

·信号与信息处理·

基于最大中值滤波和K-means聚类红外弱小目标检测

岳付昌

(海军航空大学, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 由于背景边缘及强噪声的存在, 红外弱小目标容易被覆盖, 弱小目标的检测一直是红外图像处理的难点。在分析红外图像模型的基础上, 引入最大中值滤波, 在不影响边缘锐度的条件下, 较好地抑制孤立噪声点, 有效提高信噪比, 然后采用基于方差的K均值聚类算法最终检测出弱小目标。实验结果表明, 与传统滤波算法及形态学算法相比, 该算法计算简单, 能有效检测出弱小目标。

关键词: 弱小目标; 虚警率; 最大中值滤波; 信噪比

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2018)-05-0041-03

Infrared Dim and Small Target Detection Based on Max-median Filter and K-means Clustering Algorithm

YUE Fu-chang

(Naval Aviation University, Huludao 125001, China)

Abstract: The dim and small infrared targets are easily covered for the background edge and strong noise, and the dim and small target detection is always the difficulties of infrared image processing. Based on analyzing the infrared image model, max-median filter algorithm is introduced to inhibit isolated noise point and improve signal to noise rate (SNR) under the condition of no influence on edge sharpness. And the dim and small target is detected at last using variance K-means clustering algorithm. Experimental results show that comparing with traditional filtering and morphologic algorithms, the algorithm has simple calculation, which can effectively get the dim and small target.

Key words: dim and small target; false alarm rate; max-median filter; signal to noise rate (SNR)

红外弱小目标检测一直是红外图像处理的难点, 由于多种因素的影响, 红外图像存在信噪比低^[1], 对比度差的问题^[4], 目标检测的目的是从众多杂波中将目标信号提取出来, 多帧叠加方法^[5]对于信噪比的提升不是特别明显。红外图像的背景是大面积的缓变区域, 在视场中所占比例较大, 而目标较小, 通常只是一个亮点或亮斑^[6], 总像素数不大于30个^[7-8], 形状和面积信息均不明显, 背景的复杂性给小目标的检测带来一定的难度。随着红外隐身

技术的应用, 红外弱小目标的检测技术显得更为重要。

红外弱小目标检测的关键是突出背景和目标的对比度, 完成目标信息的提取, 常用的背景抑制技术有小波域滤波, 形态学滤波^[9], 时域滤波和空域滤波^[10]等。然而以上方法各有其局限性。在分析红外弱小目标图像特点的基础上, 引入最大中值滤波, 即改进中值滤波算法进而抑制孤立噪声点, 然后采用基于方差的K均值聚类算法, 对红外图像中

收稿日期: 2018-09-01

作者简介: 岳付昌(1985-), 男, 安徽阜阳人, 硕士, 主要研究方向为仿真技术和模拟训练。

弱小目标进行检测。

1 最大中值滤波

1.1 红外图像模型分析

通常,一幅红外图像可表示如下

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

其中, (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。分析可知, 红外图像具有以下特点:

(1) 红外图像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, 虽然其灰度值在整幅红外图像中未必是最大值, 但往往在局部区域中为极大值。

(2) 在红外图像中, 目标往往是相对灰度孤立的点, 和背景相关性不强, 在局部区域中与相邻的像素点灰度存在差异。

(3) 由于云层边缘及噪声点较强, 弱小目标容易被一些强的噪声所覆盖, 使得目标检测极为困难。

1.2 最大中值预处理

红外背景图像预处理技术主要包括空域和频域滤波, 目的是消除噪声和背景信号对后续目标探测与跟踪的影响。与其他空间滤波器相比, 中值滤波器能在衰减噪声的同时不使边缘模糊, 但中值滤波慢于一般的卷积运算, 因为需对模板中所有像素灰度进行排序。文中采用改进的最大中值滤波预处理技术: 选择模板尺寸为奇数, 分别求取行、列、以及对角线方向的灰度中值, 以这4个中值的最大值为模板的计算结果。该滤波模板在保证不影响边缘锐度的条件下减少了中值计算中需排序的像素数。用原始图像减去最大中值滤波结果, 较好抑制了所得的残差图中平滑背景, 有效提高了信杂比。令 x 为输入图像, $y(m,n)$ 为经大小为 $2N+1$ 的最大中值滤波模板获得的输出图像, 则定义如下

$$y(m,n) = \max[z_1, z_2, z_3, z_4] \quad (2)$$

式中, $z_1 \sim z_4$ 分别为算得的行、列、以及对角线方向的灰度中值, 且

$$z_1 = \text{median}(x(m,n-N), \dots, x(m,n), \dots, x(m,n+N))$$

$$z_2 = \text{median}(x(m-N,n), \dots, x(m,n), \dots, x(m+N,n))$$

$$z_3 = \text{median}(x(m-N,n-N), \dots, x(m,n), \dots, x(m+N,n+N))$$

$$z_4 = \text{median}(x(m+N,n-N), \dots, x(m,n), \dots, x(m-N,n+N))$$

相对于传统中值滤波, 最大中值滤波在保证不影响边缘锐度的条件下减少了中值计算中需排序的像素数, 在选择最佳的滤波模板的条件下, 采用背景相消的方法, 可较好地提高信杂比, 有利于进一步进行目标提取。

2 K均值聚类

红外图像经过预处理, 信噪比得到增强。用方差模板与源图像进行卷积运算。进而计算得到模板中心像素所在位置的方差值。计算如下式所示为

$$v(i_1, j_1) = \sum_{i=i_1-M}^{i_1+M} \sum_{j=j_1-N}^{j_1+N} (g(i,j) - g(i_1, j_1))^2 \quad (3)$$

式中, $v(i_1, j_1)$ 代表模板中心点的方差值; $g(i,j)$ 代表模板内像素点的灰度值; $g(i_1, j_1)$ 代表模板中心点的灰度值; M 、 N 为模板大小, 模板过大则增大了计算量, 模板过小则不利于目标提取。模板遍历整幅红外图像即可得到方差图。方差图中, 方差值较大的像素点所在的位置通常认为是红外目标的边缘。相应地, 目标内部和背景由于灰度值的差异较小, 其方差值趋向于0, 为提高聚类效率, 选取合适的阈值 Th , 令小于阈值的方差值为0, 则有

$$v(i_1, j_1) = \begin{cases} v(i_1, j_1) & v(i_1, j_1) > Th \\ 0 & v(i_1, j_1) < Th \end{cases} \quad (4)$$

K均值聚类算法的中心思想是使得具有同类属性的像素点能够实现聚集在一起, 为了使各类具有一定的区分度, 通常寻找散布较大的点作为初始中心点。为方便进行红外目标分割, 对处于阈值和最大方差值间的数值进行均分, 有下式

$$u(l) = \frac{\max - Th}{k} \times l + Th \quad (l = 1, 2, \dots, k) \quad (5)$$

式中, 将方差图像分成 k 类, $u(l)$ 是第 l 类的中心值; \max 是最大方差值。

具体计算步骤如下:

(1) 根据式(5)选取 K 个初始类方差均值, $u_1^{(0)}$, $u_2^{(0)}$, \dots , $u_k^{(0)}$ 。

(2) 在第 i 次迭代时, 根据式 $\|v(x) - u_j^{(i)}\| < \|v(x) - u_j^{(i-1)}\|$

($j \neq l$), 将每个方差值赋予离它最近的方差均值类。

(3) 对 $j=1, 2, \dots, K$, 更新类方差均值 $u_j^{(i+1)} = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in Q_j^{(i)}} v(x)$, 其中 N_j 是 $Q_j^{(i)}$ 中的像素点个数。

(4) 如果对所有的 $j=1, 2, \dots, K$, 有 $u_j^{(i+1)} = u_j^{(i)}$, 则算法结束; 否则重新从步骤(2)进行下一次迭代。

3 实验结果及分析

依据上述方法, 对仿真生成天空背景下的红外弱小目标图像进行处理, 同时与采用形态学算法及一维最大熵算法处理结果进行对比, 结果如图1所示。

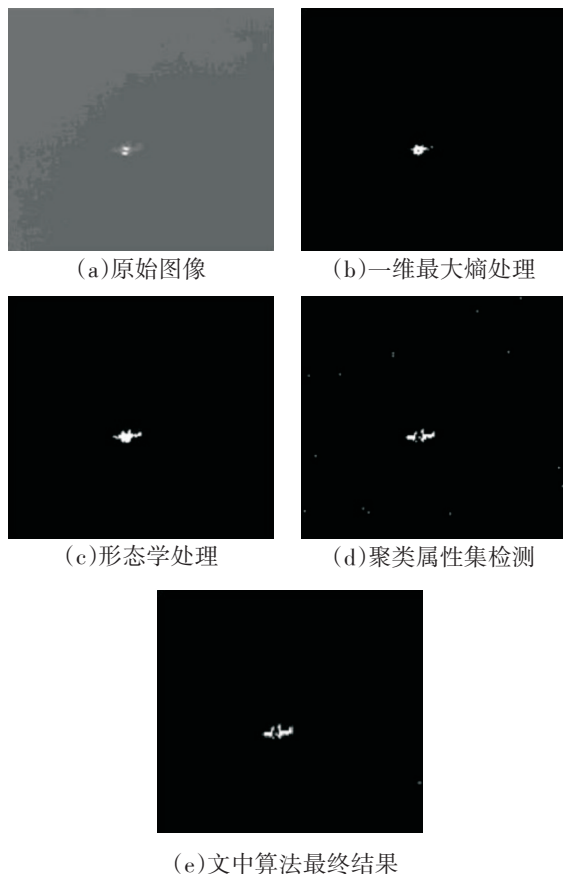


图1 小目标检测

其中, 图1a为仿真生成图像; 图1b为一维最大熵检测结果; 图1c为形态学算法处理结果; 图1d为聚类属性直方图处理结果; 图1e为文中算法最终结果。从不同算法的处理结果可以看出, 传统的聚类属性直方图算法, 由于缺少文中算法中第一步提高信杂比的过程, 容易将过多的背景噪声及高亮度点

作为目标提取出来, 处理效果不甚理想; 一维最大熵算法由于没有充分运用图像像素空间相关性信息, 考虑图像像素信息相对较少, 导致检测目标不完整, 目标像素部分丢失; 形态学由于其自身算法的缺陷, 没有通用于全局的自适应结构元, 处理时必定带来检测目标形状轮廓的失真; 文中算法在较好地抑制背景噪声的同时, 提高图像信杂比, 有效地将目标提取出来。

4 结论

研究分析了红外弱小目标图像模型特点, 利用最大中值滤波预处理, 在保证不影响边缘锐度的条件下, 较好消除孤立噪声点, 有效提高信噪比, 结合聚类思想, 采用基于方差的K均值聚类算法, 对于低信噪比红外图像的目标提取具有较好的效果, 采用的滤波模板可多次试验进行最佳模板选择, 在聚类过程中, 使用基于图像自身特征的方差作为迭代门限判据, 因此该方法能较好地适用于红外图像的小目标提取。

参考文献

- [1] 文云. 红外目标检测识别算法及实现[D]. 太原: 中北大学, 2013.
- [2] 王铎. 红外成像制导运动模糊图像恢复技术研究[J]. 光电技术应用, 2016, 31(4): 15-18.
- [3] 陈凯, 孙德新, 刘银年. 长波红外系统三维噪声模型及其分析[J]. 红外技术, 2015(8): 676-680.
- [4] 张肃, 徐春云, 王文生. 基于多小波增强的雾天运动目标跟踪技术[J]. 红外与激光工程, 2014, 43(2): 625-630.
- [5] 高自谦, 王海涌, 高洪民, 等. 实现弱星提取及质心定位的帧间窗口移位灰度叠加法[J]. 红外与激光工程, 2017, 46(2): 0226001-1-0226001-7.
- [6] 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): 1011001-1011006.
- [7] 杨会玲, 吴玉宏, 孙慧婷, 等. 基于杂波抑制的海平线红外弱小目标检测[J]. 液晶与显示, 2017, 32(4): 316-324.
- [8] 周姣, 辛云宏. 基于显著性与尺度空间的红外弱小目标检测[J]. 激光与红外, 2015, 45(4): 452-457.
- [9] 黄小鹏, 蓝映娟. 基于K-means聚类红外目标检测[J]. 光电技术应用, 2015, 30(3): 29-33.
- [10] 蒲静松, 许东, 刘乙君, 等. 星空背景下红外弱小目标的快速检测[J]. 激光与红外, 2017, 47(4): 513-516.