

文章编号: 1672-8785(2008)09-0033-04

红外图像中海天线的检测

冯德瀛 许开宇 徐志京

(上海海事大学信息工程学院, 上海 200135)

摘要: 根据红外图像中海天线的特点, 提出了一种海天线的检测方法。首先进行中值滤波以抑制红外图像中的噪声的影响, 接着使用线检测模板对经中值滤波后的红外图像进行处理, 从而检测出水平方向上的所有直线, 最后对线检测后的图像进行行扫描, 确定海天线的位置。实验表明, 该方法可以确定海天线的位置, 降低后续海上目标检测的难度和复杂度。

关键词: 海天线; 中值滤波; 线检测模板; 行扫描**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

Sea-sky-line Detection in Infrared Images

FENG De-ying, XU Kai-yu, XU Zhi-jing

(Shanghai Maritime University, Shanghai 200135, China)

Abstract: According to the features of sea-sky-line in an infrared image, a sea-sky-line detection method is proposed. First, medium filtering is used to restrain the noise in an infrared image. Secondly, the infrared image coped with medium filtering is processed by using a line detection template so as to detect all of the horizontal lines in the image. Finally, the detected infrared image is scanned line by line to identify the position of the sea-sky-line. The experiment shows that this method can identify the position of the sea-sky-line and decrease the difficulty and complexity in the subsequent detection of maritime targets.

Key words: sea-sky-line, medium filtering, line detection template, line scanning

1 引言

对于海空背景下的红外图像, 一般可以划分为三大部分: 上方的天空部分、下方的海面部分和中间的海天线部分。当对海上目标进行观测时, 远距离的目标大都出现在海天线附近。根据红外图像中海上目标的这个特点, 可以对红外图像中的海天线进行检测, 进而可以确定目标出现的潜在区域, 抑制海空背景下不必要的各种噪声干扰, 降低后续目标检测的难度和复

杂度。

当前, 针对海天线的检测, 前人已经提出了一些研究方法。刘松涛等提出了一种鲁棒的海天线检测算法。首先用方向梯度算子得到差分图像, 然后根据边缘阈值策略二值化图像, 最后方向细化并采用 Hough 变换检测海天线^[1]。张兆伟等利用直线检测的思想, 提出用 Hough 变换的方法检测海天线^[2]。谢红等提出了采用最大类间方差法选取灰度阈值来检测出海天线的方法^[3]。吕俊伟等提出了基于分形特征和 Hough

收稿日期: 2008-05-04

基金项目: 上海市教委科研创新项目(编号 08YZ109)

作者简介: 冯德瀛(1982—), 男, 山东聊城人, 上海海事大学通信与信息系统专业硕士研究生, 研究方向为图像处理与目标检测。

变换的海天线检测算法^[4]。赵凝霞等先通过小波变换的阈值法对图像进行分割，然后利用中值滤波消除图像中的噪声，再通过小波变换提取出图像中的水天线，最后通过 Hough 变换得到图像中水天线的具体位置信息^[5]。刘松涛等提出使用邻域平均和对比度扩展相结合的方法进行预处理以抑制背景、增强目标，进而利用改进的直线拟合法进行海天线的提取^[6]。裴立力等利用小波变换的多尺度分析特性，依据小波变换模极大值在多尺度上的变化规律，综合了各尺度信息，对水天线进行检测^[7]。张冰等提出了一种基于小波变换的复杂背景下受强杂波和噪声污染的水天线的检测算法^[8]。

根据红外图像中海天线的特点，本文提出了一种海天线的检测方法。首先对原图像进行中值滤波以抑制红外图像自身噪声的影响，接着使用线检测模板对中值滤波后的图像进行处理，从而检测出水平方向上的所有直线，最后对线检测后的图像进行扫描，确定海天线的位置。

2 海天线的特点

由于空气对热辐射的散射和吸收作用，红外图像中的海天线模糊不清。天空和海洋之间存在一个水平的由亮到暗的海天交界过渡带，过渡带具有明显的水平边缘特征，并且过渡带是灰度差值较大的区域，而海天线是灰度梯度变化最大的点的连线。

海天线一般具有以下特点^[4]：

(1) 海天线一般情况下不是一条直线，而是一条亮度由高(天空)到低(海面)的渐变过渡带，并且通常都有一定的倾斜度，但是可以将其细化并拟合为一条直线；

(2) 当海天线附近存在目标时，由于水平、垂直方向上灰度梯度的变化，海天线的直线性被破坏了；

(3) 大气能见度对海天线清晰度的影响，会导致海天线不可见；

(4) 大面积云团的存在，对海天线检测有明显的影响，易使检测出的海天线偏向天空。

3 中值滤波

中值滤波是由 Turkey 在 1970 年提出的，它是一种基于统计排序理论的能有效抑制噪声的非线性信号处理技术。它的响应基于图像滤波器包围的区域中像素的排序，并用邻域内像素灰度的中值代替中心像素的值。中值滤波器的使用非常普遍，运算简单，速度快，在滤除噪声(尤其是脉冲噪声)的同时能很好地保护图像的细节信息^[9]。

这里采用 7×7 的滤波窗口对红外图像进行中值滤波，从而抑制红外图像中的噪声，最大限度地保留边缘信息和细节，为后续的海天线检测减少不必要的噪声影响。图 1 为包含海天线附近弱小目标的红外图像，图 2 为采用 7×7 的滤波窗口对红外图像进行滤波后的结果。在图 2 中，红外图像的噪声得到了抑制，并尽可能地保留了图 1 中的细节信息。

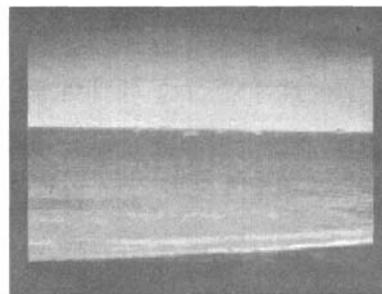


图 1 包含海天线附近弱小目标的红外图像

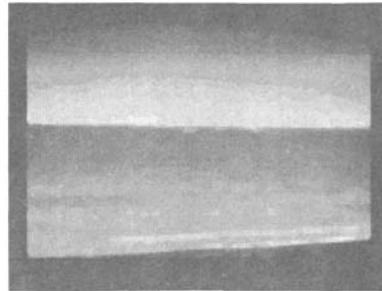


图 2 对图 1 进行中值滤波后的结果

4 海天线检测

4.1 线检测模板

在对原图像进行中值滤波之后, 红外图像中的噪声得到了抑制, 同时图像中的细节信息尽可能地得到了保留。为了能够有效地检测出海天线的位置, 根据海天线可以细化并拟合为一条直线这一特点, 这里采用图像分割中的线检测模板, 模板为

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

根据线检测模板的特点, 如果对某一方向的直线感兴趣, 就在模板该方向上设置更大的系数。本文对水平方向的海天线进行检测, 因而在水平方向上将系数设置为 2。

由于线检测模板系数相加的总和为零, 在红外图像中灰度级恒定的区域, 来自模板的响应为零。在水平方向上比别的方向上设置更大的权值 2, 当海天线处于模板的中间行时, 会出现更大的响应, 从而有利于下面的行扫描检测出水平方向上的海天线。对原红外图像进行模板处理后的结果如图 3 所示。可以看出, 图 2 的背景得到了抑制, 图像中部的海天线表现为一条水平方向的亮线, 有利于随后的行扫描确定海天线的位置。同时在图像的下部也检测出了水平方向的波浪噪声。

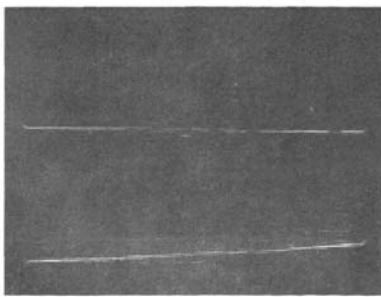


图 3 对图 2 用线检测模板处理后的结果

4.2 行扫描

通过使用水平方向上的线检测模板对红外图像进行处理之后, 原来海空背景模糊的过渡

带变得清晰, 海天线表现为一条水平的亮线, 海天线处像素的灰度级明显高于图像其它区域处的灰度级。对线检测后的模板采用逐行处理的方法, 可以找到海天线的具体位置。

本方法设定行列数为 $S \times T$ 的红外图像 $M(i, j)$ 的左上角为坐标原点, 建立坐标系, 同时对图像进行逐行扫描。由于海天线处像素的灰度级明显高于其它位置的灰度级, 设定红外图像 $M(i, j)$ 最大值的 50% 作为阈值, 即

$$V_{th} = \text{Max}(M(i, j))50\% \quad (1)$$

同时设定图像列数的二分之一作为像素个数的阈值 N_{th} , 即

$$N_{th} = \frac{T}{2} \quad (2)$$

当红外图像中某一行像素的灰度值大于 V_{th} 的个数超过 N_{th} 时, 记录下该行的行坐标。因为海天线在图像中表现为一条直线, 所以记录下的行坐标即为海天线的位置。

对图 3 采用行扫描的方法进行逐行扫描之后, 可以确定海天线的行坐标为 123。虽然行扫描也记录下了红外图像下方水平方向的波浪噪声, 但是海天线大都位于图像的中部, 因此下方的波浪噪声对海天线检测影响不大。为了便于观测, 将 8bit 灰度级的原图像中第 123 行处的像素的灰度值设置为 255, 同时保持其它位置处的像素灰度级不变, 可以清楚地观测到海天交界处海天线的位置, 如图 4 所示。

在确定海天线的行坐标后, 只要提取海天线上下 σ 距离区域内的图像, 即可进行后续的目标检测, 降低了远距离目标检测的难度和复杂度, 同时抑制了海空背景下不必要的噪声影响。

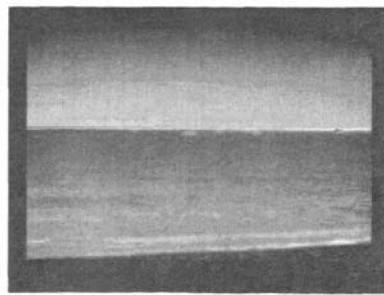


图 4 海天线位置的确定

5 结论

本文提出的海天线检测方法，算法简单，实时性好，当海空背景较为单一时，可以有效地检测出海天线的位置，但当背景较为复杂时，检测出的海天线的行坐标可能会和实际有所偏差。不过本文提出的海天线检测方法是为了确定海天线附近目标的潜在区域以及保证目标检测的实时性，降低目标检测的复杂性，为后续的目标检测做准备，所以对海天线检测的精确度不必有太高的要求。

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, 光电工程, 2006, 33(8): 5-10.
- [2] 张兆伟, 马治国, 钱超, 等. 红外图像中海天线的提取 [J]. 海军工程大学学报, 2005, 17(3): 97-99.

- [3] 谢红, 刘玲, 刘艳艳. 复杂海天线区域检测算法研究 [J]. 应用科技, 2006, 33(6): 96-98.
- [4] 吕俊伟, 王成刚, 周晓东, 等. 基于分形特征和 Hough 变换的海天线检测算法 [J]. 海军航空工程学院学报, 2006, 21(5): 545-548.
- [5] 赵凝霞, 刘维亭, 朱志宇. 基于水天线检测的数字图像处理算法研究 [J]. 华东船舶工业学院学报(自然科学版), 2005, 19(1): 54-58.
- [6] 刘松涛, 沈同圣, 韩艳丽, 等. 舰船目标海天线提取方法研究 [J]. 激光与红外, 2003, 33(1): 51-53.
- [7] 裴立力, 史泽林, 罗海波. 一种基于小波多尺度分析的水天线检测方法 [J]. 沈阳工业大学学报, 2003, 25(2): 125-128.
- [8] 张冰, 赵凝霞, 刘维亭, 等. 基于小波变换的水天线提取算法研究 [J]. 激光与红外, 2005, 35(4): 297-299.
- [9] 冈萨雷斯, 阮秋琦. 数字图像处理(第二版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 97-98.

国外专利介绍

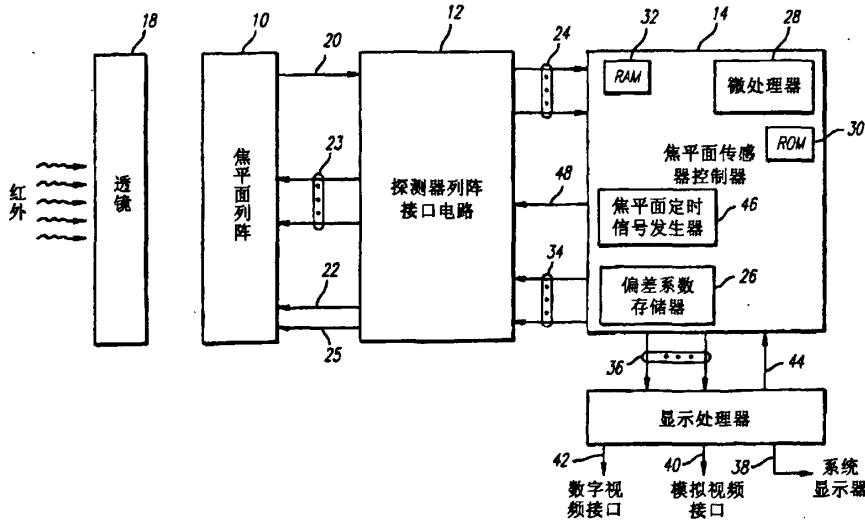
采用焦平面上非均匀性校正技术的红外成像系统

美国专利 US RE40249

(2008年4月22日授权)

本发明提供一种红外成像系统，它采用了一个上面包含探测器元件、读出电路和非均匀性校正电路的焦平面阵列。焦平面阵列上的各个探测器元件是与被成像的红外场景的像元相对应的，它们之间的非均匀性会导致来自各像元的探测信号产生偏差。当相应的探测器元件的信号被读出时，通过存储各探测器元件的偏差校正值并用存储的这些偏差值控制校正电路，上述探测信号偏差就可以得到校正。探测器列阵和读出电路最好做成单片或混成结构，而偏差校正可先在焦平面阵列上进行，然后再进行信号放大和模 / 数转换。

本专利说明书共 23 页，其中有 10 张插图。



高编译

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>