

文章编号: 1672-8785(2015)07-0027-05

港口背景下红外运动目标的一种检测方法

石文君¹ 付克亚²

(1. 空军第一航空学院航空弹药教研室, 信阳, 464000 ;

2. 海军装备部驻洛阳地区军事代表局, 洛阳, 471009)

摘 要: 为了解决港口背景下红外运动目标检测中受背景干扰带来的误分割和误跟踪问题, 提出了一种基于港口背景抑制和光流检测的红外运动目标检测方法。首先, 通过对小波分解图像进行 OTSU 分割, 得到天水线区域。然后使用多级滤波确定序列图像中港口背景的抑制基准点, 并根据这些背景抑制基准点实现序列图像的港口背景抑制。最后, 运用光流预测实现红外运动目标检测。通过对实际港口背景红外图像进行背景抑制和红外运动目标检测的实验, 验证了所提方法的可行性和有效性。

关键词: 港口背景图像抑制; 小波变换; Otsu ; 多级滤波

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2015.07.006

A Detection Method of Moving Infrared Targets against Harbor Background

SHI Wen-jun¹, FU Ke-ya²

(1. Aeronautic Missile Department , the First Aeronautic Institute of Air Force, Xinyang 464000, China;

2. Military Representation Office, Naval Equipment Department, Luoyang Region, Luoyang 471009, China)

Abstract: To solve the problems of false segmentation and false tracking caused by the interference of background when moving infrared targets are being detected against harbor background, a moving infrared target detection method based on harbor background suppression and optical flow detection is proposed. First, OTSU segmentation is carried out for a wavelet segmented image, so as to obtain the sky-sea line. Secondly, a multi-level filter is used to locate the background suppression points in sequential images, so as to suppress the harbor background according to these background suppression points. Finally, an optical flow prediction technology is used to realize the detection of the moving infrared target. The feasibility and effectiveness of the method are verified in the experiment of background suppression and moving infrared target detection against the actual harbor background.

Key words: harbor background suppression; wavelet transform; Otsu; multilevel filter

0 引言

港口背景下红外运动目标检测是现今研究的热点之一。研究的难点一方面在于检测过程中受到港口内存在的如高大建筑物、码头和山峰

等红外特征显著物体的影响和干扰; 另一方面因其红外灰度分布广不易建立系统分布模型。图 1 为一典型港口背景红外图像, 图 2 为其灰度分布的三维直方图。

收稿日期: 2015-06-25

作者简介: 石文君 (1981-), 男, 汉族, 湖北大冶人, 博士, 主要研究方向为航空弹药保障。

E-mail: shiwen_79_1@163.com

目前,红外目标检测的方法主要有空间滤波法、频域滤波法、多假设检验方法、动态规划方法、贝叶斯估计及粒子滤波方法等^[1]。其中,空间滤波和频域滤波法仅在背景较简单如天空背景下检测效果较好。多假设检验方法对目标运动规律有限制条件,且其计算量大,实时性差。动态规划方法只适用于慢速运动及信噪比较低的目标,当目标进行大机动运动时检测效果较差。贝叶斯估计及粒子滤波方法虽然识别的鲁棒性较好,但同样存在计算量大、在复杂背景条件下目标检测效果差等问题。



图 1 典型港口红外原始图像

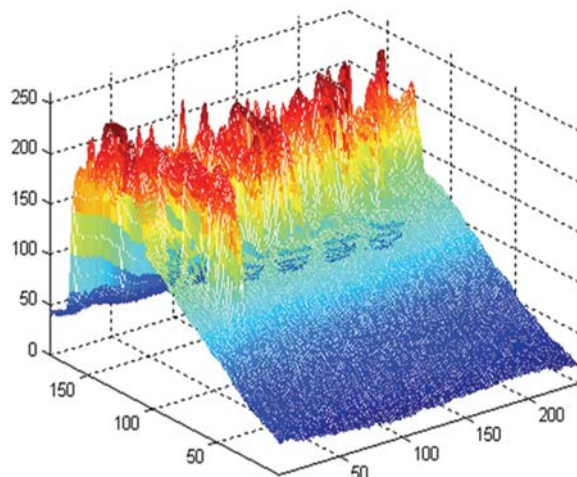


图 2 三维直方图

为了对红外港口背景图像进行有效准确的背景抑制和运动目标检测,结合港口背景的特点,提出了一种基于港口背景抑制和光流法的红外运动目标检测方法。具体算法流程如图 3 所示。其中,背景抑制过程首先通过小波变换和 Otsu 图像分割方法来确定海天线区域。这样处理可以减少后续的运算量、提高识别精度,也可以为后续的背景抑制基准点确定做准备。然后,利用多级滤波来从海天线区域中确定背景抑制基准点,实现背景抑制。最后,利用光流法检测出红外目标。

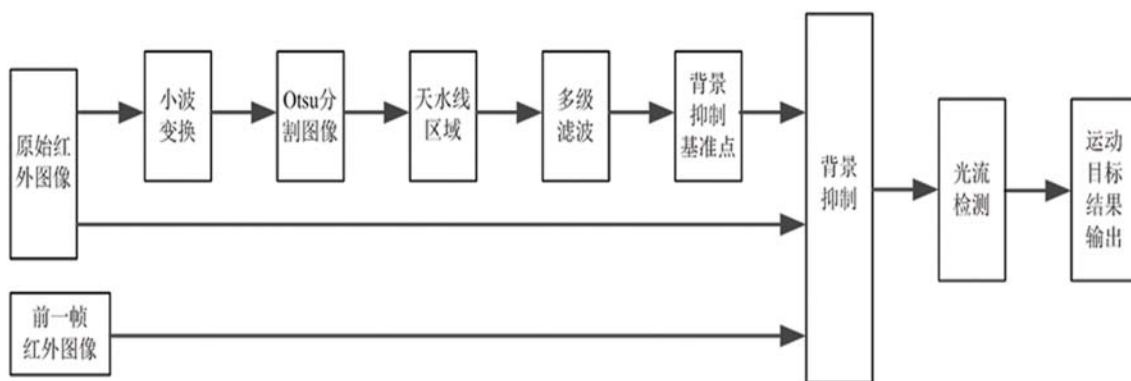


图 3 港口背景图像抑制和运动目标检测流程图

1 小波变换

小波变换自 1974 年首次提出以来,已在一维信号处理、图像信号处理和多谱信号处理方

面得到了广泛的应用。它的显著特点是可同时进行时域和频域分析,能够灵活提取出图像的局部特征^[2]。

在港口背景图像中,噪声、杂波的频率最

高,属于图像的高频部分;图像天空及部分海面区域的变化平缓,为图像的低频部分。我们感兴趣的是海天交界区域。因此,这里通过小波变换抑制图像中的高频噪声,降低分辨率,并在低频部分进行边缘提取,从而突出天水线区域。

假设原始红外图像的二维离散表达式为 $\{C_{i,j}\}_{M \times N}$, 其二维离散小波分解递推公式为^[3]

$$C_{k+1,i,j} = \sum_{p,q} C_{k,p,q} h_{p-2i} h_{q-2j} \quad (1)$$

$$D_{k+1,i,j}^1 = \sum_{p,q} C_{k,p,q} h_{p-2i} g_{q-2j} \quad (2)$$

$$D_{k+1,i,j}^2 = \sum_{p,q} C_{k,p,q} g_{p-2i} h_{q-2j} \quad (3)$$

$$D_{k+1,i,j}^3 = \sum_{p,q} C_{k,p,q} g_{p-2i} g_{q-2j} \quad (4)$$

式中, h 为低通滤波器传递函数, g 为高通滤波器传递函数; $C_{k+1,i,j}$ 、 $D_{k+1,i,j}^1$ 、 $D_{k+1,i,j}^2$ 和 $D_{k+1,i,j}^3$ 分别为原始图像经二维小波分解得到的尺度 k 上的低频近似图像、高频水平近似图像、高频垂直近似图像以及高频对角近似图像。

2 Otsu 阈值分割

Otsu 阈值分割方法又被称为大律法或最大类间方差法,其目的是利用该方法得到的阈值将原图像分成前景和背景两幅图像,使得背景图像与前景图像差别变得最大。它是一种自适应阈值分割方法,通过类间最大距离准则得到最佳分割阈值。具体思想和实现步骤可以参考文献[4]和[5]。这里通过对小波变换得到的低频近似图像进行 Otsu 阈值分割,可以得到天水线区域。

3 多级滤波

至此,港口背景下的天水线区域已经得到。现在的任务就是要从天水线区域中找到背景抑制基准点。从图 2 的灰度三维分布图中可以看出,在低频段背景能量占优,在高频段噪声能量占优,而在中频段目标能量占优。而多级滤波方法的基础也正是基于背景在低频部分、目标在

中频部分而噪声在高频部分各自具有较大比例的假设,其实质就是频率空间上的带通滤波器^[6,7]。因此,通过对港口背景下的天水线区域进行多级滤波,得到天水线区域显著目标,以此目标的中心作为序列图像背景抑制参考点。根据序列图像中这些背景抑制参考点,我们就可以实现背景抑制。

4 光流检测

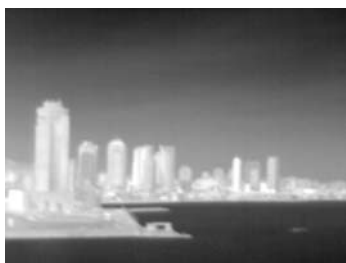
光流 (optical flow) 又被称为图像流估计技术,在空间-时间维利用该技术可以提供运动信息测量。其基本思想是^[8],设 $I(x,y,t)$ 是序列图像中点 (x,y) 在 t 时刻的亮度, $u(x,y)$ 和 $v(x,y)$ 是改点光流的 x 和 y 分量,假设时间间隔足够小,图像有恒定亮度,则可得到光流场约束方程:

$I_x u + I_y v + I_t = 0$ 。我们可以用 Lucas-Kanade 算法来求解该式^[9]。该方法是假设在一个小的空间领域上运动矢量保持恒定即满足光流误差为零,并通过加权最小二乘法来求解 u 和 v 的。

5 实验与结果分析

采用分辨率为 320×240 、响应波段为 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 、帧频为 50 帧/s 的红外成像设备进行复杂动态港口背景下红外运动目标检测实验和算法检验。实验计算机的配置为英特尔 Core2 Duo 2.8GHz 的处理器和 2GB 的内存,程序的编写环境为 VS2010。

实验内容是从动态港口背景序列图像中选取三帧图像(依次为第 20、第 86 和第 210 帧图像)进行背景抑制和红外运动目标检测实验。整个过程中,港口背景多次出现了上下和左右晃动。图 4(a)~图 4(c) 分别为第 20、第 86 和第 210 帧原始红外图像;图 5(a)~图 5(c) 分别为对第 20、第 86 和第 210 帧原始图像进行小波变换得到的图像;图 6 为 Otsu 分割得到的图像;图 7 为经多级滤波后得到的背景抑制参考点图像;图 8 为经多级滤波后得到的显著目标图像;图 9 为最终目标检测图像。



(a) 第 20 帧



(b) 第 86 帧

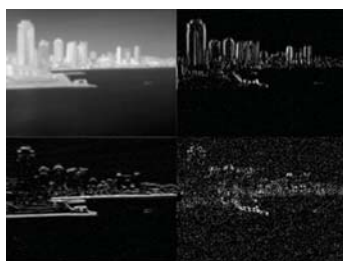


(c) 第 210 帧

图 4 原始红外图像



(a) 第 20 帧



(b) 第 86 帧



(c) 第 210 帧

图 5 小波变换图像



(a) 第 20 帧



(b) 第 86 帧



(c) 第 210 帧

图 6 Otsu 分割图像



(a) 第 20 帧



(b) 第 86 帧



(c) 第 210 帧

图 7 多级滤波图像

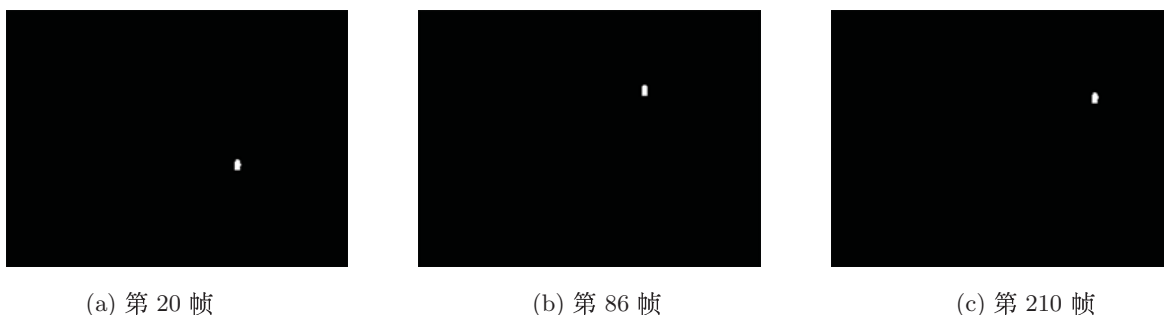


图8 经多级滤波后得到显著目标图像图像

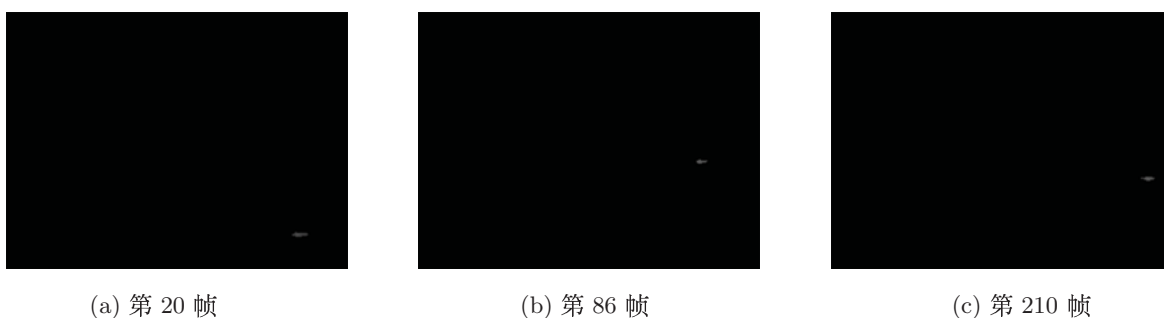


图9 目标检测图像

需要说明的是,图8是经多级滤波后得到的天水线区域中的显著目标,以此显著目标的中心点作为序列图像前后帧的背景抑制参考点,就可以得到如图9所示的最终背景抑制和红外目标检测图像。

6 结束语

在整个算法步骤中,先运用小波变换和Otsu图像分割方法得到港口背景中的天水线区域,然后对得到的天水线区域进行多级滤波,就可以得到背景抑制参考点,从而实现图像背景抑制,最后运用光流预测方法实现红外运动目标检测。试验表明,完成一次背景抑制和目标检测的运行时间在1.4~1.6 s左右,该算法是港口背景下检测红外目标较有效的实现方法。

参考文献

- [1] 侯旺,孙晓亮,尚洋,等.红外弱小目标检测技术研究现状与发展趋势[J].*红外技术*,2015,37(1): 1-10。
- [2] 罗晓霞,王莉青,薛弘晔.基于小波变换和曲波变换的图像边缘检测新算法[J].*计算机工程与科学*,2015,37(1): 157-161。
- [3] Daubechies I. Ten Lecture on Wavelets[M]. SIAM, Philadelphia,1992.
- [4] 李学俊,刘祥俊,赵礼良.基于梯度熵的Otsu图像分割算法[J].*计算机工程与设计*,2015,36(3): 705-709。
- [5] 汪海洋,潘德炉,夏德深.二维Otsu自适应阈值选取算法的快速实现[J].*自动化学报*,2007,33(9): 968-971。
- [6] 蔡诚,王敏.结合分层阈值和形态学滤波的小目标检测方法[J].*华中科技大学学报(自然科学版)*,2013,41(1): 157-159。
- [7] 黄剑斌,安玮,林再平,等.基于形态学的多级滤波背景抑制算法[J].*航天电子对抗*,2015,31(1): 55-58。
- [8] 宋宇,翁新武,郭昕刚.基于光流和惯性导航的小型无人机定位方法[J].*传感器与微系统*,2015,34(1): 13-16。
- [9] 李亚楠,赵耀,林春雨,等.基于图像分割的金字塔Lucas-Kanade光流法提取深度信息[J].*铁道学报*,2015,37(1): 63-68。