

小波变换在缺陷红外图像去噪中的应用

薛莉, 朱永凯, 王海涛

(南京航空航天大学 自动化学院, 南京 210016)

摘要: 红外图像存在成像模糊、噪声较大等缺点。为了获得良好的检测、识别效果, 红外图像的去噪成了很重要的一项工作。简单介绍小波变换的基本原理, 并将其分别与中值滤波和主成分分析方法相结合, 对缺陷的红外图像进行处理。该去噪方法无需建立在对噪声方差的精确估计上。试验表明, 该算法优于传统的滤波去噪法, 能同时有效地抑制高斯噪声和椒盐噪声, 有利于对缺陷作进一步的分析和判断。

关键词: 红外检测; 红外图像; 小波变换; 中值滤波; 主成分分析; 去噪; 信号处理

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2008)10-0754-03

Application of Wavelet Transformation in Denoising for the Infrared Image of Defects

XUE Li, ZHU Yong-Kai, WANG Hai-Tao

(College of Automation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: The infrared image has disadvantages, such as the blurred image and the strong noise. In order to get better effects of detection and recognition, image denoising is an important work. The basic principle of wavelet transformation was presented, and it was used to process the infrared image of defects, which was connected with the median filtering and the principle component analysis. The new method did not rely on accurate estimation of noise variance. The experimental results showed that the processing effects were better than traditional methods, and it could effectively reduce the Gaussian and impulse noise at the same time. Presented method could therefore be used for the further analysis and processing of the defects.

Keywords: Infrared testing; Infrared image; Wavelet transformation; Median filtering; Principle component analysis; Image denoising

图像信号的产生、传输和记录经常受到各种噪声的干扰。在红外图像产生的过程中, 由于成像系统由许多单元构成, 每个单元都会引入噪声, 干扰尤其明显。所以红外图像存在成像比较模糊、噪声较大等缺点。为了获得良好的检测、识别效果, 红外图像的去噪是一项很重要的工作。

近年来, 小波理论得到了非常迅速的发展^[1-3], 由于小波变换具有低熵性、多分辨率、去相关性和选基灵活的特点, 从而对不同应用场合、不同的研究对

象选用不同的小波母函数, 以获得最佳的效果。因此, 运用小波变换能有效地达到对红外图像降噪的目的^[4]。笔者采用基于小波变换和中值滤波、主成分分析结合的去噪方法, 并将此方法与普通小波去噪进行对比, 从而验证该方法的有效性。

1 红外图像噪声分析

红外成像系统探测器由许多小的像元组成。每个像元由于受材料制造及工艺所限, 造成不同像元之间参数的不同, 从而引起其 SITF 函数的差异; 其次, 每个像元产生的信号需被注入到读出电路实现输出, 致使探测像元、读出电路之间的信号耦合以及读出电路的电荷传输效率存在差异; 再次, 外界的输入不稳定, 造成即使所有的像元以及电路响应一致,

收稿日期: 2008-08-25

基金项目: 南京航空航天大学科研创新基金资助(Y0803-033); 南京航空航天大学引进人才科研基金(S0633-033)

作者简介: 薛莉(1984—), 女, 硕士研究生, 主要从事图像处理方面工作。

也仍然存在噪声。

总的来说,红外图像的空间噪声主要为背景噪声、放大器噪声和探测器噪声,同时还有均匀性校正残留噪声和 A/D 转换噪声等^[5]。

2 小波变换的基本原理

噪声常常表现为图像上孤立像素的灰度突变,具有高频特性和空间不相关性,小波变换为图像去噪提供了很好的图像表示形式,图像经小波分解后可以得到低频部分 A_c 和高频部分 H_c, V_c, D_c ,低频部分体现了图像的轮廓,高频部分表示为图像的细节以及混入的噪声,因此,对图像进行去噪,需要在小波域内对高频部分进行处理。将处理后形成的新的系数重构图像,最终实现图像的去噪。

目前,使用较多的小波去噪法是小波阈值法,主要有“硬阈值”法和“软阈值”法。两种方法虽然在图像中得到了广泛的应用,并取得了较好的效果,但是它们还是存在着一定的缺陷。如硬阈值方法虽然可以较好地保留图像边缘等局部细节特征,但图像可能会出现振铃、伪吉布斯效应等视觉上严重的失真;软阈值方法的处理结果相对平滑,但是往往会使图像边缘模糊,造成图像细节的丢失^[6,7]。

同时,上述阈值去噪方法是建立在对图像噪声方差精确估计的基础上的。而事实上噪声方差的确切估计非常困难,从而使得这些去噪方法在实际使用效果与理论去噪效果相差较多。

笔者介绍基于小波变换的不同特性,结合中值滤波、主成分分析法的特点,在小波域内对高频子带进行处理。其优点是阈值的计算无需建立在对噪声方差的精确估计上。

2.1 小波和中值滤波的结合

采用在小波域内对高频子带进行中值滤波,然后进行系数增强,不仅能同时滤除脉冲和高斯噪声,而且能较好地保留边缘细节。其实现步骤为:

(1) 在空域内对含噪图像进行中值滤波预处理,较大程度地去除脉冲噪声。

(2) 用 db3 小波分解图像,噪声衰减达 90%。

(3) 对低频子带用窗口为 3 像素×3 像素邻域进行平均处理,较好地保留图像的轮廓。

(4) 在小波域内,对高频子带各尺度上三个不同方向的高频子带,利用窗口为 3 像素×3 像素的中值滤波器进行处理,从而形成新的高频系数,并对高频系数进行系数增强。

(5) 对各层经处理过的小波系数进行小波逆变

换,得到去噪后的图像。

2.2 小波和主成分分析法的结合

对小波高频系数进行主成分分析,根据贡献率选择主分量,并判断是否为由噪声引起的能量。将原小波系数的能量减去噪声的能量,即可达到去噪的目的。实现步骤为:

(1) 在空域内对含噪图像进行中值滤波预处理,以较大程度地去除脉冲噪声。

(2) 选取三层小波分解的层数进行小波分解。

(3) 对高频子带各尺度上三个不同方向的高频子带作 10 像素×10 像素的分块处理,利用主成分分析法,按照贡献率,计算出各块的主分量,再重构。

(4) 将重构后的分块的小波系数的平均能量作为局部噪声能量的估计,将原来的小波系数的能量减去噪声能量(将噪声的平均能量作为阈值),即可得去噪后的小波系数。

(5) 对各层经处理过的小波系数进行小波逆变换,得到去噪后的图像。

3 试验结果和讨论

3.1 测试信号试验

试验采用典型的测试信号 bumps。在横轴 50 和 60 处加入幅值为 5 的脉冲噪声,同时加入信噪比为 5 的高斯白噪声,所得原始噪声信号及处理信号(未对高频进行系数增强)结果如图 1 所示。

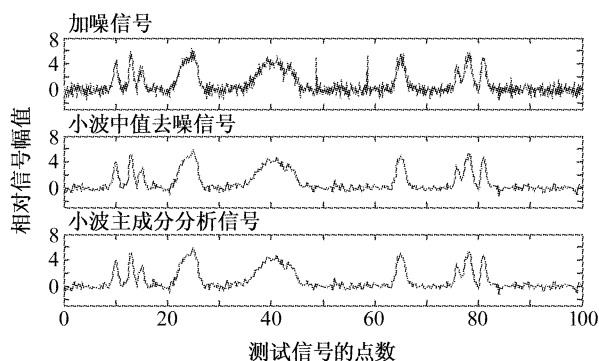


图 1 测试信号试验

图 1 可见,采用小波中值去噪方法明显地去除了横轴 50 和 60 处的脉冲噪声,高斯噪声在很大程度上得到了抑制,处理后的信号波形与原始 bump 信号波形接近,且较含噪信号平滑很多。采用小波域高频结合主成分分析的去噪方法是可行的。

以上试验中,由于含噪信号中的噪声方差已知,所以如果采用普通的小波阈值法就可得到较好的处

理结果。但是在具体工程中进行图像处理的时候,很难对噪声方差作精确估计,去噪效果会降低。

3.2 红外图像去噪

试验系统如图 2 所示。使用 FLIR S65 型热像仪,在环境温度为 25℃ 时,对含有缺陷的试块进行红外视频成像。该试块为厚 4.3 mm 的聚合物材料,试块表面有 6 个圆形缺陷,上排缺陷深度为 3.5 mm,直径为 16 mm,下排缺陷深度为 3.1 mm,直径为 10 mm,各缺陷间中心距离为 50 mm。红外图像的选取及信号处理结果见图 3。

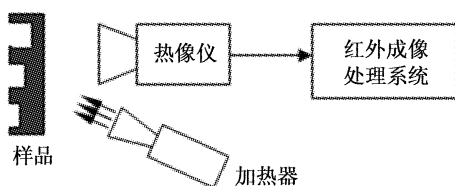
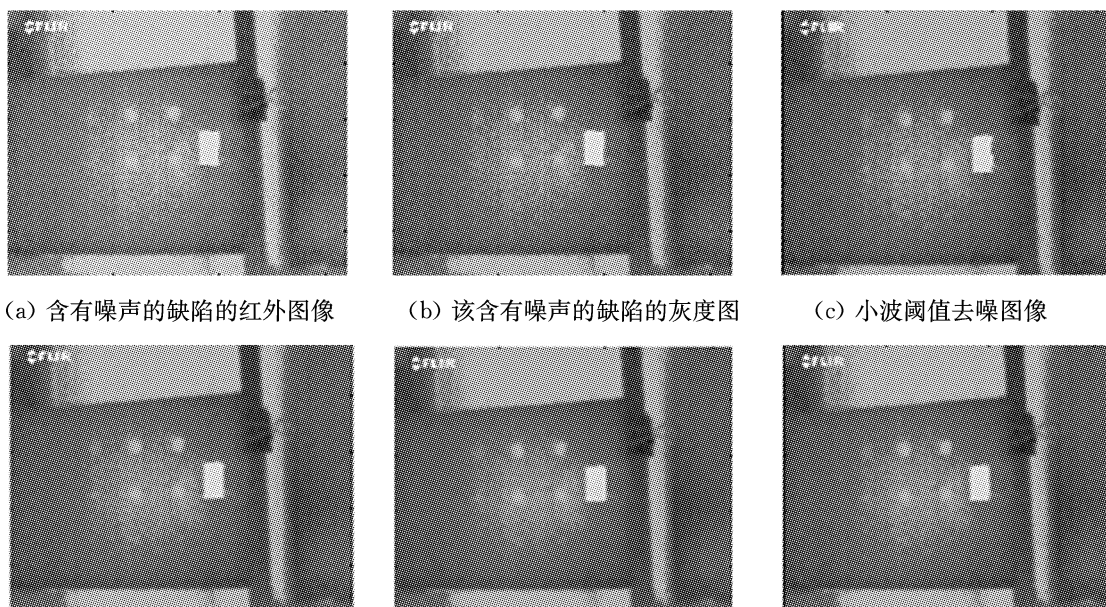


图 2 红外成像实验系统图



(d) 中值滤波处理后的图像 (e) 小波变换结合中值滤波处理后的图像 (f) 小波域主成分分析法处理后的图像

图 3 红外图像去噪结果

同时可对缺陷点的位置和大小作出初步的判断。图 3f 较清晰地显示出缺陷现状的大小,而且缺陷边界较为清晰,第一行的缺陷可判断出大小基本一致。

如果对含有该缺陷的金属板的视频进行多幅图像的截取,并利用文中的方法来处理,可以更为精确地测出金属板中所有缺陷的位置、形状和大小。

4 结论

应用于缺陷的红外成像的图像处理中,根据噪声在小波变换下的不同特性,分别结合中值滤波、主

成分分析法的优点,在小波域内对高频子带进行处理。两种方法的优点是阈值的计算无需建立在对噪声方差的精确估计上。试验结果表明该方法可以较清楚地判断缺陷的位置、形状及大小,有利于对缺陷的进一步分析和处理。

参考文献:

- [1] Liu Wei, Ma Zheng-Ming. Wavelet image threshold denoising based on edge detection[J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(8): 788—793.

(下转第 759 页)

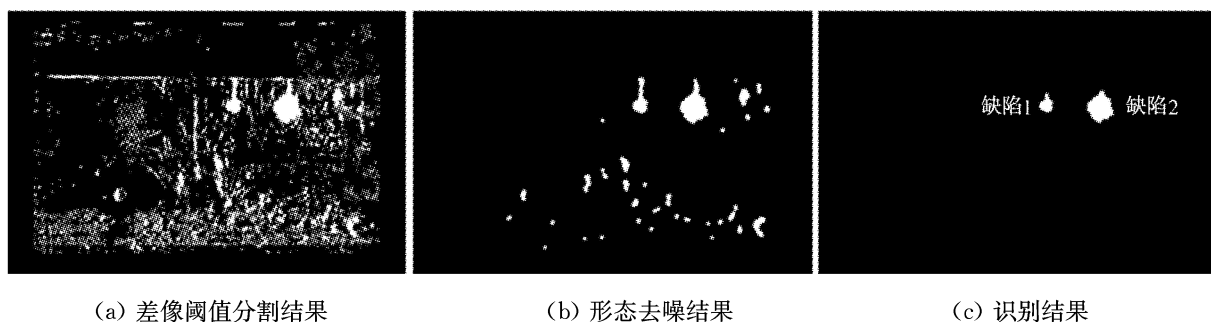


图4 信号处理和识别结果

(1) 将图 3b 减去图 3a, 由试样表面氧化、油污和其它热源反射引起的干扰信号可以大部分去除。得到的图像包含缺陷信号和超声振动引起的 UIRT 图像偏移干扰信号及边缘信号。以一定阈值分割后得到的图像如图 4a。

(2) 应用形态学去噪方法, 除去小的和狭长的边缘信号(图 4b)。

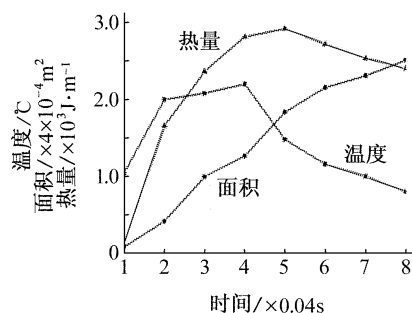
(3) 使用基于距离的分水岭算法, 分割重叠的信号。因缺陷信号在序列的 UIRT 图像中是连续变化的, 可用信号区域的距离峰值来搜索序列 UIRT 图像中的对应信号。

(4) 当搜索出的信号变化特性满足分析的热学特性, 该对应信号即可判定为缺陷信号(图 4c)。

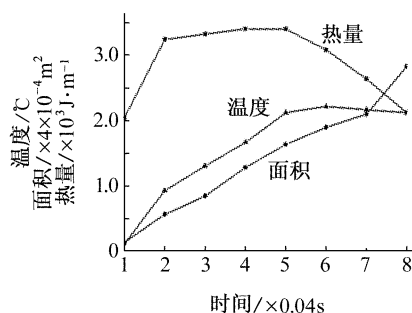
两个缺陷信号的温度峰值、热量和面积随时间变化曲线如图 5。可见, 缺陷区域的温度峰值、选定温度阈值的面积和热量均为由单调上升逐步变为单调下降, 且温度峰值、热量和面积单调下降相继出现(面积曲线因选取图像的限制, 尚未出现下降), 符合缺陷判别标准。

参考文献:

- [1] Favro L D, Han X, Ouyang Z, et al. Sonic imaging of cracks and delaminations[J]. Rev Sci Instrum, 2000, 71:2418—2421.
- [2] 洪 毅, 缪鹏程, 张仲宁, 等. 超声红外热像技术及其在无损检测中的应用[J]. 南京大学学报·自然科学版, 2003, 39:547—552.



(a) 缺陷 1



(b) 缺陷 2

图5 缺陷信号随时间变化曲线

- [3] 米小兵, 张淑仪. 超声波引起固体微裂纹局部发热的理论计算[J]. 自然科学进展, 2004, 14:628—634.
- [4] Perez I, Davis W R. Optimizing the thermosonics signal[J]. Review of Progress in QNDE, 2003, 22:505—512.
- [5] 崔 屹. 数学形态学方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [6] 张洪济. 热传导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.

(上接第 756 页)

- [2] Taswell C. The what, how, and why of wavelet shrinkage de-noising[J]. Computing in Science & Engineering, 2000, (2—3): 12—19.
- [3] Chang S G, Yu Bin, Verserli M. Spatially adaptive wavelet thresholding with context modeling for image denoising[J]. IEEE Trans. Image Proceessing, 2000, 9 (9): 1522—1530.

- [4] 周美玲. 基于二进小波相关系数的比例萎缩图像去噪[D]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2007.
- [5] 邹前进, 冯 亮, 汪 亚. 红外图像空间噪声分析和预处理方法改进[J]. 应用光学, 2007, 28(4): 426—430.
- [6] 谢杰成, 张大力, 徐文立. 小波图象去噪综述[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(3): 209—217.
- [7] 文 莉, 刘正士, 葛运建. 小波去噪的几种方法[J]. 合肥工业大学学报, 2002, 25(2): 167—172.