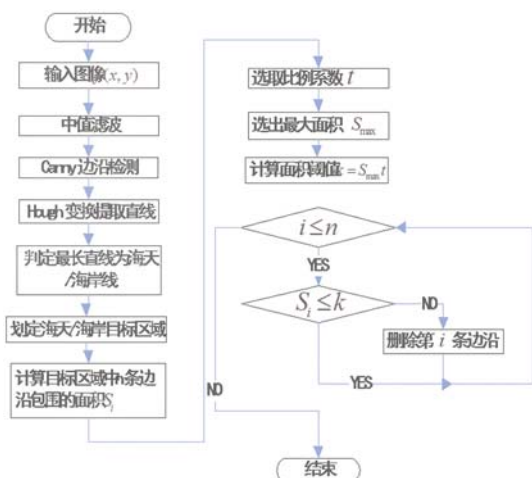


图 3 算法流程图

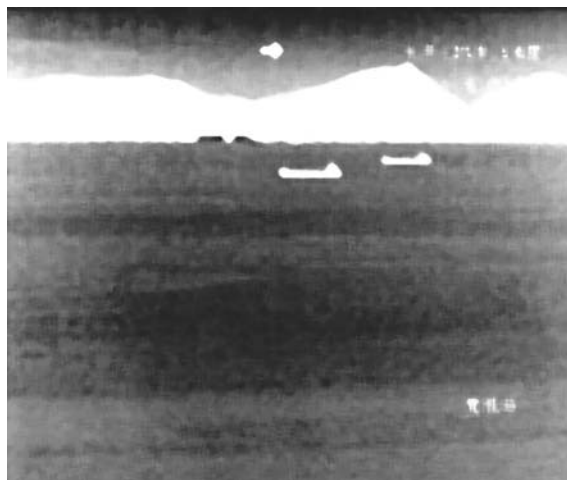


图 5 经过中值滤波后的结果

3 仿真实验

本文采集了真实的红外图像,如图 4 所示,该图为 720×576 的灰度图像。图 5 为用 7×7 的中值滤波算子进行滤波的结果。

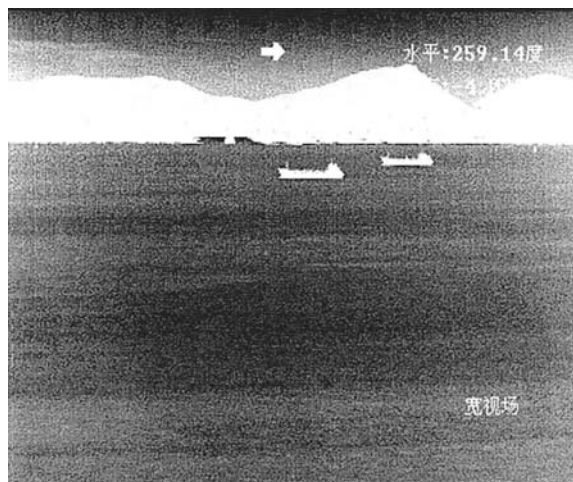


图 4 采集到的红外图像

可以看到,经过中值滤波后,舰船虽然边界有少许模糊,但对于目标位置和形状没有大的影响。为了说明中值滤波对于后续边缘检测的作用,对经中值滤波和未经中值滤波的 Canny 边缘检测图像进行了比较。图 6 为未经中值滤波的 Canny 边缘检测图像,图像中虚假边缘布满了海面。图 7 为经过中值滤波后的 Canny 边缘检测图像。

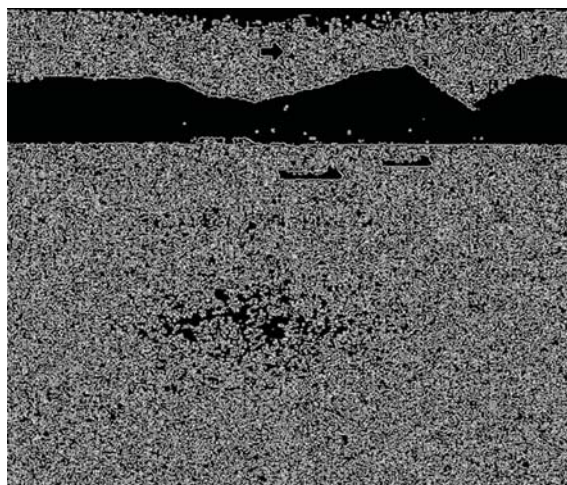


图 6 未经中值滤波的 Canny 边缘检测图像

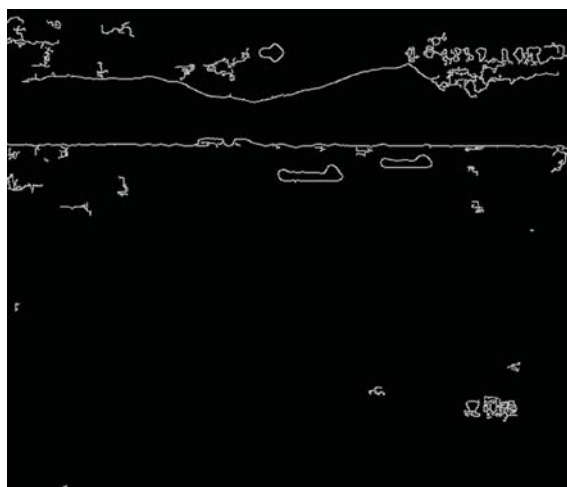


图 7 经过中值滤波的 Canny 边缘检测图像

通过对比可以明显看出, 中值滤波对于去除虚假边缘的效果显著。尽管 Canny 算法可以通过设置高阈值去除一部分虚假边缘, 但有可能会把重要的边缘屏蔽掉^[7]。本文采用的 Canny 算子的双阈值为 50 和 200, 其检测图像如图 7 所示。如果不进行中值滤波, 而仅仅通过提高 Canny 算子的高阈值, 则会出现图 8 的情况, 图中采用的阈值为 50 和 1000。图 8 中海岸线缺失了一半, 并且靠右侧的舰船轮廓出现了断裂, 舰船轮廓上有毛刺边缘, 这会使舰船面积的计算

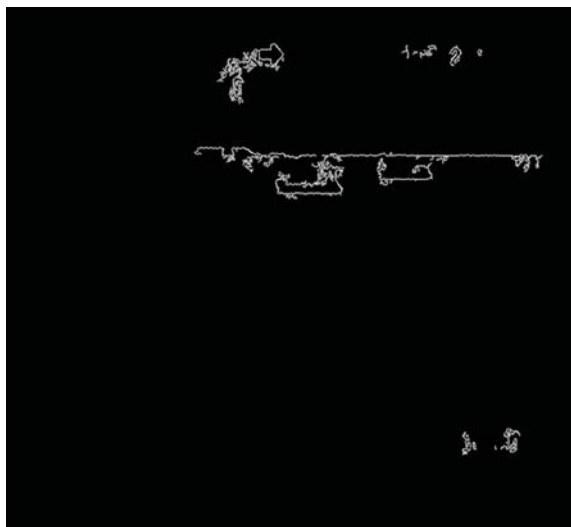


图 8 未经中值滤波的高阈值 Canny 检测图像

产生误差。因此, 中值滤波对于去除噪声、检测边缘有较好的效果。

下一步是通过 Hough 变换提取直线。可以看到, 图 4 中海天 / 海岸线轮廓明显。尽管如此, 仍然可能会提取出虚假的直线, 所以要从 Hough 变换的结果中选取长度最长的一条作为海天 / 海岸线。图 9 为提取结果。然后, 划定海岸线区域, 如图 10 所示。最终, 利用阈值提取舰船 ROI, 结果如图 11 所示。



图 9 海天 / 海岸线提取结果



图 10 海岸线目标区域 (二值图)

4 结论

舰船目标 ROI 的获取是成像型反舰导弹末制导的重要环节。通过提取海天 / 海岸线, 可以划定出目标的潜在区域; 再利用目标的面积特性便可以有效获取目标的 ROI。通过 V_c++ 进行了仿真验证, 结果达到了预期设想。该方法简单

快速, 能够满足计算的实时性需求。

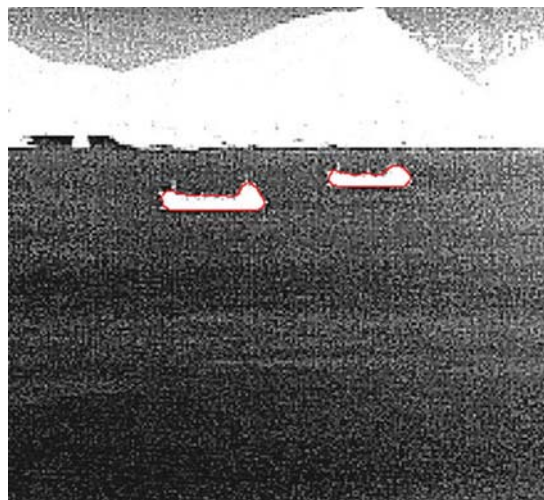


图 11 ROI 确定结果

参考文献

- [1] 吴滢跃, 汤心溢, 刘建建, 等. 一种基于图像分割的海天线提取算法 [J]. 红外技术, 2012, 10(34): 584-587.
- [2] 刘松涛, 周晓东, 王成刚. 复杂海空背景下鲁棒的海天线检测算法研究 [J]. 光电工程, 2006, 33(8): 5-10.
- [3] 王艳娟, 陈晓红, 黄晓欣. 图像感兴趣区域检测技术 [J]. 计算机与数字工程, 2007, 5(35): 138-139, 170.
- [4] 王彦情, 马雷, 田原. 光学遥感图像舰船目标检测与识别综述 [J]. 自动化学报, 2011, 9(37): 1029-1039.
- [5] 张铮, 徐超, 任淑霞, 等. 数字图像处理与机器视觉 [M]. 人民邮电出版社, 2014: 396-402.
- [6] 陈青华, 谢晓方, 肖楚琬, 等. 基于海天 / 海岸线检测的检出目标提取方法 [J]. 红外, 2011, 6(32): 39-43.
- [7] 曾文静, 万磊, 张铁东, 等. 基于海面可见光图像的海界线快速检测 [J]. 光学学报, 2012, 1(32): 1-8.

新闻动态 News

新的太空采矿技术将为星际航行带来重大改变

据 spacedaily 网站报道, NASA 的研究人员提出了一个看似简单却非常有效的想法——“光学采矿”。通过光学采矿, 宇宙中数以百万计的小行星里的水可以用作宇宙飞船的燃料来源, 使得太空航行比以往更便宜。

这想法, 即被称为小行星现场提供物资计划 (the Asteroid Provided In-Situ Supplies plan, Apis), 是今年 9 月初由 NASA 研究人员在美国航空航天学会 (American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA) 会议上详细提出的, Space.com 网站对此进行了报道。

该计划的最终目标是将所有小行星的挥发物组成部分——特别是水, 变成太空飞船用得起的推进剂。

但研究人员面临的最大挑战是如何从坚固的碳质球粒陨石的小行星表面提取这些挥发物。

“光学采矿”能解决这个问题, 因为它无需使用“复杂的或不切实际的机器人”就能从太空岩石中提取水。

Apis 调研员 Joel Sercel 告诉 Space.com 网站, 高度集中的光能量——或者更简单地说, 用两组平面镜聚焦和集中的太阳光, 相当于激光, 可用于对小行星进行烘烤, 然后用太空密封袋将小行星蒸发的水收集起来。

“这实际上就是在岩石上挖洞打隧道,” Sercel 说。“热量被薄层吸收后, 就以可控的方式将小挥发物喷发出来”。

为验证这个想法是否真正有效, Sercel 和他的团队, 由 NASA 和小型商业合同资助, 将在新

墨西哥州的白沙导弹试验场进行试验, 这里的设备曾用于核武器实验。

一个香瓜大小的小行星模型将用反射和聚焦的太阳光加热到极高温度。如果这想法有效, 该项目将进入下一个阶段。

Sercel 指出, 使用这种技术几个月就可以收集和存储超过 1.2×10^5 kg 的水。这些水被运送到月球轨道后, 就可以作为航天器上太阳能热推进系统的燃料。一旦这想法有效, 这些水就可以用于很多探索活动的燃料, 包括对地球低轨道之外的探索活动。

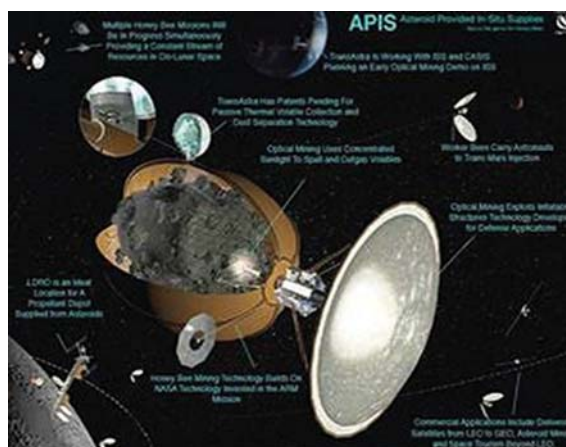


图 1 小行星现场提供物资计划: 猎鹰 9 号运载火箭上的 100 MT 的水

科罗拉多州格尔登的矿业学院太空资源中心主任 Angel Abbud-Madrid 告诉 Space.com 网, 这想法可能是太空探索的真正突破, 意味着把多年无效的地面采矿技术应用于太空。

“我们认为这个想法是能让小行星上的挥发性元素恢复价值如用作航天推进剂的最可行和最有效的技术, 我们对能最后参与这个技术的研发感到非常兴奋,” 他说。

□ 张小华