

基于自适应阀值 Canny 算法的海天线检测算法

杨凯¹, 赵峰民¹, 姚晓奇²

(1. 海军航空工程学院, 烟台 264001; 2. 解放军 92852 部队, 宁波 315033)

摘要:海天线的检测是研究红外成像末制导技术的一项重要内容,对于识别红外图像中舰艇目标起到非常重要的作用。分析了红外图像的特点,给出了一种基于修正的 Canny 算法的海天线检测方法,根据所要处理的红外图像自适应选取 Canny 算法的阀值进行边缘检测,精确提取了海面和天空区域的分界线,即海天线。

关键词:海天线;红外图像;Canny 算法

中图分类号:TN976

文献标识码:A

文章编号:CN32-1413(2009)04-0082-03

Detection Algorithm for Sky-sea Line Based on The Canny

Algorithm of Adaptive Threshold

YANG Kai¹, ZHAO Feng-min¹, YAO Xiao-qi²

(1. Naval Aeronautical and Engineering Institute, Yantai 264001, China; 2. Unit 92852 of PLA, Ningbo 315033, China)

Abstract: The detection of the sky-sea line is an important component of the infrared imaging terminal guidance technology, which plays an important role in the ship target identification in the infrared image. This paper analyzes the characteristic of infrared image, gives out a kind of detection algorithm of sky-sea line based on the modified Canny algorithm, detects the boundary by selecting the adaptive threshold of Canny algorithm according to the infrared image required to be processed, accurately extracts the boundary between the sea and the sky, namely the sky-sea line.

Key words: sky-sea line; infrared image; Canny algorithm

0 引言

远距离(>6 km)平视状态下获得的红外图像一般分为3个区域:天空、海面和海天线区域,该距离下如果目标出现,则目标必定处于海天线附近。针对上述特点,通过确定海天线区域,可以减少后续目标分割和跟踪的计算量,同时,可以抑制海天线以外的噪声及假目标的干扰。

近年来有许多学者采用基于 Hough 变换和小波变换的方法检测海天线并取得了较好的检测效果,但是算法相对复杂,计算量较大,难以满足检测的实时性要求。本文通过对红外图像特点的分析,提出了基于自适应阀值的 Canny 算法的海天线检测算法,实现了根据所要处理的红外图像自适应选择阀值进行边缘检测,较好地实现了海天线的检测

和定位。

1 海天线特点分析

海天线是海面和天空区域的交界线,是灰度值变化较大的区域,因而海天线是图像中灰度梯度较大点的连线。

通过对实际获得的红外图像中海天环境分析可知:

(1) 平缓的自然背景在各个方向上的梯度都较小;

(2) 云层和海浪在空间上往往呈大面积的连续分布状态,在红外辐射的强度上也呈渐变过渡状态,所以云层和海浪等自然背景的边缘仅在某些连续的方向上具有高梯度;

(3) 战场烟雾引起图像中梯度的变化,可视作

具有云层性质,即不规则的边缘;

本文算法根据红外图像中海天线具有较高梯度这一特征,根据待处理的红外图像自适应选择 Canny 算子的阀值进行边缘检测,较准确地实现了海天线的检测和定位。

2 海天线的检测

本文首先对红外图像采用 3×3 的中值滤波器进行滤波消除噪声,然后采用自适应阀值的 Canny 算子进行边缘检测,对检测得到的边缘进行边缘连接形成相互独立的几个目标,然后对各目标进行目标标定,然后通过计算各目标的长度找出最长的目标就是海天线。

Canny 边缘检测法利用高斯函数的一阶微分,它能在噪声抑制和边缘检测之间取得较好的平衡。具体步骤如下:

(1) 用高斯滤波器来对图像进行滤波,可以除去图像中的噪声。

(2) 用高斯算子的一阶微分对图像进行滤波,得到每个像素的梯度大小和方向。

(3) 对梯度进行“非极大抑制”。梯度的方向可以被定义为属于 4 个区之一,各个区用不同的邻近像素进行比较,以决定局部最大值。

(4) 对梯度取 2 次阀值得到 T_1 和 T_2 , $T_1 = 0.4T_2$ 。把梯度小于 T_1 的像素灰度设为 0,得到图像 1。然后把梯度小于 T_2 的像素灰度设为 0,得到图像 2。由于图像 2 的阀值较高,去除了大多数噪声,但同时也损失了有用的边缘信息。而图像 1 的阀值较低,保留了较多的信息。以图像 2 为基础,以图像 1 为补充进行图像边缘的连接。

通过上述对 Canny 边缘检测算法的分析可知,Canny 边缘检测算法对边缘检测影响最大的是高梯度阀值 T_2 的确定,而 T_2 的确定是由 Canny 算子中比例因子确定的,比例因子是图像中非边缘点占总像素数的比例。通过对红外图像的分析可以得到以下 3 点:

(1) 在红外图像中海天线具有较高的灰度梯度值。在梯度图像中,海天线上的大多数点的梯度值是整幅图像中最高的;

(2) 海天线近似平行于图像的 X 坐标轴;

(3) 海天线的长度近似等于红外图像的宽度;

基于以上 3 点,可以实现 Canny 算子的自适应选取阀值。设图像的尺寸为 $U \times V$,梯度图像的像

素总数为 S (近似为 $U \times V$),令 $p = V/S = 1/U$, $k = 1-p$,令比例因子 = k ,则 T_2 可由以下步骤获得:

(1) 计算梯度图像的灰度直方图 $G(i)$;

(2) 计算比例因子;

(3) 给 T_2 赋初值 T_0 ,令 $w = \sum_0^{T_2} G(i)$;

(4) 计算直方图中梯度值小于 T_2 的像素数量 w ;

(5) 如果 $w = kUV$,跳到步骤 6),输出 T_2 , T_2 即为大的阀值;

否则,令 $T_2 = T_2 + dt$ (如果 $w > kUV$, $dt < 0$;如果 $w < kUV$, $dt > 0$),转到步骤 3;

(6) 结束。

由以上步骤求得 T_2 , $T_1 = 0.4T_2$ 。

Canny 算子中比例因子表示图像中非边缘像素所占比例,只要根据所要处理的图像改变比例因子,即可实现 Canny 算子的自适应选取阀值。在此令比例因子 = $1 - 1/U$,即可最终实现只把占总像素数目 $1/U$ 的梯度值较大的边缘提取出来,相当于只检测海面区域和天空区域的边缘,即海天线。

通过自适应阀值的 Canny 算法提取的图像中只含有较少的边缘信息,一般除包含海天线外还有少量海浪杂波或者岛岸目标,由于海天线长度较大,通过计算各目标的长度可以准确识别海天线。

3 仿真及其结果分析

基于上述算法,采用 Matlab 软件编制程序进行仿真分析。分析的图像来源于红外热像仪获取的 7 km 左右的舰船目标的数字图像,部分仿真结果如图 1~图 3 所示。

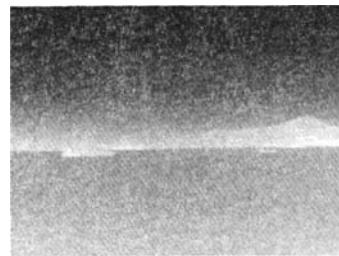


图 1 原始图像

4 结束语

海天线的检测是研究红外成像末制导技术的一项重要内容,对于识别红外图像中舰艇目标起到非

常重要的作用。通过确定海天线区域,可以减少后续目标分割和跟踪的计算量,同时,可以抑制海天线以外的噪声及假目标的干扰。

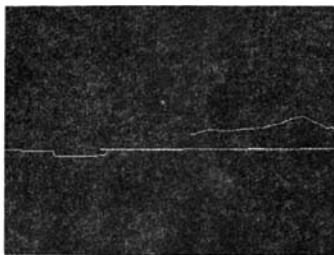


图 2 边缘检测后的图像



图 3 提取海天线的图像

(上接第 81 页)

在仿真过程中,参考文献[4]设定仿真条件。假设测量区域为 $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ 的方形区域,3 个测向站 A, B, C 的坐标分别为 $(5, 0), (25, 0), (45, 7)$ 。在测向站一侧,分布 3 个辐射源,坐标分别为 $(11, 25), (21, 37), (34, 34)$ 。将所有的工程误差都叠加到测向误差中,采用固定的均方根误差进行模拟。

仿真应用的测向误差分别为 $0.5^\circ, 1^\circ$ 和 1.5° , 分别进行 100 次仿真。

表 1 不同算法关联正确率对比

	$\Delta\theta=0.5^\circ$	$\Delta\theta=1^\circ$	$\Delta\theta=1.5^\circ$
本文算法	99.3%	89.7%	80.7%
三站直接关联	91.3%	72.8%	60.3%

表 2 不同算法仿真时间(ms)对比

	$\Delta\theta=0.5^\circ$	$\Delta\theta=1^\circ$	$\Delta\theta=1.5^\circ$
本文算法	0.66	0.64	0.64
三站直接关联	3.78	3.77	3.75

从表 1、2 可以看出,在设定的仿真条件下,采用第三测向站进行关联匹配检测的方法得到的数据关联正确率明显优于直接利用三站测向数据进行关联

本文给出了一种基于自适应阀值的 Canny 算法的海天线检测方法,根据所要处理的红外图像自适应选取 Canny 算法的阀值进行边缘检测,精确提取了海天线。

通过对红外热像仪获取的 200 张红外图像的处理结果可知,本文算法定位精度高,运算实时性好,可以有效检测出各种海空背景下的海天线,为进一步进行目标识别等处理奠定了良好的基础。

参考文献

- [1] Canny J. A computational approach to edge detection [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 18(6): 679-698.
- [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] 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.
- [4] 孙兆林. Matlab6. X 图像处理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

的方法,能够达到消除虚假定位点的目的;同时,在仿真时间上该方法有很大的优势,这是因为在数据关联过程中,大大降低了关联数据对数目,减小了计算量。

4 结论

本文提出的三站交叉定位消除虚假点算法,在存在测向误差的情况下,能够以较高的正确率实现测向数据关联;与直接利用三站测向数据进行关联相比,计算量明显下降,能够准确、快速地实现测向交叉定位中虚假点的消除。

参考文献

- [1] 何友, 王国宏, 陆大绘, 等. 多传感器信息融合及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [2] 李立萍, 孟静, 陈天麒. 一种排除无源交叉定位虚假交点的新方法 [J]. 系统工程与电子技术, 1999, 21(4): 20-23.
- [3] 刘航, 奚丽华. 基于冗余信息的被动传感器数据关联方法研究 [A]. Proceedings of the 25th Chinese Control Conference [C]. Harbin, 2006.

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>