

文章编号: 1672-8785(2015)04-0030-04

基于 OTSU 算法的近红外星图目标提取

李 飞

(92941 部队, 辽宁葫芦岛 125001)

摘 要: 导航星目标的提取是近红外天文导航中的关键步骤, 直接关系到后续的星目标识别和星图匹配。由于天光背景很强, 提取星目标极为困难。近红外天文导航在近红外波段对恒星进行检测, 即使在白天也可获得足够多用以导航的恒星目标。在分析近红外星图图像特点的基础上, 引入能量投影, 根据投影峰值确定潜在恒星目标和噪声点的位置; 然后根据能量变化, 设定待处理区域, 并使用最大类间方差 (Maximum between-cluster Variance, OTSU) 算法进行目标和噪声点快速提取; 最后使用多帧叠加, 剔除噪声点, 最终提取出恒星目标。实验结果表明, 该算法计算简单, 运行时间短, 同时具有较高的检测率。该算法能够在复杂的背景中有效地检测出恒星目标, 虚警率较低。

关键词: 近红外; 能量投影; OTSU 算法; 虚警率; 目标提取

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2015.04.006

Extraction of Near-infrared Star Target Based on OTSU Algorithm

LI Fei

(Army 92941, Hu Ludao 125001, China)

Abstract: The extraction of navigation stars is a critical step in near-infrared celestial navigation. It is related to the subsequent star target identification and star image matching directly. Because of the strong background of the sky, the extraction of star targets is extremely difficult. If the near-infrared celestial navigation is used to detect stars in the near-infrared waveband, enough star targets for navigation can be acquired even in the daytime. On the basis of analysis of the characteristics of near-infrared star images, an energy projection method is introduced and the potential star targets and noises are located according to the peak point of the projection. Then, the areas to be processed are set up according to the energy variation. The targets and noise points are extracted quickly by using the OTSU algorithm. Finally, after the multi-frame overlay is used to remove the noise points, the star targets are extracted. The experimental result shows that this algorithm is simple in calculation, short in operation time and higher in detection ratio. It can detect the star targets against a complex background effectively with a low false alarm rate.

Key words: near-infrared; energy projection; OTSU algorithm; false alarm rate; target detection

收稿日期: 2015-02-09

作者简介: 李飞 (1987-), 男, 辽宁葫芦岛人, 助理工程师, 研究方向为信息处理与测试。

E-mail: wangduo1129@sina.com

0 引言

恒星目标检测是天文导航中的关键环节,对后续的星目标识别以及星图匹配起着至关重要的作用。由于天光背景较强,星目标的提取极为困难。红外成像系统具有全天候工作、抗干扰能力强^[1]等特点,目前已被广泛应用^[2]。近红外天文导航在近红外波段对恒星进行检测,即使在白天也可获得足够多用以导航的恒星目标,该研究国外已取得一定的成果^[3-5]。星目标红外辐射在到达敏感器之前经历了大气的消光和衰减作用,探测器接收到的信号很弱。在红外恒星图像中,背景占据了缓变的大面积部分,恒星目标在成像面上只占一个或几个像素,通常总像素不大于30个^[6-8],这给星目标检测带来一定的困难。基于梯度和差异度的算法^[9,10],虽然计算简单,但容易造成星目标丢失。基于聚类思想的检测算法^[11-13],往往需要构造属性集,这会带来一定的运算量。较为新兴的形态学算法,虽然在处理星图时体现出了一定的优越性,但对于红外星图却容易造成失真,且其处理效果依赖于结构元素的选择。

本文在分析近红外星图图像特点的基础上,引入能量投影,根据投影峰值确定潜在恒星目标和噪声点的位置;然后根据能量变化,设定待处理区域并使用OTSU算法进行目标和噪声点快速提取;最后使用多帧叠加,剔除噪声点,最终提取出恒星目标。

1 近红外星图分析

通常,一幅红外图像可表示如下:

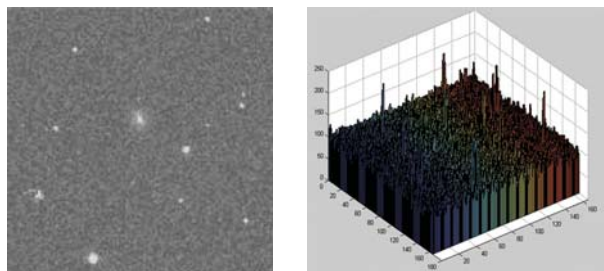
$$f(x, y) = T(x, y) + B(x, y) + N(x, y) \quad (1)$$

式中, (x, y) 为像素点坐标, $T(x, y)$ 、 $B(x, y)$ 、 $N(x, y)$ 分别表示目标、背景和噪声的灰度值。图1为近红外星图及其三维灰度直方图。分析可知,近红外星图具有以下特点:

(1) 近红外星图中,大部分区域是灰度变化缓慢的背景部分;目标是图像中的突变,在局部区域中往往为极大值。

(2) 在近红外星图中,恒星目标通常是相对孤立的点,和背景的相关性不大,在局部区域中与相邻的像素点灰度存在差异。

(3) 由于强天空背景及噪声点的影响,恒星目标容易被“淹没”在背景中,给星目标检测带来困难。



(a) 红外星图

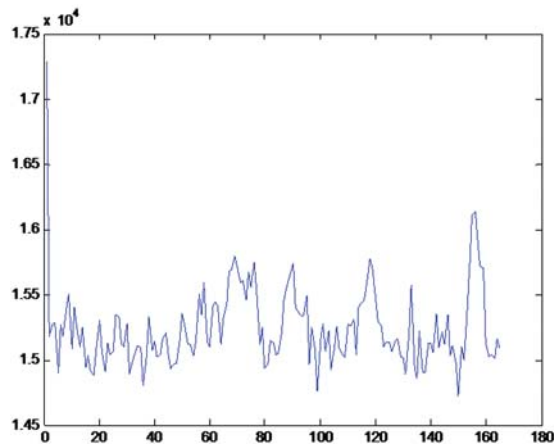
(b) 三维直方图

图1 近红外星图及其三维直方图

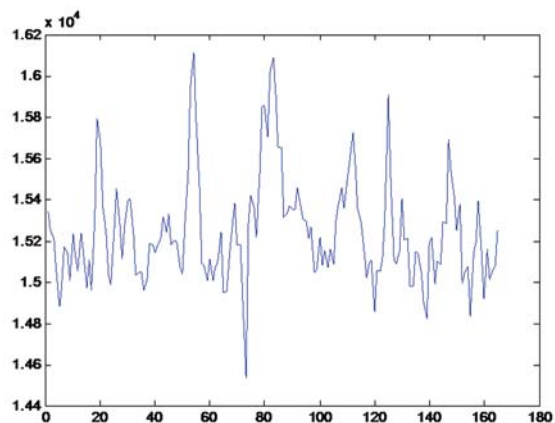
2 近红外恒星目标检测

2.1 能量投影

在红外波段对目标进行成像时,探测的是目标的红外辐射;反映在近红外星图中是恒星与天空背景的能量分布以及随机噪声。据此,可通过能量投影的方法,分别对星图进行横向和纵向能量投影,得到星图行、列的能量分布曲线,具体在图像中可用像素灰度来表示。能量分布较大的地方即像素灰度和较大的行或者列,可表征在行和列方向的潜在恒星目标点或者噪声点。横向和纵向能量分布都较为集中的区域即为潜在目标点区域。图2为对图1进行横向和纵向能量投影的结果。



(a) 横向投影



(b) 纵向投影

图 2 能量投影结果图

可以看出, 在单独的行或者列方向上出现多个能量峰值, 设峰值能量分别为 M_i 、 $N_j(i, j=1, 2, 3, \dots)$, 只有在行和列方向的能量都比较集中的区域才为恒星目标潜在区域。为估算恒星目标的大小, 以能量下降为峰值能量的 70% 为界, 记像素区域为 $\phi = X_g \times Y_l$ 。

2.2 使用 OTSU 算法进行目标检测

OTSU 是由日本学者大津在 1979 年提出的。其原理是, 假定图像中的所有像素只包含灰度不同的目标和背景, 利用类间方差设定门限, 划分类别的分离性能, 最终达到门限的自动选择, 从而区分出目标和背景。

设图像 $f(x, y)$ 共有 L 个灰度级, 其中灰度为 i 的像素点个数为 N_i , 那么整幅图的总像素为 $N = n_0 + n_1 + \dots + n_{L-1}$, 按式 (2) 对其直方图进行归一化处理:

$$P_i = n_i / N, \quad \sum_{i=0}^{L-1} P_i \geq 0 \quad (2)$$

使用设定的灰度阈值 Th , 将图中的所有像素根据不同的灰度级划分为 2 大类, 并按照式 (3) 计算不同类别之间的方差:

$$\sigma^2 = \left(\sum_{i=0}^{Th} P_i \right) \left(\sum_{i=Th+1}^{L-1} P_i \right) \left(\frac{\sum_{i=0}^{Th} i P_i - \sum_{i=0}^{Th} i P_i}{\sum_{i=Th+1}^{L-1} P_i} - \frac{\sum_{i=0}^{Th} i P_i}{\sum_{i=0}^{Th} P_i} \right)^2 \quad (3)$$

由于灰度阈值 Th 的变化, σ^2 的值将随之改变; 当 σ^2 取得最大值时, 可认为图像中的目

标和背景两类像素获得最佳分类效果。针对能量投影的结果, 在 $N\phi$ 区域内, 使用 OTSU 算法进行恒星目标的检测, 提取并获得潜在的目标点和噪声点。

2.3 确定恒星目标

一幅图像中, 噪声的产生通常是各种客观因素随机作用的结果, 其出现有一定的随机性。对序列图像进行多帧叠加可消除随机噪声的影响。使用 OTSU 算法处理待处理区域, 获得潜在的恒星目标点。使用多帧叠加的方法消除随机噪声, 提取出真正的恒星目标。

3 实验结果及分析

根据上述方法, 近红外星图目标提取的步骤如下:

(1) 分别对星图进行横向和纵向能量投影。对横向和纵向能量分布都较为集中的区域, 以能量下降为峰值能量的 70% 为界, 估算恒星目标的大小 σ 。

(2) 设定 $N\sigma$ 大小区域为待处理区域。在此区域, 使用 OTSU 算法进行恒星目标检测, 提取获得潜在的目标点和噪声点。

(3) 将多帧叠加以消除噪声影响, 最终确定恒星目标。

为验证方法的有效性, 引入检测率 (Couple Probability, CP) 和虚警率 (False Alarm, FA) 作为评价参数, 其定义如下:

$$CP = \text{正确检测到的真实目标数} / \text{真实目标数目} \times 100\%$$

$$FA = \text{虚警目标数} / \text{检测出的目标数} \times 100\%$$

对仿真生成的加入了高斯白噪声的星图, 分别使用阈值法、形态学方法和本文算法进行目标提取, 结果如图 3 所示。

由图 3 可以看出, 在仿真星图中, 由于背景和噪声的影响, 恒星目标区域的信噪比较低, 几乎被背景覆盖。用阈值分割算法提取目标起到了一定的效果, 但是检测率较低, 且提取效果对阈值的依赖较大。形态学算法的虚警率高, 且提取目标的轮廓不清晰。本文算法在保证高检测率

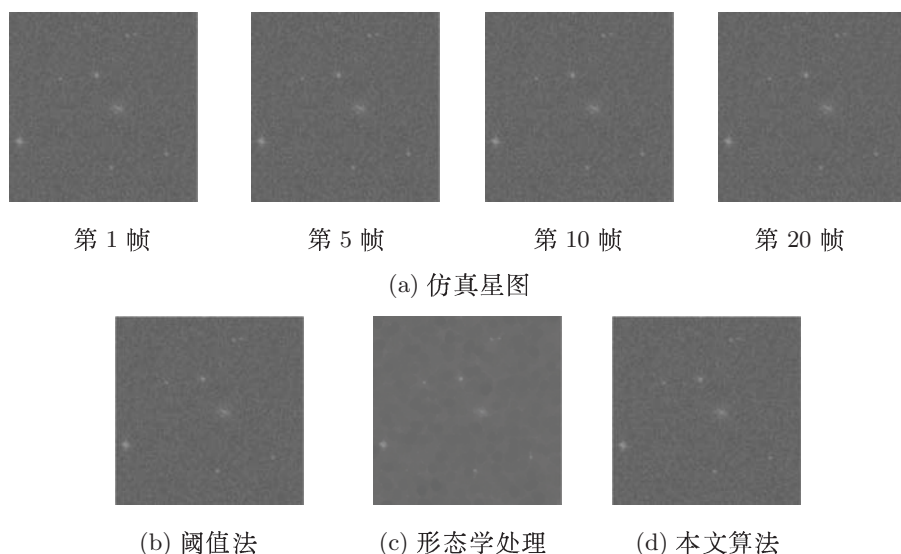


图 3 采用不同方法提取目标的结果

和低虚警率的同时, 计算简单, 具有较强的实时性, 能够有效检测出星目标, 获得较好的提取效果, 具体结果见表 1。

表 1 不同算法的结果对比

算法	检测率	虚警率
阈值法	66.7%	15%
形态学	85%	25%
本文算法	88%	10%

4 结论

恒星目标检测是天文导航中的关键环节, 对星目标识别以及星图匹配起着至为重要的作用。近红外天文导航在近红外波段对恒星进行检测, 即使在白天也可获得足够多用以导航的恒星目标。星目标的红外辐射在到达敏感器之前经历了大气的消光和衰减作用, 这给星目标检测带来了一定的困难。在分析近红外星图图像特点的基础上, 引入能量投影, 根据投影峰值区域确定潜在的恒星目标位置; 然后根据能量变化, 设定待处理区域并使用 OTSU 算法进行目标快速提取; 最后通过多帧叠加, 剔除噪声点, 提取出恒星目标。

参考文献

- [1] 王田, 刘伟宁, 孙海江, 等. 基于复杂梯度和方向梯度的红外弱小目标检测方法 [J]. 液晶与显示, 2012, 27(5): 692–696.
- [2] 秦翰林, 周慧鑫, 刘群昌等. 采用多尺度隐式马尔可夫模型的红外图像背景抑制 [J]. 光学精密工程, 2011, 19(8): 1950–1956.
- [3] Nelson J E. Infrared Methods for Daylight Acquisition of LEO Satellites [D]. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Department of the Air Force Air University, 2004.
- [4] Cannata R F, Hansen R J, Costello A N, et al. Very Wide Dynamic Range SWIR Sensors for very Low Background Applications[C]. Proceedings of SPIE, 1999, 3968: 756–765.
- [5] Alexander C D, Swift W, Ghost K, et al. Design of a Daylight Star Camera System[C]. Proceedings of SPIE, 1999, 3779: 47–54.
- [6] 武斌. 红外弱小目标检测技术研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2008. 15–21.
- [7] 吴文怡, 罗子娟. 基于最小一乘和遗传算法的红外弱小目标检测 [J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(3): 575–578.
- [8] 吴一全, 尹丹艳. 基于 FLS-SVM 背景预测的红外弱小目标检测 [J]. 光学学报, 2010, 30(10): 2806–2811.
- [9] 李晓龙, 王江安, 马治国. 基于多向梯度背景预测的红外目标检测算法 [J]. 现代电子技术, 2010, 12(323): 103–106.
- [10] 王宇翔, 韩振铎, 王宏敏. 基于多向差异度的红外弱小目标检测算法 [J]. 红外技术, 2012, 34(6): 351–355.
- [11] 靳永亮, 王延杰, 丁南南. 改进的红外弱小目标检测方法 [J]. 液晶与显示, 2011, 26(4): 555–560.
- [12] 姜斌, 石峰, 崔东旭, 等. 改进的 K 均值聚类红外弱小目标检测方法 [J]. 应用光学, 2012, 33(4): 765–769.
- [13] 陈炳文, 王文伟, 秦前清. Fuzzy-ART 背景抑制的单帧红外弱小目标检测 [J]. 计算机辅助设计与图形学报, 2012, 24(6): 775–779.