

· 红外技术 ·

基于形态学和邻域差值的红外小目标检测算法

王 铎

(92941部队, 辽宁 葫芦岛 125001)

摘要: 红外小目标检测一直是图像处理研究的热点和难点, 由于受到多种因素的影响, 红外小目标图像存在信噪比低、对比度差的问题, 目标容易被背景所覆盖。研究天空背景红外图像特征, 针对图像场景各部分的特点, 采用形态学算法对原始图像进行预处理, 剔除噪声的影响, 然后利用图像像素间的相关性, 即若同为目标像元, 则在水平和垂直方向上, 灰度变化一般较为平缓, 据此利用对角线邻域像素差值信息, 对噪声抑制后的图像进行红外小目标检测。仿真实验结果表明, 该算法计算简单方便, 能够较为有效地提取出目标。

关键词: 形态学; 邻域差值; 小目标; 信噪比

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2016)-02-0019-03

Infrared Small Target Detection Based on Morphological and Neighbor Information

WANG Duo

(92941 army Unit, Huludao 125001, China)

Abstract: Infrared small target detection has been the hot and difficult research of image processing, influenced by many factors, infrared small target images have the problems of low signal to noise ratio (SNR), poor-contrast and easy to be covered by background. Infrared image characteristics in sky background are researched. According to the characteristics of image scene, morphological algorithm is used to preprocess the original image and suppress noise influence. And then, using the correlation between pixels, if the same target cell, gray variance is generally gentler in horizontal and vertical directions, and the diagonal neighboring pixel difference information is used to perform infrared small target detection to noise suppressed images. Simulation results show that the algorithm is simple and convenient and can effectively extract targets.

Key words: morphological; neighbor information; small target; signal to noise ratio (SNR)

红外目标检测是从红外图像中检测并提取出目标的过程^[1]。但是由于多种因素的影响^[2], 所成图像通常信噪比低、对比度差, 小目标形状和面积信息均不明显^[3], 在天空云层背景和海面亮带背景下, 极易被背景所覆盖, 隐身技术的发展和应用更是为红外弱小目标检测带来一定的挑战。

红外图像处理包括多种算法, 根据选择的处理信息不同, 主要包括频域法^[4]、空域法^[5]、聚类算

法、形态学算法^[6]、神经网络法等。频域法是从频率域对图像进行处理, 概念较为抽象, 常用的方法有小波变换^[7]、滤波法、剪切波法^[8]等, 由于孤立的高频噪声的影响, 这类算法在提取目标的过程中, 容易出现多个虚假目标点; 空间阈算法通常算法较为简单, 直接依据空间各像素信息, 常见的有梯度处理^[9]、灰度均值处理等, 在处理图像时, 容易形成过分割或者错误地将目标部分归为背景, 通常需要组合不同的算

法;作为新兴的图像处理算法,形态学和神经网络法^[10]因其独特的优势越来越受到人们的欢迎,使用范围也越来越广,但算法在处理问题时有一定的局限性。通过研究天空背景红外图像特征,采用形态学算法对原始图像进行预处理,剔除噪声的影响,然后根据图像像素在水平和垂直方向上灰度变化较为平缓的特性,利用对角线邻域像素差值信息,对噪声抑制后的图像进行红外小目标检测。

1 天空背景红外图像特征分析

红外成像是对视场场景的红外辐射能量大小和分布的描述,含有弱小目标的单帧红外图像可描述为

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

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、背景和噪声在 (x,y) 处的灰度值。分析红外图像的特点可知:

(1) 红外目标:目标是图像中的突变,在图像中占据较少的像素,虽然在整幅红外图像中其灰度值未必是最大值,但是从局部来看,要大于周围背景区域,存在着一定的对比度差异。

(2) 噪声:是目标检测的直接影响因素,包括背景噪声和系统噪声,其中系统噪声主要是由传感器和器件内部电路产生的噪声总和,可以使用一定的方法进行减小或者消除,而背景噪声属于瞬时噪声,存在不确定性,但在时间上可认为是服从高斯分布的白噪声。噪声的存在极大地影响了红外图像中小目标的检测。

(3) 天空背景:天空背景是构成红外图像的主要部分,通常表现为大面积的缓慢变化区域,占据红外图像的低频部分,一般灰度起伏变化不大。

2 红外小目标检测算法

2.1 形态学滤波抑制背景噪声

形态学的基本思想是:用一定的结构元素去度量 and 提取图像中的对应形状,去除不相干的结构,以达到图像分析和识别的目的。形态学算法是一种空域滤波法,滤波效果与传感器漂移抖动给图像序列带来的影响几乎无关。形态学采用开操作消除与结构元相比,尺寸较小的亮噪声,用闭操作消

除与结构元相比,尺寸较小的暗噪声,并保持图像整体灰度和大的亮、按区域基本不受影响。具体做法是:

用结构元 $b(s,t)$ 对输入图像 $f(x,y)$ 进行灰度膨胀和腐蚀,分别记为下式

$$(f \oplus b)(x,y) = \max\{f(x-s,y-t) + b(s,t) \mid (x-s,y-t) \in D_f, (s,t) \in D_b\} \quad (2)$$

$$(f \ominus b)(x,y) = \min\{f(x+s,y+t) - b(s,t) \mid (x+s,y+t) \in D_f, (s,t) \in D_b\} \quad (3)$$

式中, D_f 和 D_b 分别为 $f(x,y)$ 和结构元 $b(s,t)$ 的定义域。用结构元 $b(s,t)$ 对输入图像 $f(x,y)$ 进行灰度开启和闭合运算,分别记为

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b \quad (4)$$

$$f \cdot b = (f \oplus b) \ominus b \quad (5)$$

由于红外弱小目标在图像上表现为灰度的奇异点,选取大小合适的结构元,采用高帽和底帽变换,可实现大部分的图像背景噪声抑制。高帽 T_{hat} 和底帽 B_{hat} 变换如下

$$T_{\text{hat}} = f - (f \circ b) \quad (6)$$

$$B_{\text{hat}} = (f \cdot b) - f \quad (7)$$

2.2 邻域信息目标检测

红外图像反映的是场景内各部分的红外辐射大小和分布,从空间上看,构成目标的像素点在水平或者垂直方向上是一个灰度渐变的过程,但是在对角线方向上,目标的边缘部分灰度变化更为明显,且目标在局部区域灰度值要大于背景区域,是像素灰度的突变。据此,针对采用形态学进行噪声抑制的红外图像,采用如图1所示的 3×3 模板遍历图像,依据式(8)、式(9)进行目标像素检测。

$f(1)$		$f(2)$
	$f(x,y)$	
$f(3)$		$f(4)$

图1 3×3 模板

$$f(x,y)^3 \geq \bar{f} \quad (8)$$

$$\left| f(x,y) - \frac{f(1)+f(2)+f(3)+f(4)}{4} \right| < \varepsilon \cdot f(x,y) \quad (9)$$

式中, ε 为调整系数; \bar{f} 为模板所有像素点的灰度均值。

式(8)保证了当前像素点是局部区域的突变, 即检测可能属于目标的像素点, 而式(9)利用构成目标的像素点在对角线方向上的灰度变化特性, 对目标像素点与背景像素进行区分, 进而检测小目标, 其中 ε 的大小直接作用于检测结果。

3 仿真实验与结果分析

依据文中算法, 对仿真生成含高斯白噪声的天空背景下的红外小目标图像进行处理, 同时采用阈值分割法和 K-means 聚类算法进行处理, 结果如图 2 所示。其中, 图 2a 为原始红外图像; 图 2b 为形态学去噪结果; 图 2c 为文中算法最终结果; 图 2d 为阈值分割检测结果; 图 2e 为 K-means 聚类算法处理结果。不同算法采用的参数见表 1。

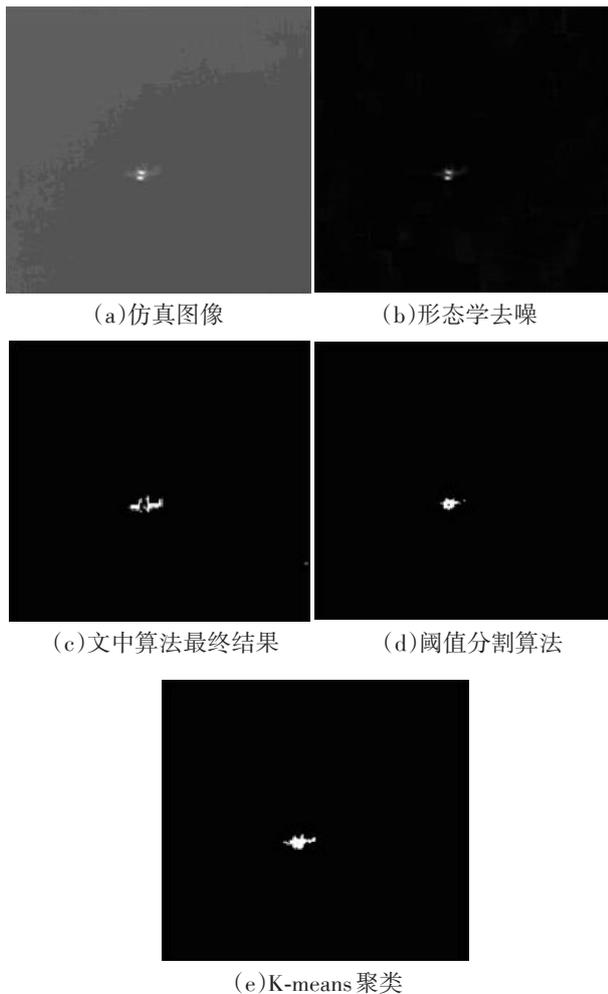


图 2 小目标检测

表 1 不同检测算法参数表

算法	参数
文中算法	$\varepsilon=0.313$
阈值分割	$Th=156$
K-means 聚类	$G=25$

在检测过程中, 文中构造的属性集中, ε 值的大小对检测结果产生一定的影响, 若其值较大, 则容易将背景部分错误的划为目标点, 相反, 其值过小, 则满足检测条件的像素点过少, 容易将目标点划为背景部分; 阈值分割算法由于简单地对整个图像采用统一的阈值进行分割, 其值过大导致将部分目标点化为背景区域, 未能完整检测出目标; K-means 聚类算法采用图像梯度作为聚类依据, 为了形成完整闭合的轮廓导致某些像素点的错误聚类。

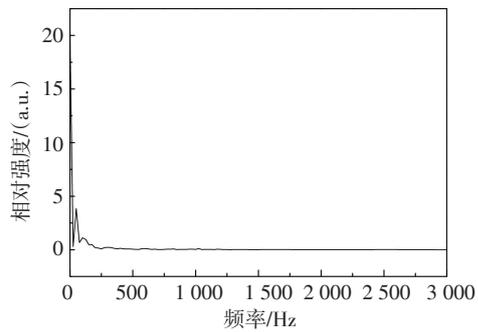
4 结论

受到多种因素的影响, 红外小目标图像存在信噪比低、对比度差的问题, 目标容易被背景所覆盖。研究天空背景红外图像特征, 针对图像场景各部分的特点, 采用形态学算法对原始图像进行预处理, 剔除噪声的影响, 然后利用图像像素间的相关性, 即若同为目标像元, 则在水平和垂直方向上, 灰度变化一般较为平缓, 据此利用对角线邻域像素差值信息, 对噪声抑制后的图像进行红外小目标检测。对仿真生成的图像进行小目标检测, 并与传统算法相比, 该算法能够较为有效地检测出小目标。

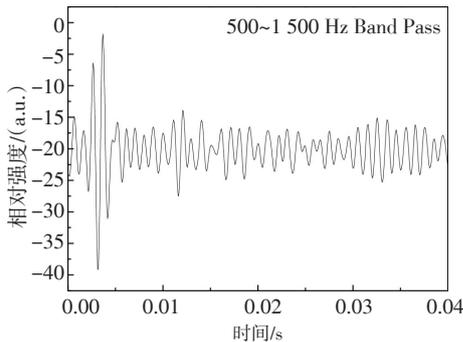
参考文献

- [1] 王莹莹, 何苹, 魏彤, 等. 二维信息熵的红外图像分割算法[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2015, 16(1): 77-80.
- [2] 王玲玲, 辛云宏. 基于形态学与遗传粒子滤波器的红外小目标检测与跟踪算法[J]. 光子学报, 2013, 42(7): 849-856.
- [3] 陈勇, 严高师, 余锋. 基于环带结构的形态学红外目标检测方法[J]. 光电技术应用, 2013, 28(4): 45-48.
- [4] 孙红光, 张瑾, 潘毓学, 等. 云层背景下粒子滤波目标跟踪方法研究[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2010, 42(1): 41-46.
- [5] 罗有敢, 杨德贵, 庄钊文. 时空域滤波方法在红外弱小

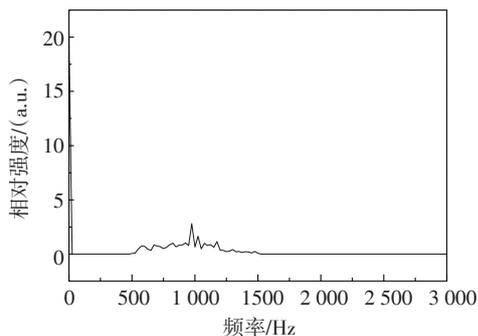
(下转第 30 页)



(d) 频谱分析



(e) 带通滤波处理后获取的水下振动的波形



(f) 对应的频谱分析

图4 振动特征微弱时,采用带通滤波处理,增强振动特征

带通滤波的结果如图4e和图4f所示。图4e给出滤波后实验数据,振动间距均匀,符合特定频率的振动特征。频谱分析如图4f显示,在1000 Hz处特征明显。因此过滤掉低频的水表面自然波动信号和高频噪声信号,可有效地增强目标的特征,有利于特征信号的提取。

4 结论

利用激光相干探测研究水下声场的振动特征,通过对实验数据的频谱分析和滤波,可有效地增强目标的特征,从而实现特征信号的提取和分析。

参考文献

- [1] 曹增辉,郑田甜,孙腾飞,等.激光探测水下声信号的实验研究[J]. 光电技术应用,2014,29(2):17-21.
- [2] Anthony D Matthews, Lisa L Arrieta. Acoustic optic hybrid (AOH) sensor[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2000, 108:3.
- [3] 宫彦军,江荣熙,李晓伟,等.利用激光从散射光中提取水下声信号的探测技术[J]. 烟台大学学报:自然科学与工程版,2003,16(1):38-42.
- [4] 孙金祚,江荣熙,戴振宏,等.激光-声-激光探测水下目标的理论和方法研究之一-高能量宽频带光-声声纳源的光声转换效率研究[J]. 目标与环境特性研究,1998(4):34-42.
- [5] 戴振宏,孙金祚,隋鹏飞.水表面横向微波-一维模型的理论研究[J]. 烟台大学学报:自然科学与工程版,2003,16(1):23-28.
- [6] 张晓琳,唐文彦,段海鹏.激光干涉法探测水下声信号[J]. 大连海事大学学报,2009,35(1):53-56.
- [7] 段海鹏,唐文彦,刘丽华,等.中低频水下声信号的激光干涉法探测[J]. 光电子·激光,2009,20(9):1189-1192.

(上接第21页)

- 目标检测系统中的应用[J]. 红外与激光工程 2010, 39(3):571-575.
- [6] 康令州,陈福深,王德胜,等.基于形态学算法的红外图像小目标检测方法研究[J]. 光电工程,2010,37(11):26-31.
 - [7] 于国桥,刘天华.基于小波变换的红外图像去噪[J]. 红外,2007,28(2):25-27.
 - [8] 邹瑞滨,史彩成,毛二可.基于剪切波变换的复杂海面红外目标检测算法[J]. 仪器仪表学报,2011,32(5):1103-1108.
 - [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):103-107.
 - [10] 蔡荣太,吴庆祥.基于脉冲神经网络的红外目标提取[J]. 计算机应用,2010,30(12):3327-3330.