

文章编号: 1672-8785(2021)06-0029-05

基于海天线提取和混合灰度差的船舶检测方法

黄明晶 王雪梅 蹇 渊 孟伟杰 马蒙蒙

(西南技术物理研究所, 四川 成都 610047)

摘 要: 为了快速、准确检测海天背景下远距离水平观测的船舶目标, 提出了一种基于海天线提取和混合灰度差的船舶检测方法。首先, 利用边缘检测算法将图像分为天空、海天线和海面三个区域, 并根据海天区域连接点, 采用直线拟合方法确定海天线的直线参数; 然后提取海天线区域作为目标感兴趣区域, 并在去除海面杂波和噪声等干扰后利用混合灰度差水平投影和垂直投影来定位目标; 最后, 根据投影曲线统计值分析得到目标的坐标和大小。实验结果表明, 该方法可以有效检测出海天背景下远距离水平观测的船舶目标, 并且运算简单、处理速度快, 因此能够满足船舶目标检测的实时处理要求。

关键词: 海天线提取; 边缘检测; 混合灰度差; 目标检测

中图分类号: TP394.1 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2021.06.006

Ship Detection Method Based on Sea-Sky Line Extraction and Mixed Gray Difference

HUANG Ming-jing, WANG Xue-mei, JIAN Yuan, MENG Wei-jie, MA Meng-meng

(Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu 610047, China)

Abstract: In order to quickly and accurately detect ship targets in long-range horizontal observation under sea-sky background, a ship detection method based on the sea-sky line extraction and mixed gray difference is proposed in this paper. Firstly, the image is divided into sky, sea-sky line and sea surface by the edge detection algorithm. The linear fitting method is adopted on the connection points of sea and sky to determine the parameters of sea-sky line. Then the sea-sky line area is extracted as the target area of interest, and the interferences such as sea clutter and noise are removed. The mixed gray difference horizontal and vertical projection are used to locate the target. Finally, the statistical value of the projection curve is analyzed to obtain the coordinates and size of the target. The experimental results show that this method can effectively detect ship targets in long-range horizontal observation under sea-sky background, and it is simple in calculation and fast in processing speed. So it can meet the real-time processing requirements of ship target detection.

Key words: sea-sky line extraction; edge detection; mixed gray difference; target detection

收稿日期: 2020-12-07

作者简介: 黄明晶(1986-), 女, 湖北钟祥人, 硕士研究生, 主要从事图像处理与目标检测识别研究。
E-mail: hmjlibra@163.com

0 引言

由于我国海洋资源丰富且海域广阔,海上船舶目标检测技术在军事和民用方面都具有非常重要的意义。在军事方面,该技术主要用于战场侦察、海洋监测、伪装识别以及走私犯罪打击等,为捍卫领海和保证国家安全提供了强大的信息支持;在民用方面,它可对船舶目标进行检测、监视和识别,从而提高海上交通效率和实施海上求援等^[1-3]。

由于海天背景下远距离水平观测的船舶目标大部分在海天线附近,通过缩小目标的感兴趣区域可以减少背景中大部分海面杂波和噪声的干扰。因此,在提取到海天天线后,仅对其附近的区域进行目标检测。本文根据海天背景图像的特点,提出了一种基于海天天线提取和混合灰度差的船舶检测方法,实现了对船舶目标的准确提取。该方法对船舶目标的检测效果较好且运算量较小,可以满足实时性要求。

1 海天天线提取

海天天线提取是在海天背景图像中检测海上目标的一项关键技术。以海天天线为分界线,整幅图像可以分成天空、海天天线和海面三个区域。图 1 为海天背景图像。海天天线将天空与海面分割开。天空区域较为平缓,而海面区域由于受到海浪、海面杂波以及太阳光反射等多种因素的影响而具有比较复杂的纹理^[4-6]。根据海天背景图像及海天天线成线特点,本文采用边缘检测与直线拟合相结合的方法来提取海天天线及其坐标位置。具体算法步骤如下:

(1)用中值滤波进行预处理,去除海天背景图像中海面区域的大量噪声,同时保留图像的边缘信息。设一幅海天背景图像 $I(x, y)$ 的大小为 $M \times N$,滤波后的图像为 $F(x, y)$,则其每个像素的灰度级由包含在 (x, y) 邻域内的几个像素的灰度级的中值决定,即

$$F(x, y) = \text{median}(I_k(x, y)) \quad (1)$$

式中, $\text{median}()$ 为取中值运算; k 取 $1, 2, \dots, P$, P 是点 (x, y) 邻域中心点坐标的总数。

(2)通过用 SOBEL 算子进行边缘检测来扩大灰度梯度差。在传统 SOBEL 算子上增加 45° 和 135° 方向模板,可以使提取出的海天天线位置更加明显。边缘检测后的图像 $G(x, y)$ 为

$$G(x, y) = \sum \omega_i (\sum F_k(x, y) \cdot S_i) \quad (2)$$

式中, ω_i 和 S_i 分别为 0° 、 45° 、 90° 和 135° 方向的权值和 SOBEL 算子; $F_k(x, y)$ 是以点 (x, y) 为中心邻域的局部图像。

(3)在图像 $G(x, y)$ 上,计算列方向上的第一个极大值。这样能够确定天空与海面区域之间连接点(即海天天线点)的坐标:

$$g_j = \text{FirstPeak}(g_{1j}, g_{2j}, \dots, g_{ij}, \dots, g_{Mj}) \quad (3)$$

式中, g_j 为第 j 列的第一个极大值, j 取 $1, 2, \dots, N$ 。

取 g_{ij} 为第一个极大值时的点 (x_j, y_j) 为海天天线点的坐标。由于天空区域的梯度也可能是某一系列梯度的第一个极大值,由此确定海天天线的位置时会有较大误差,从而影响海天天线的拟合。因此采用以下方法去除误差点:

$$g_{j\max} = \text{Max}(g_{1j}, g_{2j}, \dots, g_{ij}, \dots, g_{Mj}) \quad (4)$$

$$g_j = \begin{cases} g_j, & ag_{j\max} < g_j < bg_{j\max} \\ g_{j\max}, & \text{other} \end{cases} \quad (5)$$

式中, a 和 b 为常数且 $a < b$ 。取 g_j 对应的点 (x_j, y_j) 为海天天线点的坐标。

(4)根据步骤(3)的结果,采用最小二乘法拟合海天天线:

$$y = kx + b \quad (6)$$

根据最小均方误差求得:

$$k = \frac{N \sum_{j=1}^N x_j y_j - \sum_{j=1}^N x_j \sum_{j=1}^N y_j}{D} \quad (7)$$

$$b = \frac{\sum_{j=1}^N x_j^2 \sum_{j=1}^N y_j - \sum_{j=1}^N x_j \sum_{j=1}^N x_j y_j}{D} \quad (8)$$

$$D = N \sum_{j=1}^N x_j^2 - (\sum_{j=1}^N x_j)^2 \quad (9)$$

根据提取的海天线位置可以快速有效地确定感兴趣区域并去除背景干扰,从而提高目标检测的速度和准确度。



图 1 海天线的提取

2 基于混合灰度差的检测方法

2.1 混合灰度差原理

设一幅海天背景图像 I 的大小为 $M \times N$, $I(i, j)$ 为图像 I 中像素点 (i, j) 的灰度值, 则第 i 行的水平灰度投影和第 j 列的垂直灰度投影分别为^[7]

$$S_x(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N I(i, j), \quad i=1, 2, \dots, M \quad (10)$$

$$S_y(j) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I(i, j), \quad j=1, 2, \dots, N \quad (11)$$

设图像 I 中点 (i, j) 与相邻点的邻域混合灰度差为 $G(i, j)$, 则第 i 行的混合灰度差水平投影和第 j 列的混合灰度差垂直投影分别为^[7]

$$U_x(i) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N G(i, j), \quad i=1, 2, \dots, M \quad (12)$$

$$U_y(j) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M G(i, j), \quad j=1, 2, \dots, N \quad (13)$$

$U_x(i)$ 和 $U_y(j)$ 分别反映了图像中相邻行像素之间和相邻列像素之间的相似程度。它们的数值越小, 相似度越高^[7]。

在海天背景图像中, 天空和海面区域的灰度值变化比较均匀平缓, 而在海天线及目标边缘处的灰度值会有阶跃变化。根据得到的海天线位置, 提取海天线区域作为目标的感兴趣区域并对其进行分析, 从而完成目标定位。

2.2 算法步骤

本文提出一种基于混合灰度差的海天线上目标的检测方法。具体步骤如下:

(1) 输入海天背景图像 I 并对其进行滤波

等预处理。

(2) 根据前面的方法提取海天线, 获得海天线区域图像 M (大小为 $P \times N$)。

(3) 给海天线区域图像中的每个像素点设定阈值, 并在相应的 5×5 邻域内计算八方向梯度值。将其均值作为图像中对应点的梯度值, 并据此对海天线区域图像进行梯度分割处理, 得到梯度图像 G 。

(4) 分别计算梯度图像第 i 行的混合灰度差水平投影和第 j 列的混合灰度差垂直投影的最大值 $U_x(i_m)$ 和 $U_y(j_n)$:

$$U_x(i_m) = \max\{U_x(i), i=1, 2, \dots, P\} \quad (14)$$

$$U_y(j_n) = \max\{U_y(j), j=1, 2, \dots, N\} \quad (15)$$

式中, i_m 和 j_n 分别为目标在图像中的候选水平位置和垂直位置坐标。

(5) 计算目标的位置坐标。根据投影曲线统计值分析, 分别计算目标水平投影和垂直投影的边界坐标 (i_{mn}, j_{ln}) 和 (i_{dm}, j_{dm}) 。对选取的船舶目标区域进行连通域标记^[8], 并计算目标区域的质心 (i_o, j_o) 。

若 $i \in [1, P]$, $j \in [1, N]$, 且满足 $|i_{mn}| \leq |i_m| \leq |i_{dm}|$ 和 $|j_{ln}| \leq |j_n| \leq |j_{dm}|$, 则 (i_o, j_o) 为真实船舶目标的位置坐标, 否则它就是虚假目标的位置坐标。

3 实验结果与分析

通过实验来验证本文提出的基于海天线提取和混合灰度差的船舶检测方法。所用视频序列通过用可见光摄像头在海上拍摄得到, 其分辨率为 720×576 。调试平台为 VS2015 和 Open-

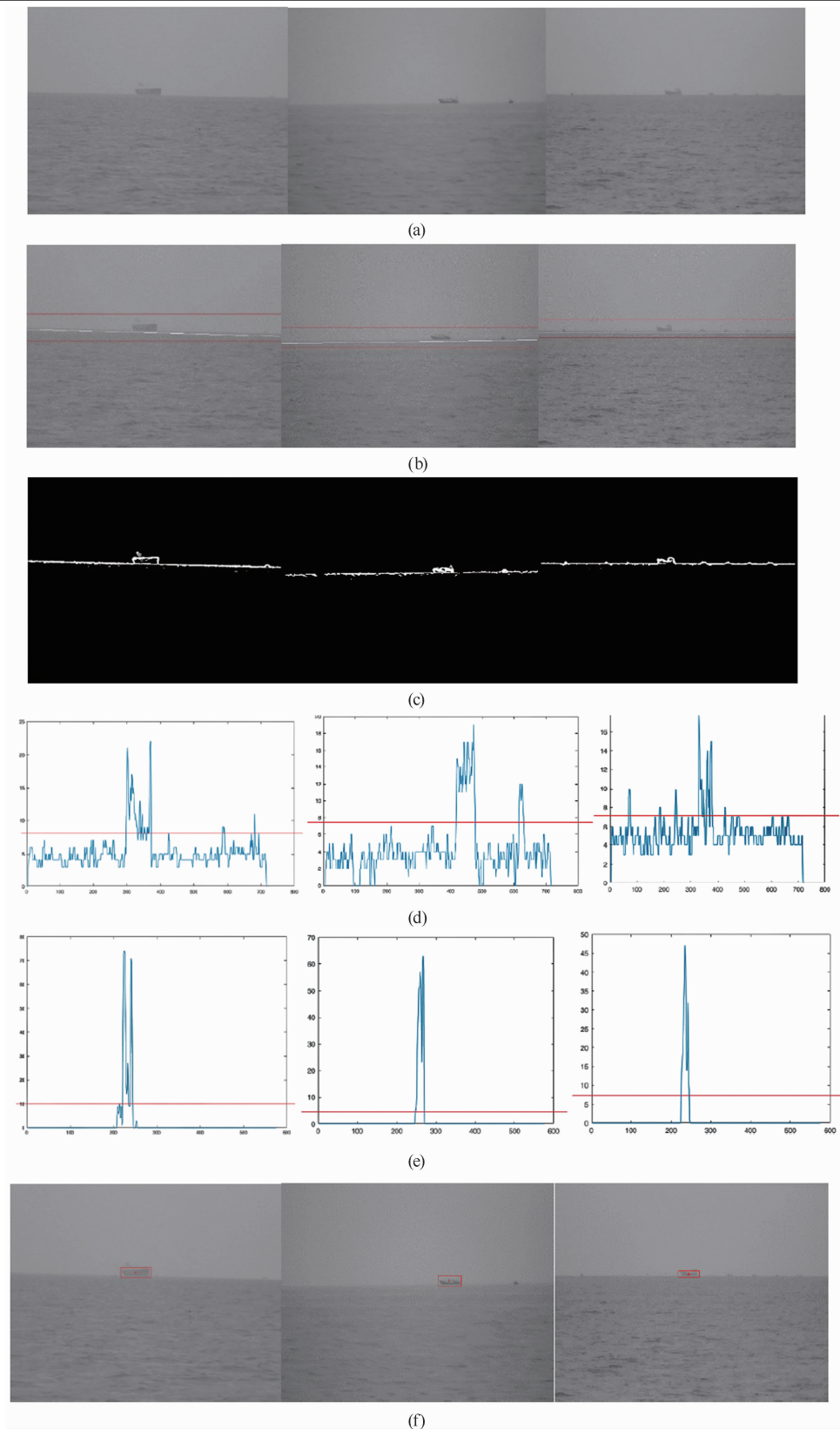


图2 实验结果

CV3.4, 系统环境为 64 位 Win7, 内存大小为 8 GB。实验结果如图 2 所示。

图 2(a) 是海天背景原始图像, 其特点是存在雾霾天气、海杂波较多、船舶目标小且信

号弱;图 2(b)是提取出的海天线图,其中白线为拟合的海天线,红线之间为提取的海天线区域;图 2(c)是处理后的梯度图像;图 2(d)是混合灰度差垂直投影曲线;图 2(e)是混合灰度差水平投影曲线;图 2(f)是采用本文方法得到的船舶检测结果,目标位置在图中用十字符和矩形框标出。

从图 2(b)中可以看出,在有较强海杂波的情况下,本文方法提取的海天线也较为准确。海天线的准确提取可以将感兴趣区域缩小到海天线上下的一定范围内,从而减少了后续船舶目标检测的计算量。从图 2(c)中可以看出,通过选取部分海天线区域作为目标的感兴趣区域并只对该区域进行梯度分割处理,可以有效剔除天空和海面杂波的干扰,从而突出目标区域并有利于后续船舶目标检测。从图 2(d)和图 2(e)中可以看出,在背景与目标的交界位置上,由于灰度值的突变,混合灰度差水平投影和垂直投影数据产生了阶跃变化。根据该变化可以确定目标的边界位置。同时,目标区域处的混合灰度差水平投影和垂直投影数据都达到最大值。红线以上为疑似目标的水平投影曲线和垂直投影曲线。根据曲线的统计值分析可以确定船舶目标的位置和大小。

4 结论

本文对海天背景下远距离水平观测时的船舶目标检测进行了研究,并提出了一种基于海天线提取和混合灰度差的船舶检测方法。该方法通过将边缘检测与直线拟合相结合来提取海天线,即把海天背景图像分割成天空、海天线

和海面三大区域,然后将海天线区域作为感兴趣区域,并利用混合灰度差来检测目标。实验结果表明,本文方法能够较好地检测出船舶目标,并且运算简单、处理速度快,可以满足船舶目标检测的实时处理要求,因此具有实际应用意义。但是它在近距离检测海面上的船舶目标时可能会有一定的误差,值得进一步去研究。

参考文献

- [1] 周娜. 基于全景视觉的舰船小目标检测方法研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.
- [2] 丁鹏, 张叶, 贾平, 等. 基于视觉显著性的海面舰船检测技术 [J]. 电子学报, 2018, 46(3): 127-134.
- [3] 武鹏, 金燕, 张俊举. 基于嵌入式 GPU 的 SAR 实时舰船检测算法 CUDA 设计 [J]. 电子产品世界, 2017, 24(4): 53-56.
- [4] 王小康, 董士崔. 海天线检测算法简述 [J]. 电子世界, 2013, 35(16): 97-98.
- [5] 李玲慧, 黄自力, 贾爱军. 基于灰度门限分析的海天线检测研究 [J]. 红外, 2020, 41(1): 31-38.
- [6] 梅升阳, 田金文. 基于海天线引导与卷积神经网络的舰船目标检测 [J]. 计算机与数字工程, 2018, 46(4): 721-726.
- [7] 张宇, 王晓燕. 基于混合灰度差指标的低空目标图像检测方法 [J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(8): 1196-1202.
- [8] 李波, 安博文. 海天背景下港口船舶检测算法研究 [J]. 传感器与微系统, 2017, 36(2): 57-60.