

文章编号: 1672-8785(2013)06-0034-05

基于最大能量法的白天红外星目标检测

姜 鹏¹ 孙腾飞²

(1. 92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125001; 2. 92819 部队, 辽宁 大连 116600)

摘 要: 受多种因素的影响, 白天获得的红外星图像的信噪比低, 且背景通常不均匀。采用一般的滤波方法无法提取出恒星目标, 目前常用的形态学方法对于星图像的处理也不甚理想。首先分析背景特性, 采用多帧叠加的方法削弱随机噪声, 增大信噪比; 然后设定阈值, 对叠加后的星图进行背景消除, 得到只含有目标及噪声的图像; 然后用与恒星大小相近的模板按一定的规则对星图进行滤波, 分割出目标。实验证明, 该方法能较好地分离出恒星目标。

关键词: 白天; 红外星图; 自适应阈值; 最大能量; 子图像

中图分类号: P152 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.06.07

Infrared Star Target Detection Based on Maximum Energy in Daytime

JIANG Peng¹, SUN Teng-fei²

(1. Army 92941, Huludao 125001, China; 2. Army 92819, Dalian 116600, China)

Abstract: Because of many factors, the infrared star images acquired in the daytime have a low signal-to-noise ratio and a nonuniform background. The star targets in the images can not be extracted by using common filtering methods. Currently, the common morphological method is also not ideal for the processing of star images. Firstly, the background characteristics are analyzed and the multi-frame superimposition method is used to reduce the random noise, so as to improve the signal-to-noise ratio. Then, setting a threshold, the background in the superimposed star image is removed and the image only containing targets and noise is obtained. Finally, the star image is processed by using a template similar to the star in size according to certain rules so as to separate the targets. The experimental result shows that this method is more efficient in star target separation.

Key words: daytime; infrared star image; threshold segmentation; maximum energy; sub-image

0 引言

星图目标的提取对于天文导航具有极其重要的作用。但在实际拍摄过程中, 受各种因素的影响, 红外图像存在信噪比低、对比度差的问题^[1]。王勇^[2]使用多帧叠加的方法来增大信噪比, 李青等^[3]提出在帧叠加之前先对序列图像

中的每一帧图像进行中值滤波, 以进一步增大信噪比。但对于白天拍摄的近红外星图, 上述两种方法对信噪比的改变不大。红外图像的背景主要是大面积缓慢变化的低频成分, 通常目标的几何尺寸小到无法提取任何形状信息, 只是一个亮点或亮斑^[4]。对于远距离小目标, 背景中的细节成分较少, 在红外图像平面上表现为

收稿日期: 2013-04-21

作者简介: 姜鹏(1985-), 男, 吉林梅河口人, 助理工程师, 学士, 主要研究方向为引信处理和图像处理。

E-mail: wangduo1129@sina.com

弱点状或不稳定斑点状, 检测非常困难^[5,6]。大多数情况下, 背景比较平缓, 像素间有较强的相关性, 占据图像空间频域的低频分量^[7]。目前, 红外图像的预处理大多是采用固定邻域、非线性技术法来增强图像的。这些方法在增强图像对比度的同时也放大了噪声^[8,9]。另外一些如基于小波、神经网络和模糊技术的新方法, 虽然在某些领域已取得很好的效果, 但其算法复杂, 不便于硬件实现^[10,11]。本文在分析背景特性的基础上设定阈值, 分离出背景, 然后采用最大能量法从只含噪声和目标的星图中检测出恒星目标。

1 红外图像特性分析

在红外成像系统中, 图像场景通常由红外目标、真实红外背景和成像噪声组成, 可采用如下模型来描述:

$$F(i, j) = T(i, j) + B(i, j) + N(i, j) \quad (1)$$

式中, $T(i, j)$ 为红外目标; $B(i, j)$ 表示真实红外背景; $N(i, j)$ 为成像噪声, 包含探测器内部噪声和外部随机噪声, 其灰度远大于或远小于周围的孤立点。目标特性反映在频谱上通常是一个强脉冲, 而背景图像则呈连续分布状态, 相关性较强, 并且占据场景图像的大部分空间。成像噪声与背景不相关, 其空间分布也是随机的, 没有帧相关性^[12]。

2 星图预处理及背景抑制

由于存在云杂波及大气气溶胶等的干扰, 红外辐射在大气中传播时会受到严重影响。红外图像的背景中包含较多的复杂因素, 图像信噪比不高, 目标的识别能力低, 因此, 需对图像背景进行抑制。本文对拍摄到的星图进行多帧叠加以增大信噪比。为了防止叠加后的图像像素灰度溢出, 需要先对图像进行处理。

图1为白天用 $0.8 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 波段小口径相机在固定观测站点拍摄到的红外星图。由于背景辐射强烈, 星目标几乎被淹没在背景中。连续15帧序列图像叠加后的效果如图2所示。可以看

出, 叠加后的星图的信噪比明显增大, 对比度得到提高。

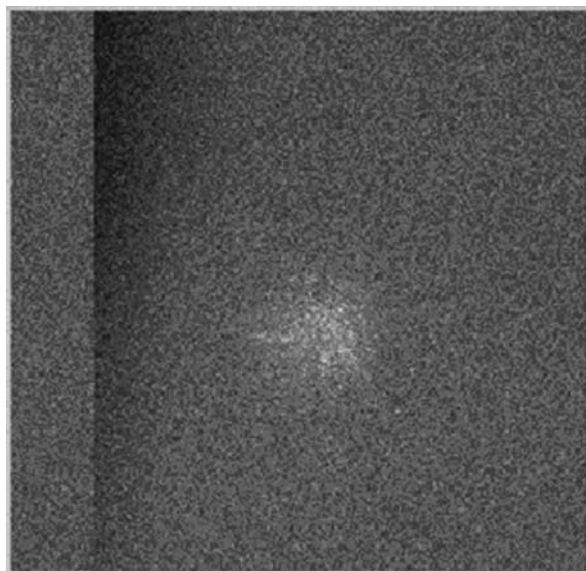


图1 白天的红外星图

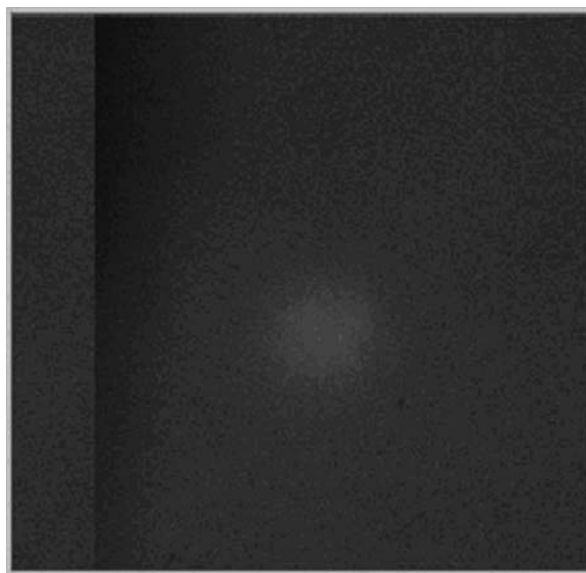


图2 序列图像15帧叠加后的星图

同时, 为了分割出背景, 采用了一种自适应阈值的方法。在预测背景的同时, 通过对图像进行动态阈值处理, 去除了大部分背景。阈值的选择对整个系统有着至关重要的影响, 若阈值选择过高或过低, 都可能把目标和背景混淆, 导致最终无法检测出目标^[13]。通常的做法是通过图像的直方图来确定阈值。但由于场景较复杂, 各处的对比度存在很大差异, 所以, 对整幅图像不

能选取一个固定的阈值。为了获得良好的目标检测能力,应该在图像的小范围内动态地选择阈值,这种方法比全局阈值更能适应复杂场景,能更好地反映出图像各级灰度的变化。子图像大小的选取是根据目标的大小来确定的。如果子图像太大,就不能有效去除由对比度变化造成的影响;如果太小,则会使潜在的目标充满子图像的大部分区域,从而导致阈值不正确^[14,15]。子图像通常可以选择 $M \times N$ 的矩阵。结合实际处理的星图,本文选取 25×25 像素的矩阵作为子图像,目标大小约为 20×20 像素。文章采用如下分割方式:

$$g(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & f(i, j) \geq th \\ 0 & f(i, j) < th \end{cases} \quad (2)$$

式中, $f(i, j)$ 是子图像; $g(i, j)$ 是分割图像; 阈值 th 由图像的统计特性决定:

$$th = E + k\sigma \quad (3)$$

式中, E 为子图像的均值, σ 是标准差, k 为加权系数,可根据实际情况调整其最优值,其值一般选择 3~5。

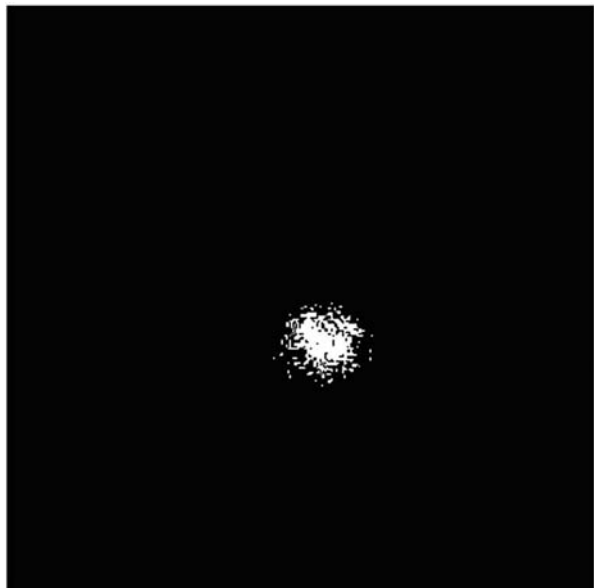


图 3 阈值分割后的星图

经过自适应处理后的星图如图 3 所示。可以看出,大面积的平稳背景已被抑制,只剩下目标

周围与之类似的像素点,大大降低了虚警率,同时使目标区域显得更加集中了。但剩余背景的残差较多,杂散不均匀的云层和灰度较亮的背景不易被消除,需要进一步对图像进行处理以便检测恒星目标。

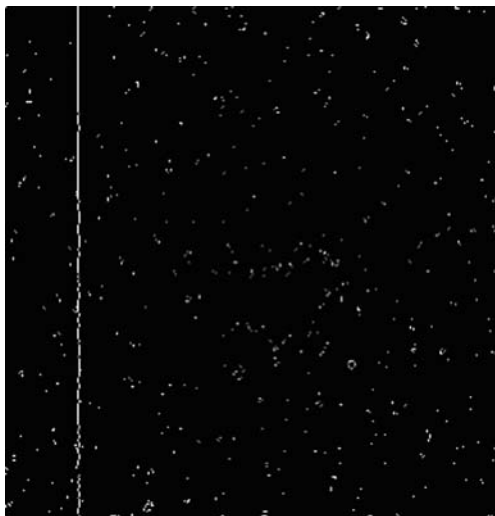
3 最大能量法检测目标

目前,检测红外目标的方法有很多,现有的算法可分为两类:时域法和空域法。时域处理常用的有帧间差算法和序列图像检测法等;空间域算法主要有高通滤波、空间匹配滤波以及近几年兴起的形态学滤波和小波变换等。帧间差算法对硬件的存储量要求较高,而形态学算法和小波变换算法的运算比较复杂。当场景中恒星目标和背景的对比度极低时,检测目标极为困难,尤其是大量尖锐噪声点对目标检测有不同程度的影响。本文在分析恒星图像能量分布的基础上,采用略小于目标的模板。在需要处理的图像上进行滑动。模板覆盖的部分称为原图像的一个子图。对子图像进行能量计算,标记出能量最大时的子图像位置;然后逐渐增大模版,再次计算所有子图像中能量最大的子图像的位置;由于自适应阈值分割后的星图的大部分背景像素已被置为最小值,所以,当能量最大值不变时,只需改变模板大小就能检测出恒星目标。

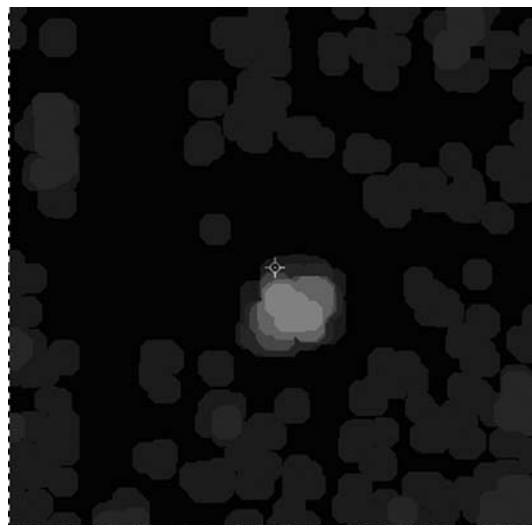
4 实验验证

针对实际拍摄到的红外星图,采用最大能量法进行了恒星目标检测,同时与传统算法的检测结果进行了比较,如图 4 所示。

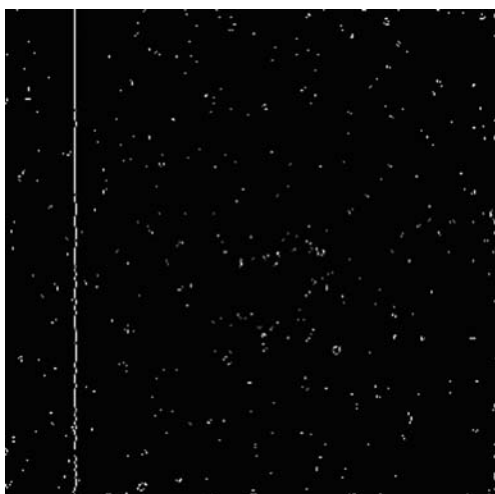
从处理结果可以看出,传统的目标检测算法对于白天拍摄到的星图的处理效果都不是理想,有的甚至无法分辨目标所在的位置。采用本文提出的最大能量法进行目标检测,可明确恒星目标的边缘轮廓,使恒星目标较好地检测出来。



(a) Sobel 算子



(d) 形态学处理



(b) Prewitt 算子



(e) 本文算法处理

图 4 不同算法的处理结果



(c) log 算子

5 结论

使用小口径红外相机在白天进行恒星探测时, 由于影响因素多, 信噪比低, 星目标极易被淹没在背景中。本文先采用多帧叠加法增大信噪比, 然后采用自适应阈值法进行处理。针对红外图像, 用与目标大小接近的子图像进行阈值分割, 最大限度地消除背景。对于阈值分割后的红外星图, 通过多次改变模板大小对其进行子图像能量计算, 最终有效地检测出了目标。实际星图的实验验证表明, 该方法可较好地提取星目标。

参考文献

- [1] 赵春光, 王寿峰. 红外图像中的自适应维纳滤波噪声抑制技术 [J]. *光电工程*, 2011, **11**(38):79-85.
- [2] 王勇, 汪建业. 低信噪比图像中目标检测提取方法 [J]. *大气与环境光学学报*, 2008, **3**(3):228-233.
- [3] 李青, 田国昌, 汪建业. 低信噪比下星光点目标的检测 [J]. *大气与环境光学学报*, 2008, **3**(1):77-80.
- [4] 万明, 张凤鸣, 胡双. 基于多步长梯度特征的红外弱小目标检测算法 [J]. *光学学报*, 2011, **10**(31):1011001-1.
- [5] 张飞, 李承芳, 史丽娜, 等. 复杂背景下运动点目标的检测算法 [J]. *光学技术*, 2005, **31**(5):55-58.
- [6] 朱红, 赵亦工. 基于背景自适应预测的后国外弱小运动目标检测 [J]. *红外与毫米波学报*, 1999, **18**(4):305-310.
- [7] 张弘, 赵保军, 毛二可, 等. 复杂背景下的红外点目标的检测 [J]. *红外与激光工程*, 2001, **30**(2): 96-98.
- [8] 罗军辉, 姬红兵, 刘靳. 一种基于空间滤波的红外弱小目标检测算法及应用 [J]. *红外与毫米波学报*, 2007, **23**(3):209-212.
- [9] 张春华, 周晓东, 陈维真. 基于背景抑制的星空图像运动轨迹提取 [J]. *红外与激光工程*, 2008, **37**(1):143-146.
- [10] Khan J F, Alam M S. Efficient Target Detection in Cluttered FLIR Imagery [C]. SPIE, 2005, **5816**:39-53.
- [11] 张必银, 张天序, 桑农, 等. 红外弱小运动目标实时检测的规整化滤波方法 [J]. *红外与毫米波学报*, 2008, **27**(2):95-100.
- [12] 余农, 吴常冰, 汤心溢, 等. 红外目标检测的自适应背景感知算法 [J]. *电子学报*, 2005, **33**(2):200-204.
- [13] 刘兴超. 单帧红外图像弱小目标检测算法研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2005.
- [14] Ffrench P A, Zeidler J R, Ku W H. Enhanced Detectability of Small Objects in Correlated Clutter Using an Improved 2-D Adaptive Lattice Algorithm [J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 1997, **6**(3):383-397.
- [15] Caefer C E, Silverman J, Mooney J M. Optimization of Point Target Tracking Filters [J]. *IEEE Trans on Aerospace and Electronic Systems*, 2000, **36**(1):15-25.

(上接第 19 页)

表 2 国外某采集系统获得的星等评价参数

评价参数	视星等		
	4	5	6
均值	13.141	10.437	17.811
方差	28.571	17.493	41.275
标准差	5.345	4.182	6.426
图像信噪比	77.468	31.564	33.391
系统信噪比	1244.038	1485.676	1035.888

参考文献

- [1] 刘智. CMOS 图像传感器在星敏传感器中应用研究

[D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2004.

- [2] Tom Shanley Don Anderson 著. 刘晖, 冀然然, 夏意军译. *PCI 系统结构 (第四版)* [M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [3] Specifications of the Camera Link Interface Standard for Digital Cameras and Frame Grabbers [S]. 2000.
- [4] PCI 9054 Data Book Version 2.1 [S]. 2000.
- [5] PCI Local Bus Specification Version 2.2. PCI Special Interest Group [S]. 1998.
- [6] 杨克, 卞敏杰. 基于 PCI 总线的数据采集图像快视系统 [J]. *空间电子技术*, 2006, **27**(2): 16-20.
- [7] 孙鑫, 余安萍. *VC++ 深入详解* [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.