

基于海岸线背景的海面小目标检测方法*

周静,田金文

(华中科技大学 图像识别与人工智能研究所 图像信息处理与智能控制教育部重点实验室,
湖北 武汉 430074)

摘要:针对海岸线背景下的海面小目标的自动检测问题展开讨论,提出一种目标所在感兴趣区域的自动提取算法,将水域和复杂背景分离,并对分割后的二值图像进行标记,海面区域即水域应该是标记块中面积最大的一块,利用此特征提取出感兴趣区域——水域。对感兴趣区域进行轮廓跟踪后再用原始灰度进行扫描填充,在得到的简单背景下对目标进行局部中值滤波,进而用F-R准则将感兴趣舰船目标检测出来。最后拟利用感兴趣舰船目标区域的方差值计算感兴趣目标出现的置信度估计值,若置信度大于90%,则认为是真目标。实验结果给出了实验处理时间和所识别出的各个目标的置信度,表明了本文算法的有效性。

关键词:小目标检测; 水域分割; 区域标记; 区域提取; 区域填充

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2005)04-0486-04

Method of detecting small target in port-sea background*

ZHOU Jing, TIAN Jin-wen

(State Key Laboratory of Education Ministry for Image Processing and Intelligent Control,
Institute for Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: A new method is presented to detect small target in the port-sea background image. The image contains land and water area, and the target is in the water area, so the algorithm of automatic segmenting the area that we are interested in is presented. Firstly the land and water area are divided, then the black-white image which has been segmented is marked and the biggest block is distilled as the water area. Secondly the area's contour is scouted and it is filled with the original pixels. A local median median filter is executed to filter the rest bundance background elements. Eventually the real small target can be segmented by the F-R rule. And the experimental result shows that the method is effective.

Key words: Small target detection; Water-area segmentation; Area mark; Area extraction; Area filling

收稿日期:2004-08-12; 修订日期:2004-10-01

* 基金项目:武器装备预先研究基金资助项目(51483020104JW0516)

作者简介:周静(1981-),女,湖北襄樊人,硕士生,主要从事典型地、海目标识别方法研究。

0 引言

国内外对于小目标的检测已经取得了不少成果和经验,其中典型的方法有 Ren-Jean Liou 提出的高阶相关方法^[1], Gan Wang 提出的流水线检测方法^[2]。另外小波变换、神经网络、数学形态学、建立梯度图^[3]等数学方法也被尝试用于小目标检测。国内学者也提出了一些方法,如迭代统计平均检测法、Hopfield 神经网络法、全局搜索法等^[4]。总的来说,对该问题的研究一般都以两种背景为研究对象,一种是空载下视系统对低空及地面目标的检测;另一种是低空或地面系统对天空背景中目标的检测。上述方法所处理的图像基本都以天空或地空为背景,而本文针对以海岸线为背景的海面小目标的提取提出了一种目标所在感兴趣区域的自动提取的算法,并对传统的目标自适应分割算法作出了一定改进,最后给出了所识别出的各个目标的置信度。

1 算法描述

1.1 整体框图

前下视海面小目标检测的整体流程如图 1 所示。

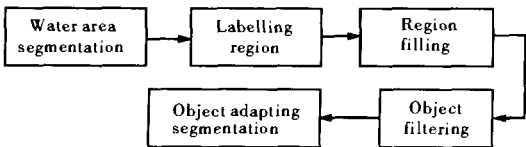


图 1 整体框图

Fig.1 Flow diagram

1.2 水域分割

从典型海面背景图像的灰度分布情况看,海面区域中除了舰船目标和噪声点之外,灰度分布比较均匀,整体都比较暗,而陆地区域灰度分布比较杂乱,整体灰度比较亮,可以采用小区域内方差作为区域纹理特性,把海域和陆地区域粗分离。再者,海面区域灰度分布各个方向都是均匀的,而陆地区域大部分分布只在某个方向上是均匀的,根据这个特点,可选取十字型模板,以区域方差作为区域纹理特性进行方差直方图统计。然后计算分割的门限,进行分割,实验结果表明,采用十字型模板可以得到较好的海域分割效果。

1.3 区域标记与提取

标记是一种区分图像中多个物体,以分别进行描述的方法。

当在某一行发现一段目标时,检查上一行所有目标段,若上一行没有目标与该段重叠,说明发现了一个新目标段,则将一个新标记赋予该目标段;若上一行有一个目标段与该段重叠,只需将上一行目标段的标记赋予该目标段;若上一行有两个以上目标段与该段重叠时,除了必须将上一行重叠的第一段的标记赋予该目标段外,还需根据上一行其他重叠目标段的标记邻接情况记录其连通关系^[5]。本文将后两种情况合并成一类情况处理,即将上一行所有目标段的标记中的最小值赋给该目标段。图 2 为二值图像例,其对应的标记表如图 3 所示。

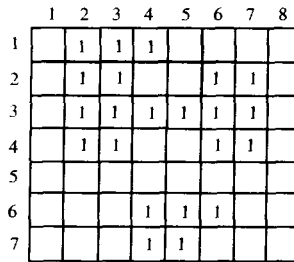


图 2 二值图像例

Fig.2 0-1 image sample

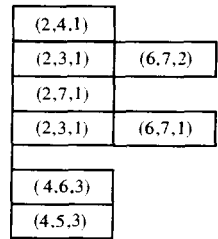


图 3 相应的标记表

Fig.3 Relative labelling table

统计新标记对应的区域面积,取面积最大的区域,并判断面积是否大于整副图的 1/3,满足则认为为水域,将其提取出来。

1.4 区域填充

1.4.1 边缘跟踪

采用八邻域逆时针跟踪扫描方式,扫描方向代码用 FREEMAN 链码定义^[6],如图 4 所示。

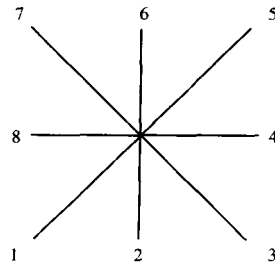


图 4 八邻域扫描方向代码

Fig.4 Eight adjacent direction scan code

1.4.2 扫描线填充

为了精确地描述边界点(或段)的方向走向,不仅考虑当前点和后一个像素点的方向,也考虑当前点和前一个像素点的方向,把两个方向叠加起来,得到精确方向 *Direct* 为:

$$Direct = \begin{cases} 2 & \text{搜索方向连续下行} \\ 1 & \text{搜索方向下行后水平或水平后下行} \\ 0 & \text{搜索方向连续水平} \\ -1 & \text{搜索方向上行后水平或水平后上行} \\ -2 & \text{搜索方向连续上行} \end{cases}$$

从上到下依次扫描待填充区域,对于水平扫描线与区域边界的交点,记录其横向坐标值以及方向 *Direct2* 值;如果水平扫描线与区域边界的交点个数大于 1,那么初始化起始交点为第一个交点,截止交点为第二个交点;判断起始交点和截止交点的方向 *Direct2* 值:如果起始交点值大于 0 而截止交点小于 0,则填充起始交点到截止交点之间的像素,填充后起始交点下标加 2,截止交点为起始交点坐标加 1;如果起始交点值大于 0 而截止交点等于 0,则截止交点坐标加 1;如果起始交点值等于 0 而截止交点等于 0,则起始交点下标加 2,截止交点为起始交点坐标加 1;否则起始交点下标加 1,截止交点为起始交点坐标加 1;如果截止交点不是该行水平扫描线与区域边界的最右边交点,则重新判断起始交点和截止交点的方向 *Direct2* 值;否则看扫描线是否到达区域最后一行;如果没到达则扫描线下移一行,重新开始扫描;否则结束扫描。

1.5 目标滤波

在提取的海面区域内,进行抑制预处理的目的是通过均值反差法、中值对比度法、多重滤波法和形态学法^[7]等线性或非线性数学变换处理,使海面区域的新特征满足平稳性、自相似和可分性假设,提高海面区域目标检测算法的可靠性。

在此通过局部中值对比度滤波法实现对感兴趣区域增强。首先对图像 f 进行中值滤波,得到结果图像 f_m ;然后计算 f 与 f_m 的差图像 $f_a = f - f_m$,同时计算局部目标背景对比度 $c = f_a / f_m$;最后根据预先设定的门限 α ,确定各像素的类别(目标或是背景)。若 $c > \alpha$,则当

前像素为目标,否则为背景。

1.6 目标自适应门限分割

为了能利用 Bayes 最小风险决策准则^[8]、Fisher 准则^[9]和 Neyman-Pearson 准则,优化计算图像分割的门限,需要估计和计算目标背景的概率密度分布函数,建立目标与均匀区域背景的特性模型。

建立目标背景特性模型的方法主要有参数估计法^[9]和非参数估计法两类。为应用方便,本项目拟采用统计直方图表示目标背景的分布特性,然后,利用 Neyman-Pearson 准则(如 CFAR 法^[10])优化计算分割门限,为最终的目标检测应用中的算法选择提供了理论依据。这里所使用的恒虚警概率(CFAR 法)分割的算法思想是:

(1) 分析图像直方图,在前面的处理后所要检测的图像成为简单背景下的检测图像,这里将图像的直方图近似为背景区域的直方图。

(2) 选取一定的恒虚警概率(在此取 0.005),就是背景被分为目标的概率,根据这个概率,在图像的兴趣区域内对图像的直方图进行分割,得到一定的阈值。

(3) 根据阈值对图像二值化。

1.7 目标识别结果与置信度计算

用上述算法处理后,获取了感兴趣目标的大致位置,要进一步抑制未知目标和假目标的干扰,还必须进行目标的分类与识别。在高分辨率的可见光图像(如 1 m 分辨率)中,感兴趣的舰船目标图像已经具有明晰的灰度特征,目标内部图像的灰度比较均匀,而且目标的灰度值与背景的灰度值相比,差异较大。因此,拟利用感兴趣舰船目标的灰度值作为目标的模板,通过基于灰度值的窗口的移动和局部搜索,来计算感兴趣目标的个数和出现的位置。

假设待识别模式 ω 根据显著性特征序列提取的实时特征集合为 $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, 求 ω 属于 ω_1 的置信度。从 ω_2 的密度函数看,若 t_i 位于使置信水平 $1 - \alpha_i$ 最大的置信区间之外,则说明 t_i 不属于 ω_2 特征的概率是 $1 - \alpha_i$,也就是 t_i 属于 ω_1 特征的概率是 $1 - \alpha_i$,即特征 t_i 使 ω 属于 ω_1 的置信度 $c_i = 1 - \alpha_i$ 。本文利用感兴趣舰船目标区域的方差值计算感兴趣目标出现的融合置信度估计值。若置信度大于 90%,则认为是真目标。

2 实验结果分析与讨论

实验针对典型海面下可见光(与单传感器)图像:其海面区域的分辨率为6~8 m;海面水域面积>1/3 幅面积,纹理 $\sigma < 16$;海面舰船的分辨率为6~8 m;典型舰船形状长宽比>2:1。对随机抽取的可见光小目标图像进行实验,都能较为正确地检测出目标。部分图像的实验结果及数据如图5所示。

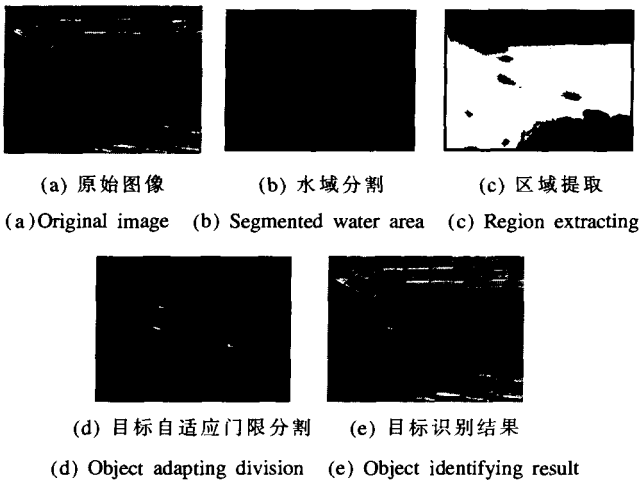


图5 可见光海面图像目标检测过程及结果

Fig.5 Object segmentation processing and results of visible light sea image

图像中共有5个目标,所耗时间为1.361 s。

目标1中心:[119,100] 大小:[20×12] 置信度:0.990000
目标2中心:[110,141] 大小:[20×16] 置信度:1.000000
目标3中心:[250,178] 大小:[18×10] 置信度:1.000000
目标4中心:[48,212] 大小:[10×7] 置信度:0.970000
目标5中心:[116,270] 大小:[11×15] 置信度:0.980000

3 结 论

本文主要研究前下视海面图像中小目标的识别方法,针对原始图像的特点,首先进行水域分割、区域提取及填充的一系列处理,使得所要检测的图像成为简单背景下的检测图像;其次对处理后的图像进行滤波从而获得目标的大致位置;最后根据目标的特征(灰度值)进行识别,并给出各个目标所在的位置及其对应的置信度。由实验结果可知各目标的识别置信度均在0.9,且实验所需时间短,证明了本文方法的可行

性和有效性。

参考文献:

- [1] Ren-Jean Liou, Mahmood R, Azimi-Sadjadi. Dim target detection using high order correlation method [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1993, 29(3): 841-856.
- [2] Gan Wang, Rafael M Inigo, Eugene S McVey. A single-pixel target detection & tracking system [A]. IEEE Inter Confer on Pattern Recognition [C]. 1990. 99-103.
- [3] WANG Tao, NIU Bi-qin, XIANG Jian-yong, et al. A segmentation algorithm of infrared object images in complex back-ground [J]. Infrared and Laser Engineering (王涛, 牛碧芹, 向建勇, 等. 复杂场景中的红外目标图像分割算法. 红外与激光工程), 1995, 24(1): 35-38.
- [4] PENG Jia-xiong, ZHOU Wen-lin. Infrared background suppression for segmenting and detecting small target [J]. Acta Electronic Sinica (彭嘉雄, 周文琳. 红外背景抑制与小目标分割检测. 电子学报), 1999, 27(12): 47-51.
- [5] ZHANG Gui-lin, CHEN Yi-xin, CAO Wei-xuan, et al. A connected component labeling algorithm using the run-length code [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (张桂林, 陈益新, 曹伟焯. 基于跑长码的连通区域标记算法. 华中理工大学学报), 1994, 22(5): 11-13.
- [6] LI Bo, WANG Gang, LIU Dong-hua, et al. A novel edge-labeled algorithm for simple connected area scan filling [J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition) (李波, 王刚, 刘东华, 等. 基于边界标注的单连通区域扫描线填充新方法. 空军工程大学学报(自然科学版)), 1994, 9(4): 294-299.
- [7] WANG Yang, ZHENG Qin-bo, ZHANG Jun-ping. Real-time detection of small target in IR grey image based on mathematical morphology [J]. Infrared and Laser Engineering (汪洋, 郑亲波, 张钧屏. 基于数学形态学的红外图像小目标检测. 红外与激光工程), 2003, 2(32): 28-31.
- [8] CAI Yi-bing, CAI Jin-yan, YANG Shi-yuan. An approach of fuzzy set division based on the BAYES decision theory [J]. Chinese Journal of Computers (蔡一兵, 蔡金燕, 杨士元. 一种基于贝叶斯决策理论的模糊集划分方法. 计算机学报), 1998, 11: 1054-1056.
- [9] WANG Zheng-qun, SUN Xing-hua. Multifeature fusion based on Fisher discriminant criterion [J]. Computer Engineer (王正群, 孙兴华. 基于 Fisher 准则的多特征融合. 计算机工程), 2002, 3(28): 41-42.
- [10] HE You, GUAN Jian, Herman Rohling. A new CFAR detector with greatest option [J]. Journal of Electronics (何友, 关键, Herman Rohling (一种新的最大选择恒虚警检测器. 电子科学学报), 1996, 18(5): 467-472.