

·信号与信息处理·

基于小波变换阈值萎缩法的红外图像去噪

邢永贞

(长春理工大学 光电工程学院, 长春 130022)

摘要:针对目前大多数红外图像去噪方法只能集中在空域或频域中进行分析的缺点,提出了一种基于小波变换阈值萎缩法的红外图像去噪算法。该算法具有在时间域和空间域同时进行分析的特性,利用小波变换对确定信号的一种“集中”的特性,使一个信号的能量在小波变换域集中于少数系数上,再对小波系数进行阈值化,可以在小波变换域中除去低幅值的噪声和我们不期望的图像信息。实验结果表明,基于小波变换的阈值萎缩去噪算法能有效的提高图像质量,增强图像的视觉效果,以及准确获取所需要的图像信息。

关键词:红外图像;小波变换;阈值去噪

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2015)-06-0064-03

Infrared Image Denoising Based on Wavelet Transform Threshold Shrinkage Method

XING Yong-zhen

(Department of Optics and Electric Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: Most of infrared image denoising methods focus only on the space domain or the frequency domain. Aiming at the shortcoming, an infrared image denoising algorithm is proposed based on wavelet transform threshold shrinkage method. The algorithm has the characteristic of analyzing time domain and space domain simultaneously, and wavelet transform with a concentration characteristic to the determined signal is used to make the power of a signal on a small number of coefficients in wavelet transform domain. And then, wavelet coefficient is threshold, the low amplitude noise and unexpected image information in wavelet transform domain can be removed. Experimental results show that image quality can be improved effectively by threshold shrinkage denosing algorithm based on wavelet transform. The visual effect of the image is enhanced and the expected image information is obtained accurately.

Key words: infrared image; wavelet transform; threshold denoising

目前红外图像在民用和军事领域的作用越来越重要,如导弹制导、天文和遥感、军事目标侦查等,但由于红外图像在外界恶劣环境干扰或红外探测仪器不完善等影响下,在获取、传输和存储过程中,不可避免的产生噪声,造成红外图像模糊、噪声较大,因此选择一种合适的红外图像去噪算法对后续的红外目标识别工作具有重要意义^[1]。传统的去噪方法是将噪声干扰的信号通过一个滤波器,滤掉

噪声频率成份,但对于脉冲信号、白噪声、非平稳过程信号等,传统方法存在一定局限性,对这类信号,在低信噪比情况下,经过滤波器处理,不仅信噪比得不到较大改善,而且信号的位置信息也被模糊掉了^[2]。由于小波变换具有良好的时频特性、低熵性、去相关性和选基的灵活性等特点,且噪声在变换后有白化趋势,采用小波进行去噪已成为图像去噪的主要方法之一。文中提出了一种基于小波变换的阈值萎

缩去噪算法,针对红外图像信号与噪声信号经小波变换后在不同分辨率下呈现不同规律,在不同分辨率(不同层次)下,设定阈值门限,调整小波系数,达到图像去噪的目的,或者利用多通道小波变换实现去噪^[3]。实验结果表明,使用阈值萎缩去噪算法进行红外图像分析时,通过选取合适的阈值函数、阈值计算方法和去噪次数,就能够得到理想的图像质量。

1 基于小波变换的阈值萎缩算法

小波阈值化去噪的关键步骤是对小波变换域的系数进行操纵,小波系数筛选又主要依赖于阈值化与阈值的选取,下面就这两个问题进行详细阐述。

1.1 阈值化

小波系数按照阈值化准则,可以分成两类:一类是重要的,规则的小波系数;另一类被看作是非重要的或者受噪声干扰较大的小波系数。通常以小波系数的绝对值作为小波系数的分类单元。小波系数的绝对值趋向零,意味着小波系数所包含的信息量少并且强烈的受噪声干扰。也就是说,一幅图像可以通过少数大幅值的小波系数表示。Donoho 等人证明这种判断方法具有良好的统计优化特性^[4]。小波系数的绝对值是一个局部测度,每个小波系数被看成是独立变量。给定一个阈值 T ,所有绝对值小于某个阈值 T 的小波系数被划成“噪声”,他们的数值用零代替;而超过阈值的小波系数的数值用阈值 T 缩减后再重新取值,因此,这类方法称为小波萎缩法(wavelet shrinkage)。这种方法意味着阈值化或者缩减小波变换将在小波域中移取小幅度的噪声或者非期望的信号,在小波逆变换中,将得到所需要的信号。通常的阈值化函数包括软阈值(soft-thresholding)和硬阈值(hard-thresholding)以及软硬折衷阈值等^[5]。下面分别介绍。

(1) 硬阈值函数

$$w' = \begin{cases} w & |w| \geq t \\ 0 & |w| < t \end{cases} \quad (1)$$

其中, w 是原始小波系数; w' 表示估计小波系数; $t \in (0,1)$ 是阈值。

硬阈值去噪法的优点是可以很好地保留图像

边缘等局部特征,但由于硬阈值函数的不连续性,引起去噪图像中出现振铃、伪吉布斯等效应视觉失真。

(2) 软阈值函数

$$w' = \begin{cases} w(1 - t/|w|) & |w| \geq t \\ 0 & |w| \leq t \end{cases} \quad (2)$$

软阈值处理相对要平滑,但由于估计小波系数和带噪小波系数之间有恒定的偏差,从而造成去噪图像边缘模糊等失真现象。

(3) 软、硬折衷阈值函数

$$w' = \begin{cases} w(1 - \alpha \cdot t/|w|) & |w| \geq t \\ 0 & |w| \leq t \end{cases} \quad (3)$$

软、硬折衷阈值函数有效的减小了估计小波系数和带噪小波系数间恒定的偏差,但基于小波变换的红外图像处理技术研究仍具有阈值函数不连续的缺点。各种阈值化方法示意图如图1所示。

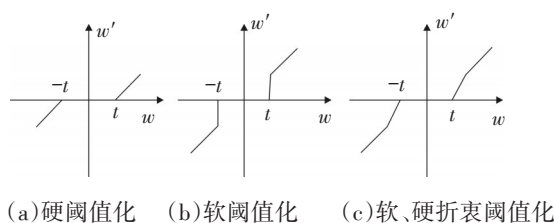


图1 阈值化方法示意图

1.2 阈值 T 的选取

选择合适的阈值是阈值化处理的关键问题^[6]。阈值太小,信号去噪后仍夹杂着噪声;相反地,阈值选取太大,又会引起偏差,导致图像的重要特征将被滤掉。直观上讲,对于给定的小波系数,噪声越大,阈值就越大。大多数阈值选择过程是针对一组小波系数,即根据本组小波系数的统计特性,计算出一个阈值 $T^{[7]}$ 。在小波变换域中,如果噪声是随机平稳的、加性的,每个子带或者每层分辨率上的噪声依然保持加性与随机平稳。在第 j 层子带上,当无干扰噪声的小波系数与去噪后的小波系数之间均方误差最小时,存在一个最优的阈值 T_j 。由此,阈值的选择过程可以通过一个风险函数来定义,如下式

$$R_j(t) = \frac{1}{N_j} \|w_{j,t} - V_j\|^2 \quad (4)$$

式中, N_j 代表在第 j 层子带上的小波系数个数; $w_{j,t}$ 代表阈值化的小波系数矢量; V_j 表示无噪声干扰时

的小波系数矢量。Donoho^[7]等已提出了一种典型阈值选取方法,从理论上给出并明确阈值与噪声的方差成正比,其大小为

$$R(t) = \frac{\frac{1}{N_j} \|W_j - W_{j,t}\|^2}{\left[\frac{N_{j0}}{N_j}\right]^2} \quad (5)$$

事实上,对于有限长度 N_j 的信号,式(5)仅仅是阈值优化的上界,阈值优化是随信号长度渐近变化的,当信号长度为无限长时,才能符合此阈值的优化条件,因此,信号足够强,去噪效果才明显。对于一般的图像,硬阈值有着“过扼杀”的趋势^[8]。

基于小波变换的阈值萎缩去噪方法步骤概括如下:

(1) 计算小波变换系数 W ;

(2) 根据选取的阈值计算方法,计算每一层小波系数的阈值 T ;

(3) 利用阈值化函数,对小波系数进行阈值化,得到新的小波系数 w_d ;

(4) 计算小波逆变换,完成信号的去噪处理。

2 算法及仿真

基于小波变换的阈值萎缩法去噪的算法流程如图2^[9]。



图2 小波变换阈值萎缩算法去噪流程图

在利用小波变换阈值萎缩算法对红外图像进行去噪处理时,重要的就是阈值的选取准则和阈值化函数的选取,主要的阈值函数即:硬阈值函数、软阈值函数和软硬折衷阈值化函数,还有很多其他函数,基本上都是以这三种函数为基础变化而来的。

下面利用阈值萎缩算法对红外图像进行去噪仿真,来直观的观察小波变换阈值萎缩算法在红外图像去噪中的应用效果^[10-11],如图3。

由图3可以看出,利用小波萎缩去噪算法对受到严重噪声污染的红外图像进行去噪后,效果变得越来越好。因此,针对不同的图像,可以选取合适的阈值函数、阈值计算方法以及合适的去噪次数,就能得到理想中的图像质量。

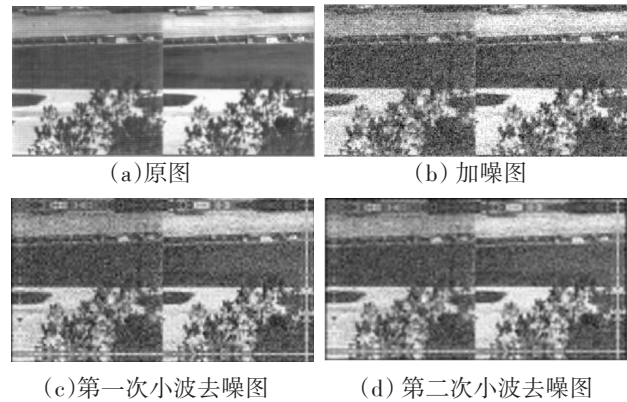


图3 小波萎缩法去噪

3 结论

提出了一种基于小波变换的阈值萎缩去噪算法,该方法克服了传统方法在频域重叠时解决能力不足的缺点,利用小波变换对确定信号的一种“集中”的能力,使一个信号的能量在小波变换域集中于少数系数上,再对小波系数进行阈值化,可以在小波变换域中滤除低幅值的噪声和不期望得到的图像信息,增强了图像的视觉效果,提高了图像的质量。

参考文献

- [1] 徐南荣,卞南华. 红外辐射与制导[M]. 北京:国防工业出版社,1997:206-211.
- [2] 谢杰成,张大力,徐文立. 小波图像去噪综述[J]. 中国图像图形学报, 2002,7(3):209-217.
- [3] 李弼程,罗建成. 小波分析及其应用[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [4] Donoho D L, Johnstone I M. Ideal spatial adaptation via wavelet shrinkage[J]. Biometrika, 1994, 81(12):425-455.
- [5] 张瑾. 基于小波变换的红外图像处理应用研究[J]. 西南交通大学学报, 2006:5-6.
- [6] 阮秋琦,阮宇智. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2007:276-306.
- [7] 成礼智,王红霞,罗永. 小波的理论及应用[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [8] 曾国平. 基于小波变换的图像去噪算法研究[D]. 北京:北京交通大学,2007.
- [9] 陈武凡. 小波分析及其在图像处理中的应用[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [10] 尉世强. 基于小波的图像阈值去噪方法[D]. 青岛:青岛大学,2006.