

文章编号: 1672-8785(2011)06-0039-05

基于海天 / 海岸线检测的舰船 目标提取方法

陈青华¹ 谢晓方¹ 肖楚琬² 崔欣辰¹

(1. 海军航空工程学院兵器科学与技术系, 山东烟台 264001 ;

2. 海军航空工程学院新装备培训中心, 山东烟台 264001)

摘 要: 针对成像型反舰导弹所获红外图像的特点, 提出了一种将海天 / 海岸线检测与目标提取相结合的舰船目标提取方法。该方法先综合运用 Sobel 边缘检测和局部 Hough 变换等数字图像处理技术从红外图像中检测出海天 / 海岸线, 然后通过对 Kapur 熵二值化图像进行投影变换实现舰船目标提取。实验结果表明, 该方法能够有效地确定舰船目标在海天 / 海岸线区域中的位置, 可保证目标提取的准确性。

关键词: 海天 / 海岸线; Hough 变换; Kapur 熵分割; 目标提取

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2011.06.009

A Method for Extracting Ship Targets Based on Sea-sky-line and Coastline Detection

CHEN Qing-hua¹, XIE Xiao-fang¹, XIAO Chu-wan², CUI Xin-chen¹

(1. Department of Ordnance Science and Technology, Yantai 264001, China;

2. New Equipment Training Center, Naval Aeronautical and Astronautical
University, Yantai 264001, China)

Abstract: According to the features of the infrared image obtained by an imaging anti-ship missile, a method which combines sea-sky-line and coastline detection with target extraction is proposed for the extraction of ship targets. In this method, the digital image processing techniques such as Sobel edge detection and local Hough transform are used to detect the sea-sky-line and coastline in an image. Then, the entropy method introduced by Kapur is used to implement projection transform on the binary image so as to extract the ship target. The experimental result shows that the method can determine the position of a ship target in the sea-sky-line and coastline region and has a higher extraction accuracy.

Key words: sea-sky-line and coastline; Hough transform; Kapur algorithm; target extraction

0 引言

反舰导弹在发射后一般会以贴近海面的高度飞行。在远距离平视状态下, 其目标图像一般可分为天空区域、海面区域和海天 / 海岸线区

域 3 个区域。针对上述成像特点, 人们可通过海天 / 海岸线检测来划定目标的潜在区域并检测船舶目标。这样不仅可以减少目标检测与识别的计算量, 而且还可以使计算变得更加准确, 对于判断虚假目标具有积极意义^[1]。

收稿日期: 2011-04-28

基金项目: 海军预研项目

作者简介: 陈青华 (1979-), 男, 山东新泰人, 讲师, 主要研究方向为红外视频处理。E-mail: daniancqh@126.com

为了确定目标的潜在区域,必须进行线检测。先在原图像上确定出海天/海岸线,然后在距离 Δ 处画平行直线,直线所夹范围即为目标的潜在区域,如图1所示。

传统的线检测方法主要包括基于小波变换的方法和基于 Hough 变换的方法两种。近年来,有不少研究人员将小波变换引入了海天线检测领域^[2]。但不可否认的是,小波变换的引入会使算法变得复杂,计算量增大,导致工程性降低。考虑到海天/海岸线检测只是为了确定目标的潜在区域,所以其精度低不会影响目标检测结果。

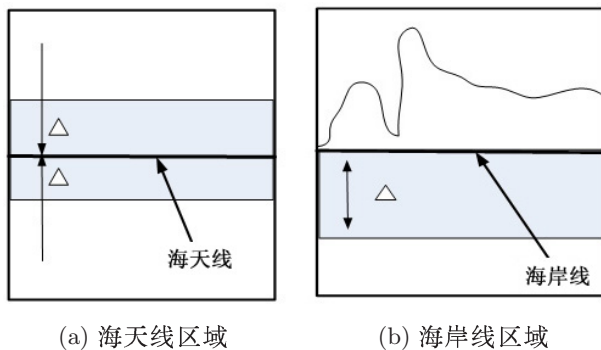


图1 目标潜在区域的示意图

因此,本文将海天/海岸线检测与目标分割方法相结合,首先采用 Sobel 边缘检测和局部 Hough 变换实现海天线提取,并划定潜在的目标区域,然后通过一维 Kapur 熵法进行二值化处理,最后通过水平、垂直投影对舰船目标进行提取。实验结果表明,该方法可靠有效,具有工程适用性。

1 海天/海岸背景分析

本文的研究对象为海空或海岸背景条件下的红外目标图像,所要检测的目标为海上舰船。图2所示为采集到的海天/海岸背景红外图像及其三维灰度图。从图2中可以清晰地看出以下几个特点:

- (1) 海天/海岸线不是一条直线,而是一条渐变过渡带,可被拟合成一条直线;
- (2) 天空背景部分的起伏较平缓,而海面背景部分的起伏较剧烈;

(3) 天空背景部分的灰度值高于海面背景部分的灰度值;

(4) 海天线或海岸线附近的灰度值介于海面背景和天空背景的灰度值之间,是两种背景的灰度过渡;

(5) 目标成像发生在海天/海岸线区域^[3]。

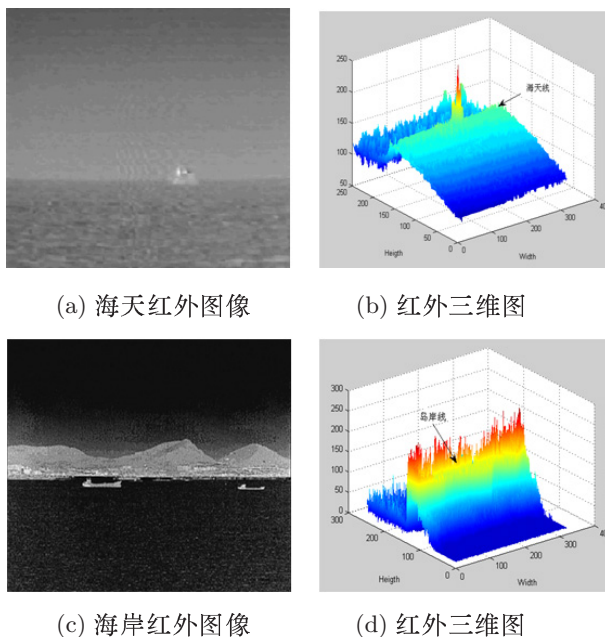


图2 红外图像及其三维灰度图

本文根据工程实现需求,通过将海天/海岸线检测与目标分割方法相结合,设计了一种基于海天/海岸线检测的舰船目标提取方法。

2 海天/海岸线检测

2.1 Sobel 边缘检测

长期以来,人们对边缘检测算法进行的研究一直相当活跃,相继提出了许多实用的边缘检测算子,如 Roberts 算子、Sobel 算子、Kirsch 算子、Laplace 算子、LoG 算子和 Canny 算子等。从上节中可以看出,海面和海岸边界与其它部分具有一定的灰度差异,而 Sobel 算子既可突出边界处的像素值的差异,又可得到边缘梯度方向信息,其计算简单,易于实现。根据工程需要,由于海天线和海岸线都近似水平,我们选取 Sobel 垂直模板进行计算。

设 $f(x, y)$ 为原始图像的灰度值, 对于垂直方向模板, 有

$$g_1(x, y) = |[f(x-1, y+1)+2f(x+1, y+1)+f(x-1, y+1)] - [f(x-1, y-1)+2f(x, y-1)+f(x+1, y-1)]| \quad (1)$$

若 $g_1(x, y) > T$, 则认为当前的中心像素点为水平边缘上的点。这里, T 为门限值, $T = \mu + \lambda\sigma$, μ 和 σ 为 $\{s(x, y)\}$ 的均值和方差, $\lambda = 0.2$ 为系数因子^[4]。

2.2 Hough 变换

Hough 变换是对图像进行某种形式的坐标变换。设在原始图像空间 (x, y) 中的直线方程为 $y = kx + b$, 将其转换到极坐标空间, 即

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2)$$

式中, ρ 为原点到直线的距离, θ 为该直线的法线与 x 轴的夹角。这就将原始图像中的给定形状曲线和直线上的所有点都集中到了变换空间中的一个点上。这样, 原始图像中给定形状曲线或直线的检测问题就被转换成了变换空间中的峰点寻找问题。

根据文献 [5] 对舰船倾斜角与海天线倾斜角间关系的分析可知, 由于舰船的摇摆幅度一般不会太大, 海天线通常会以水平面为基准摇摆。因此, 将海天线变换空间 θ 从 $0 \sim 180^\circ$ 改为 $60 \sim 120^\circ$, 即减少到原来的 $1/3$, 更适合实时处理。

3 舰船目标提取

3.1 一维 Kapur 熵法

由于海天背景下的图像的各个部分存在比较大的差异, Prewitt 众数法和 OTSU 方法等传统阈值方法都要求目标大小在 30% 以上^[6]。而一维最大熵法是根据分类问题中越靠近分类边界, 分布的不确定性越大的原理, 通过求出目标和背景分布的最大熵获取最佳分割阈值, 从而取得较好效果的。本文利用一维 Kapur 熵法对图像进行分割, 具体描述如下: 若图像的灰度级总数为 L , N_i 表示第 $i (i \in \{0, 1, \dots, L-1\})$ 个灰度

级在图像中的出现次数, p_i 表示灰度级 i 的出现概率, 则

$$p_i = \frac{N_i}{N} \quad (3)$$

式中, N 为图像的像素总数。设分割阈值为 t , 则物体 O 与背景 B 的概率分布为

$$O: \frac{p_0}{P_t}, \frac{p_1}{P_t}, \dots, \frac{p_t}{P_t} \\ B: \frac{p_{t+1}}{1-P_t}, \frac{p_{t+2}}{1-P_t}, \dots, \frac{p_{L-1}}{1-P_t} \quad (4)$$

将相关的熵定义为

$$H(O) = \ln P_t + \frac{H_t}{P_t} \\ H(B) = \ln(1-P_t) + \frac{H_{L-1}-H_t}{1-P_t} \quad (5)$$

式 (5) 中的 P_t 和 H_{L-1} 分别为

$$P_t = \sum_{i=0}^t p_i, H_t = - \sum_{i=0}^t (p_i \ln p_i) \\ H_{L-1} = - \sum_{i=0}^{L-1} (p_i \ln p_i) \quad (6)$$

Kapur 定义准则函数 $\psi(t)$ 为 $H(O)$ 和 $H(B)$ 之和, 即

$$\psi(t) = H(O) + H(B) \quad (7)$$

使 $\psi(t)$ 最大的灰度级 t 即为所求出的最优阈值 t^* :

$$t^* = \arg \max_{i \in G} \psi(t) \quad (8)$$

在利用上述方法求出最优阈值后, 将小于等于阈值的像素灰度值置为 0, 将大于阈值的像素灰度值置为 255, 这样便得到了二值图像。

3.2 目标自动提取

为了实现目标自动提取, 可利用分割后的二值图像的水平投影和垂直投影来确定可能存在目标的区域^[8]。

设 $B(x, y)$ 为二值图, 其元素值 $b(x, y)$ 非 0 (黑) 即 1 (白), 宽为 W , 高为 H 。因此投影向量为

$$p_x(x) = \sum_{y=1}^H b(x, y) \quad (9)$$

$$p_y(y) = \sum_{x=1}^W b(x, y) \quad (10)$$

根据投影分量,可以分别确定目标区域在水平方向和垂直方向上的边界点以及目标区的宽度和高度。确定过程如下:

(1) 初始化设置标志变量 $flag=false$, 水平方向上运动目标区域的像素点个数(即目标的宽度) $blocknum_x=0$, 水平方向上的边界点 $start_point_x[i]=0$, $end_point_x[i]=0$, 且设 $x=0$ 。

(2) 计算 $p_x(x)$ 。若 $p_x(x) \geq T_x$ (T_x 为阈值), 则可根据图像情况进行选择。对于一般目标而言, 目标区具有一定的规模及连通性, 且 $flag=false$, 则 x 为某一目标区在水平方向上的起始边界点。令 $flag=true$, $blocknum_x++$; $start_point_x[blocknum_x]=x$ 。若 $p_x(x) < T_x$ 且 $flag=true$, 则 x 为某一运动目标区域在水平方向上的终止边界点。令 $flag=false$, $end_point_x[blocknum_x]=x$ 。

(3) 若 $x < W$, 则令 $x = x + 1$, 并重复步骤(2)。

(4) 当 $x = W$ 时, $p_x(x) \geq T_x$ 且 $flag=true$, 此时仍设 x 为某一目标区在水平方向上的终止边界点。

(5) 依据目标区的水平边界值和宽度, 对图像进行区间划分。在各个区间内, 按照步骤(1)~(4)的方法获取目标区在垂直方向上的边界值和高度。

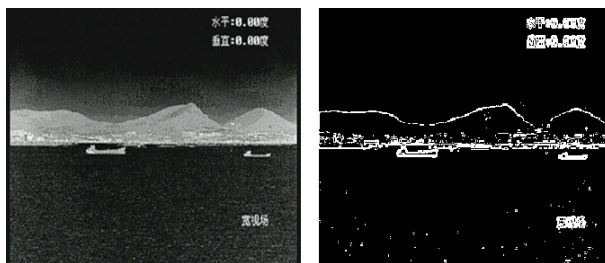
4 实验结果及分析

在基本配置为 Pentium IV 2.4GHz CPU 和 2GB RAM 的计算机上, 分别对海天和海岸附近的舰船目标进行检测, 并对其定位进行测试。其中选取的典型红外图像均为 320×240 大小。

4.1 海岸线附近的舰船目标处理

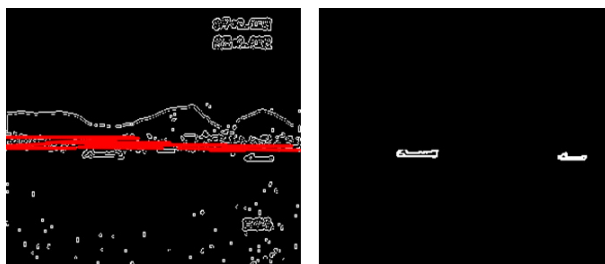
图 3 所示为海岸附近舰船目标的定位过程。其中, 图 3(b) 为经过 Sobel 边缘检测后生成的图像。从图 3(b) 中可以看出, 通过边缘检测, 海岸线变得更加明显。图 3(c) 所示为利用 Hough 变换检测的海岸线, 其中检测的红色线条基本上可以被确定为海岸线区域。图 3(d) 所示为利用一维 Kapur 熵法分割潜在目标区域后得到的二值

化图像。图 3(e) (三维灰度图) 清晰地显示出了舰船目标的位置。通过以上整个处理过程最终实现了目标的准确定位, 为后面感兴趣目标的压缩和传输奠定了基础。



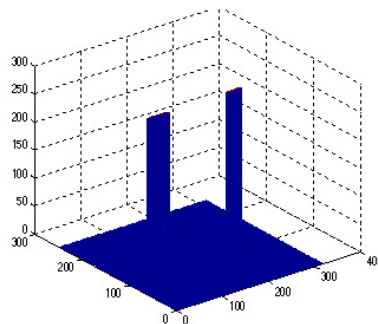
(a) 原始图

(b) Sobel 边缘检测



(c) 海岸线检测

(d) 目标分割

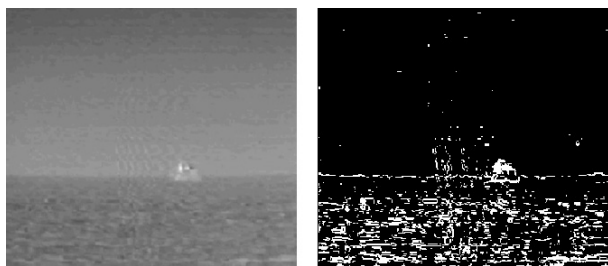


(e) 目标的三维灰度图

图 3 海岸线舰船目标的提取

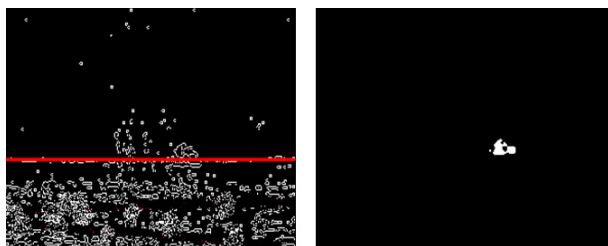
4.2 海天线附近感兴趣目标的处理

图 4 所示为海天线附近舰船目标的定位过程。其中, 图 4(b) 为经过 Sobel 边缘检测后生成的图像。图 4(c) 所示为利用 Hough 变换检测的海天线, 其中检测的红色线条基本上可以被确定为海天线区域。图 4(d) 所示为利用一维 Kapur 熵法分割潜在目标区域后得到的二值化图像。图 4(e) (三维灰度图) 清晰地显示出了舰船目标的位置。



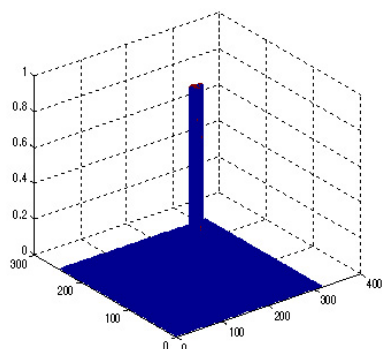
(a) 原始图

(b) Sobel 边缘检测



(c) 海天线检测

(d) 目标分割



(e) 目标的三维灰度图

图 4 海天线舰船目标的提取

表 1 两种不同背景下的算法运行时间

时间 /ms	Sobel	Hough	Kapur
海岸线目标	16.7	5.3	11.5
海天线目标	14.5	4.7	9.3

针对海岸 / 海天不同背景, 分析了目标定位的时间。从表 1 中可以看出, 海天 / 海岸线检测结合目标分割的方法所花的时间满足高帧频图像处理的要求。

5 总结

海天 / 海岸线检测是研究成像型反舰导弹末制导技术的一项重要内容。通过检测海天 / 海岸线, 可以确定目标的潜在区域, 从而减少目标自动捕获的计算量, 同时还可抑制区域外的复杂的人为或自然干扰。本文将图像边缘检测与 Hough 变换相结合, 通过划定海天 / 海岸线确定目标范围, 并采用一维 Kapur 熵法实现感兴趣区的定位, 满足了验证系统的需求。实验结果表明, 该方法的战场适应性好, 定位精度高, 为其进一步推广应用 (如目标识别和图像配准) 奠定了良好的基础。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 韩艳丽, 任建存, 卢刚. 一种基于小波变换的天水线提取算法 [J]. 海军航空工程学院学报, 2005, 20(3): 338-340.
- [3] 魏颖, 史泽林, 李成军, 等. 海空背景下红外小目标检测算法 [J]. 红外与激光工程, 2003, 32(2): 153-156.
- [4] Palmer P, Dabis H, Kittler J. A Performance Measure for Boundary Detection Algorithms [J]. Comp Vis and Image Understanding, 1996, 21(1): 476-494.
- [5] 董宇星, 刘伟宁. 基于灰度特性的海天背景小目标检测 [J]. 中国光学与应用光学, 2010, 15(3): 253-256.
- [6] Lee S U, Chuang S Y. A Comparative Performance Study of Several Global Thresholding Techniques for Segmentation [J]. Computer Vision Graphics and Image Processing, 1990, 52(3): 171-190.
- [7] Kapur J N, Sahoo P K, Wong A K C. A New Method for Gray-level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram [J]. Computer Vision Graphics and Image Processing, 1985, 29(3): 273-285.
- [8] 郑世友. 动态场景图像序列中运动目标检测与跟踪 [D]. 南京: 东南大学, 2005.