

文章编号: 1672-8785(2013)05-0042-04

基于高斯拟合局部直方图方法的 近红外星图目标检测

郭少军¹ 王 哲²

(1. 海军航空工程学院研究生大队研究生三队, 山东烟台 264001 ;

2. 海军航空工程学院战略导弹工程系, 山东烟台 264001)

摘 要: 从近红外星图图像的直方图出发, 认真分析了直方图的特性, 并通过对直方图低频区域图像进行高斯拟合确定了图像分割阈值。对不同阈值情况下取得的结果进行了对比。在选取 8 邻域内像素面积最大的 10 个目标作为导航目标时, 该方法用的数据较少, 大幅减小了计算机的工作量, 从而提高了导航效率, 并增快了识别速度。

关键词: 高斯拟合; 阈值分割; 邻域面积

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.05.008

Near-infrared Starry Sky Object Detection Based on Gaussian Fitting Local Histogram Method

GUO Shao-jun¹, WANG Zhe²

(1. Graduate Students Brigade, Naval Aeronautical Engineering University, Yantai 264001, China; 2. Department of Strategic Missile Engineering, Naval Aeronautical Engineering University, Yantai 264001, China)

Abstract: In the view of a histogram of near infrared starry sky images, the characteristics of the histogram are analyzed. The threshold for image segmentation is determined by fitting the low area of the histogram with a Gaussian function. The results obtained with different thresholds are compared. When ten objects which have the largest area in the eight-neighborhood are selected as the navigation objects, less data are used. Because the calculation amount of a computer is reduced greatly, both navigation effectiveness and recognition speed are improved.

Key words: gaussian fitting; threshold segmentation; neighborhood area

0 引言

在近红外星图图像中, 除天空背景成像噪声以外, 其他噪声一般均呈点状或者小目标状态出现。若要描述背景的起伏性, 则必须分析星图目标成像背景的统计特性, 这将会有利于小目标检测与识别。结合对实际星图性质的分析, 依据局部直方图高斯特性对星图背景参数进行拟合估计, 并利用 KL 散度定量衡量估计拟合直方

图与原图像的直方图之间的相似度。

1 近红外星图的特征分析

近红外星图有以下特征: (1) 恒星是近红外成像观测的主要对象, 表现为点状目标, 其图像的能量分布近似为高斯分布。(2) 空间目标在图像中表现为点状小目标, 只占一个或者几个像素, 没有结构、纹理等信息可以利用, 而且空间目标在序列图像中的成像亮度不稳定。(3) 存在

收稿日期: 2013-04-01

作者简介: 郭少军 (1985-), 男, 湖南洞口人, 在读博士, 主要从事星空导航以及图像与信号处理等方面的研究。

E-mail: guoba2000@163.com

天空辐射噪声。由于导航用近红外相机在运行过程中总是暴露在天空下, 特性与背景特性相似的太阳光和天空背景对太阳光的反射也会被成像在近红外阵面上。

图1为近红外成像系统拍摄到的一幅星空图像, 其可以被描述成

$$f(x, y) = s(x, y) + b(x, y) + n(x, y) \quad (1)$$

式中, (x, y) 为像素点坐标; $f(x, y)$ 为观测相机获取的图像; $s(x, y)$ 为图像中的目标, 包括空间目标和恒星; $b(x, y)$ 为星空图像背景; $n(x, y)$ 为图像噪声, 包括除 $s(x, y)$ 以外的具有点状或近似点状特征的噪声 (空间辐射噪声就是其中一种)。 $n(x, y)$ 和 $s(x, y)$ 主要集中在图像 $f(x, y)$ 的高频段, 图像背景噪声 $b(x, y)$ 主要集中在 $f(x, y)$ 的低频段。



图1 星空图像

根据统计理论可知, 在拥有大量图像集中样本时, 随机变量 $x(m)$ 的数学期望的最优估计分别是图像集中所有样本的平均值 u_0 , 方差最优估计是图像集中所有样本的方差 σ_0 。唯有均值和方差才能确定高斯函数, 从而把星空背景统计特性估计问题转换为背景区域均值和方差的估计问题。需要注意的是, 星图中存在大量恒星和少量其他星点状噪声, 因此利用所有像素点计算出来的均值和方差并不是背景的均值和方差的最优估计。本文利用一种基于局部直方图高斯拟合的背景参数估计方法, 能够成功地避免恒星和其他点状噪声的干扰, 从而准

确估计出星图背景的均值和方差。

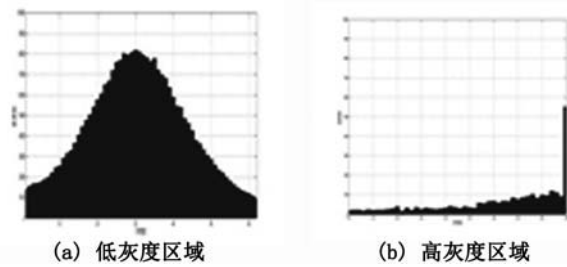


图2 星图的直方图

2 局部直方图高斯拟合算法

2.1 设置初始参数

计算整幅图像的均值 u_0 和标准差 σ_0 , 同时求出星图中最小的像素值 f_{min} 。

以 u_0 为中心, 取像素灰度值在 $[u_0 - l, u_0 + l]$ 范围内的直方图区域 $Hist$, 其中 $l = u_0 - f_{min}$ 。 $Hist$ 就是低灰度区域直方图。把 $Hist$ 区域中峰值所对应的灰度值 f_{max} 标为图像中灰度值为 f_{max} 的像素点的个数。

2.2 选取局部直方图

以 f_{max} 为中心, 搜索 $[u_0 - l, u_0 + l]$ 区域, 将大于 $Thr \times N_{max}$ 的点记为 $p = [p_1, p_2, \dots, p_n]$ 。将距离 $u_0 - l$ 最近的点 p_1 记为 p_L , 将距离 $u_0 + l$ 最近的点 p_n 记为 p_R 。这样选取的局部直方图区域 $Hist'$ 就是 $[p_L, p_R]$ 。

拟合时所用的局部直方图区域的大小由阈值 $Thr \in (0, 1)$ 决定。 Thr 的下限不能取得太小。如果太小, 在对 $Hist'$ 进行高斯拟合时, $Hist'$ 中接近零的像素则会造成不必要的运算和误差。当 Thr 值太大时, $Hist'$ 过小的数据量不足以进行拟合。这里, Thr 上限取 0.6。图3所示为 Thr 的选值对拟合精度的影响情况。可以看出, 当 Thr 取 0.1 时, 可以取得良好的拟合效果; 当 Thr 大于 0.1 时, 拟合精度提高不大。因此 Thr 通常选择 0.1, 这样既能取得较高的拟合精度, 又能得到较大的拟合数据量, 使原始图像直方图的信息得到充分利用。

假设星空背景服从 $N \sim (\mu, \sigma)$ 的高斯分布, 则背景的直方图分布可以表示为

$$N(x) = N_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

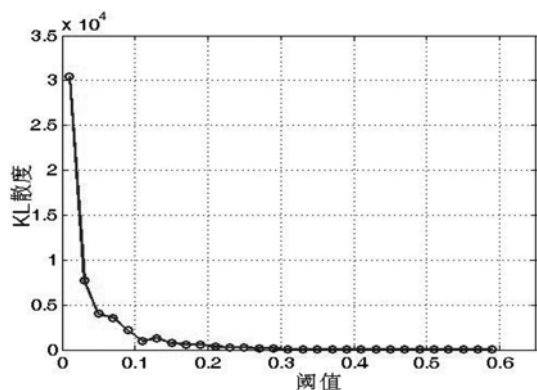


图 3 拟合精度受阈值的影响情况

式中, N_0 、 μ 和 σ 分别为拟合局部直方图的峰值幅度、均值和方差。

对式 (2) 取以 e 为底的对数, 整理后可得:

$$\ln N(x) = \frac{1}{2\sigma^2}x^2 + \frac{\mu}{\sigma^2}x + \ln \frac{N_0}{\sqrt{2\pi}\sigma} - \frac{u^2}{2\sigma^2} \quad (3)$$

记 $a_0 = \ln \frac{N_0}{\sqrt{2\pi}\sigma} - \frac{u^2}{2\sigma^2}$, $a_1 = \frac{\mu}{\sigma^2}$, $a_2 = \frac{1}{2\sigma^2}$ 。

对式 (3) 中的右边部分进行最小二乘二项式拟合, 得到 a_0 、 a_1 和 a_2 , 进而求得 N_0 、 μ 和 σ 。对文中给出的星图进行 Matlab 实验仿真, 取 $Thr = 0.1$, 通过上面介绍的方法和步骤进行高斯拟合。采用局部低灰度区域直方图作为拟合数据。图 4 为拟合数据曲线与原数据的对照图。

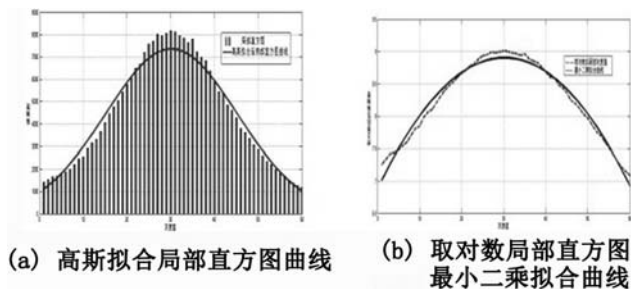


图 4 拟合数据曲线与原数据的对照图

$$N(x) = 2.7681 \times 10^5 \frac{1}{14.99\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - 30.154)^2}{449.524}\right) \quad (4)$$

式中, $N_0 = 2.7681 \times 10^5$; $\sigma = 14.99$; $u_0 = 30.154$ 。通过对拟合曲线和原图像直方图中的数据进行 KL 散度计算, 本文利用高斯拟合获得的曲线与原始局部直方图数据的散度为 0.0143, 说明拟合的近似程度很高。

3 利用高斯结果进行阈值分割

通过计算得到拟合高斯函数的期望值和方差值后, 可以根据高斯函数的参数获得图像的背景灰度值。首先在原图中减去图像背景值, 再通过设定一个阈值来对图像进行分割, 从而凸显出目标星点, 为下一步进行星点质心提取提供充足条件。同时也可有效减少一些小星点数量, 节约计算时间。图 5 所示为通过计算得到的原图的直方图。

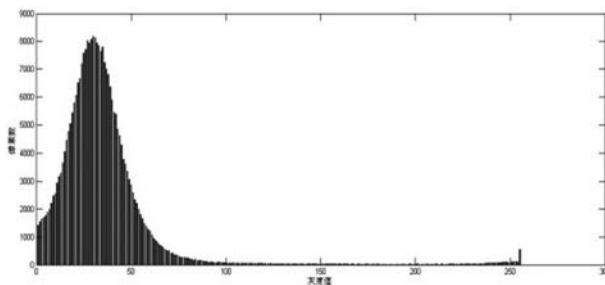


图 5 原图的直方图

通过分析原图的直方图可以发现, 原图具有很多恒星目标点。如何减少小目标点的数量, 提高下一步恒星质心检测的速度并减少计算量是几个关键问题。这里阈值选择为

$$Thr = u + c\sigma \quad (5)$$

式中, c 为常数。 c 越大, 检测到的目标数量就越少, 需要根据不同的图像特征进行选取。由于本文所用图像的背景主要集中在低灰度区域, 为了减小计算量, 恒星点数量 c 的取值需要很大。但是 c 的取值过大很容易错过一些有效星点。为了减小这种可能性, 一般阈值取 $c = 3$ 。这种情况能够很大限度地检测到目标信息, 以免错失灰度值较低但邻域较大的目标点。基于这方面的考虑以及算法对星图处理的通用性, 我们用其他方法来消除小目标恒星点。

选取式 (5) 的阈值即可很好地消除图像背景, 分割目标点与背景, 为进一步的质心提取作好铺垫。

在 c 取 1 到 4 的几种情况下, 用 Matlab2008a 对图像进行分割效果仿真实验。图 6 所示为实验结果。下面从图 6 中选择图像面积最大的 10 个目标点。通过 8 邻域连通计算各个目标邻域的像

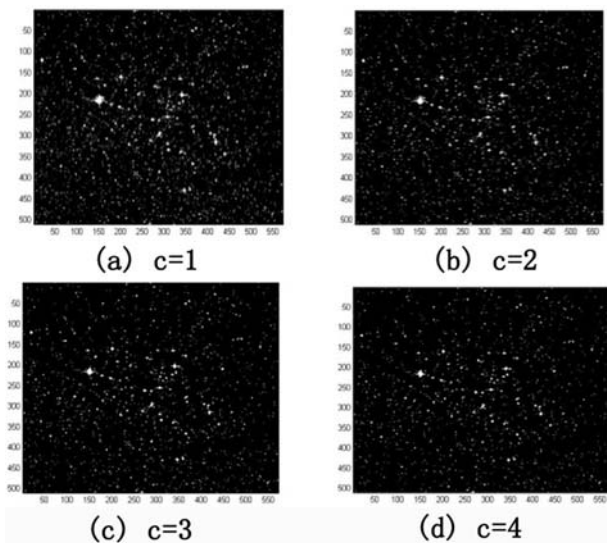
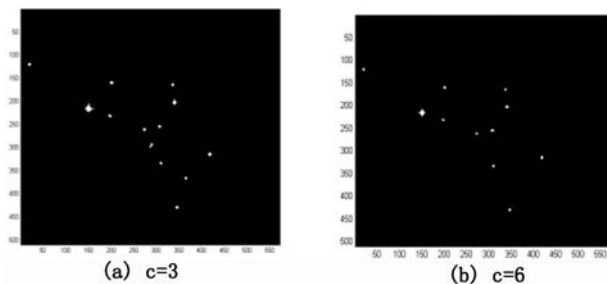
图6 不同 c 值时分割得到的图像

图7 星图目标邻域面积前十的目标检测图像

素数, 选择 10 个最大的目标点。图 7 所示为处理后得到的图像。

通过滤波后再分割的步骤使第三步的面积计算和目标星点选择的计算量大为减小, 并且提高了运算速度。

(上接第 41 页)

糊层次分析的数学方法得到了导弹在烟幕干扰下的毁伤概率。该方法考虑了数字仿真和靶场试验之间的相互影响因子, 计算出的毁伤概率更能反映实际的毁伤效果, 为红外成像制导导弹武器系统的作战效能评估提供了参考。

参考文献

- [1] 方有陪, 钱建平, 对红外成像制导导弹的干扰技术研究 [J]. *红外与激光工程*, 2000, **29**(3): 7-10.
- [2] 张中南, 王富宾, 李晓. 发展中的红外成像制导技术 [J]. *飞航导弹*, 2006(1): 40-42.

4 结束语

本文采用局部直方图高斯拟合方法得到了星图的分割阈值, 然后利用求得的阈值对星图进行了分割并获得了分割后的图像。为了加快图像后续处理的速度, 我们对分割后的图像进行了改进, 减少了目标数量, 方便了后续的星图匹配数据表格建立和识别工作。这样不仅减少了许多不必要的计算, 而且还增强了导航的实时性。

参考文献

- [1] 卫星导航系统 [EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/9010834>, 2010.
- [2] 张春华, 周晓东, 陈维真. 基于局部直方图高斯拟合的星图背景性质研究 [J]. *红外技术*, 2008, **30**(4): 230-233.
- [3] Kullback S, Leibler R A. On the Information and Sufficiency [J]. *Ann Math Statistics*, 1951, **22**: 79-86.
- [4] 陈颖. 序列图像中微弱点状运动目标检测及跟踪技术研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2003.
- [5] 周卫祥, 孙德宝. 红外图像序列运动小目标检测的预处理算法研究 [J]. *国防科技大学学报*, 1999, **21**(5): 57-60.
- [6] 任俊杰. 快速星像匹配算法的比较 [D]. 广州: 暨南大学, 2010.
- [7] 续敏, 王建立, 王建军, 等. CCD 在卫星星等测量中的应用 [J]. *光电技术应用*, 2008, **29**(3): 447-450.
- [8] Javier P, Vasily S. Image Denoising Using Scale Mixtures Gaussians in The wavelet Domain [J]. *IEEE Transaction on Image Processing*, 2003, **12**(11): 1338-1351.
- [3] 姚禄玖等. *烟幕测试理论与技术* [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [4] 李言俊, 张科. *视觉仿生成像制导技术及应用* [M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [5] 韩洁, 张建奇, 何国经. 红外烟幕干扰效果评价方法 [J]. *红外与激光工程*, 2004, **33**(1): 1-4.
- [6] 王学伟, 熊璋, 沈同圣, 周晓东. 红外成像制导导弹虚拟战场仿真 [J]. *系统仿真学报*, 2002, **14**(7): 922-924, 931.
- [7] 刘永昌, 朱虹. 红外成像制导对抗技术分析 [J]. *红外技术*, 2000, **22**(1): 13-15.
- [8] 熊晓伟. 光电干扰定量评价的研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 1996.