

基于图像融合的联合小波包图像去噪方法研究

郎文杰, 宋小鹏

(中北大学 国家级电工电子实验教学示范中心, 山西 太原 030051)

摘要: 提出一种基于图像融合的联合小波包图像去噪方法。利用不同特性的小波包基对含噪图像进行阈值去噪, 得到多幅降噪图像, 然后按照一定的融合准则对这些图像进行处理。实验表明, 本算法去噪后的图像在峰值信噪比及主观视觉效果两方面均得到了明显改善。

关键词: 小波包变换; 图像去噪; 图像融合

中图分类号: TN911.73

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)06-0017-03

The Study on Denosing Method of Joint Wavelet Packet Based on Image Fusion

Lang Wenjie, Song Xiaopeng

(National Electrical and Electronic Laboratory Teaching Exemplary Center, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Proposes a denosing method of joint wavelet package based on image fusion. Uses different wavelet-basis packets to threshold denoising the image and obtains many denoised images, which are processed according to certain fusion rules. Studies indicate that the denoised image by this algorithm has been better improved in both peak signal-to-noise (PSNR) and subjective visual effect.

Keywords: wavelet packet transform; image denosing; image fusion

0 引言

小波变换具有多分辨率分析特点, 可以聚焦到分析对象的任意细节, 在图像处理领域得到了广泛的应用^[1]。小波包是近年来发展起来的一种时频变换方法, 它能够为信号提供一种更加精细的分析方法, 它将频带进行多层次划分, 对图像的高频和低频部分进行进一步的细分, 能够更好地保留原始图像的信息, 能够有效去除噪声。小波包变换是小波变换的推广, 可以视为普通小波函数的线性组合^[2]。

在小波分解中, 不同的小波基一般都具有不同的时频特性, 也就可以表示信号的不同部分或特征。一般情况下, 信号的去噪效果受小波分解后不同分辨率条件下各尺度系数分布情况影响, 而小波分解后的系数分布在一定程度上又受小波基影响, 所以, 图像去

噪效果好坏与小波基的选取有关^[3]。故本文提出了一种新的基于图像融合的联合小波包图像去噪方法, 该方法能够使去噪后的图像在峰值信噪比及主观视觉效果两方面得到明显改善。

1 图像的小波包变换^[4]

令 $U_j^0 = V_j$, $U_j^1 = W_j$, 则 Hilbert 空间的正交分解 $V_{j+1} = V_j \oplus W_j$ 可用 U_j^m 的分解统一表示为 $U_{j+1}^0 = U_j^0 \oplus U_j^1$ ($j \in \mathbf{Z}$), 定义子空间 U_j^m 是函数 $u_n(t)$ 的闭包空间, 而 U_j^{2m} 是函数 $u_{2n}(t)$ 的闭包空间, 并令 $u_n(t)$ 满足下面的双尺度方程:

$$\begin{cases} u_{2n}(t) = \sqrt{2} \sum_{k \in \mathbf{Z}} h(k) u_n(2t-k), \\ u_{2n+1}(t) = \sqrt{2} \sum_{k \in \mathbf{Z}} g(k) u_n(2t-k), \end{cases} \quad (1)$$

收稿日期: 2009-09-21

基金项目: 山西省青年科技研究基金资助项目(2007021019)

作者简介: 郎文杰(1977-), 男, 山东巨野人, 中北大学教师, 硕士, 主要研究方向为信号与信息处理,

E-mail: langwenji@163.com

式中： $h(k)$ 为滤波器组的低通滤波器系数；

$g(k)$ 为滤波器组的高通滤波器系数。

且高、低通滤波器系数满足 $g(k)=(-1)^k h(1-k)$ ，即2个滤波器系数具有正交关系。特别地当 $n=0$ 时，式(1)可变为：

$$\begin{cases} u_0(t) = \sqrt{2} \sum_{k \in \mathbb{Z}} h(k) u_0(2t-k), \\ u_1(t) = \sqrt{2} \sum_{k \in \mathbb{Z}} g(k) u_0(2t-k), \end{cases} \quad (2)$$

通过比较可知， $u_0(t)$ 和 $u_1(t)$ 分别为尺度函数和小波基函数。

由式(1)构造的序列 $\{u_n(t) (n \in \mathbb{Z}_+)\}$ 称为由基函数 $u_0(t)=\phi(t)$ 确定的正交小波包。

设 $g_j^n(t) \in U_j^n$ ，则 $g_j^n(t) = \sum_l d_l^{j,n} u_n(2^j t - l)$ 。

式中： $g_j^n(t)$ 为小波包重构系数；

$d_l^{j,n}$ 为小波包分解系数。

小波包分解算法是由 $\{d_l^{j+1,n}\}$ 求 $\{d_l^{j,2n}\}$ 和 $\{d_l^{j,2n+1}\}$ ，表示如下：

$$\begin{cases} d_l^{j,2n} = \sum_k a_{k-2l} d_k^{j+1,n}, \\ d_l^{j,2n+1} = \sum_k b_{k-2l} d_k^{j+1,n}, \end{cases} \quad (3)$$

式中： $\{a_k\}$ 和 $\{b_k\}$ 为分解滤波器。

小波包重构算法是由 $\{d_l^{j,2n}\}$ 和 $\{d_l^{j,2n+1}\}$ 求 $\{d_l^{j+1,n}\}$ ，计算公式为：

$$\{d_l^{j+1,n}\} = \sum_k [h_{l-2k} d_k^{j,2n} + g_{l-2k} d_k^{j,2n+1}], \quad (4)$$

式中： $\{h_k\}$ 和 $\{g_k\}$ 为重构滤波器^[5]。

2 基于图像融合联合小波包图像去噪方法

2.1 图像融合

图像融合^[6]是信息融合的一个分支，其优点主要有改善图像质量、提高几何配准精度或信噪比、生成三维立体效果、实现实时或准实时动态观测、克服目标提取与识别中图像数据的不完整性、扩大传感器的时空范围等，目前基于小波变换的图像融合技术是图像融合研究的主流。本文采用了基于图像融合的联合小波包图像去噪方法，即先利用多个不同的小波包基对含噪图像进行软阈值去噪，得到多幅去噪图像，然后选用合适的融合准则对这些去噪后的图像进行融合，融合后得到一幅最终的去噪图像。本文采用加权平均图像融合准则。

2.2 方法的提出及实施步骤

在利用小波包变换进行图像去噪的过程中，如何区分噪声系数并加以抑制、消除成为关键，在抑制、消

除噪声系数时如何最大限度地降低对有效信号系数的影响是人们一直探讨的课题。所以本文提出利用不同特性的小波包基对含噪图像进行阈值去噪，得到多幅降噪图像，最后采用加权平均融合算法对这些图像进行融合处理得到降噪后的新图像。

基于图像融合的联合小波包图像去噪方法实施步骤为：

1) 用不同性质的正交小波包基对含噪声图像进行多级小波包分解，从而获得多分辨率子图像序列；

2) 选定阈值，对每个频带的小波包系数进行阈值处理，得到新的小波包系数；

3) 对处理后的系数进行小波包重构；

4) 按照一定的融合准则对重构后的多幅图像进行融合。

对含噪声图像进行小波包分解时采用小波包基db10及对称双正交小波包基bior4.4，可以分别在图像的突变区域及平滑区域获得好的去噪效果^[7]。图像分解层数为3层，对小波包系数处理时采用BayesShrink阈值，对图像低频分量和高频分量进行融合时采用加权平均图像融合方法，即若参加融合的图像分别为A、B，图像大小为 $M \times N$ ，经融合后得到的融合图像为F，则像素灰度值加权平均融合过程表示为：

$$F(m,n) = w_1 A(m,n) + w_2 B(m,n), \quad (5)$$

式中： $F(m,n)$ 、 $A(m,n)$ 、 $B(m,n)$ 为图像的像素灰度值；

$m=1,2,\dots,M$ ；

$n=1,2,\dots,N$ ；

w_1 、 w_2 为加权系数，且 $w_1 + w_2 = 1$ ，本文选择为 $w_1 = w_2 = 0.5$ 。

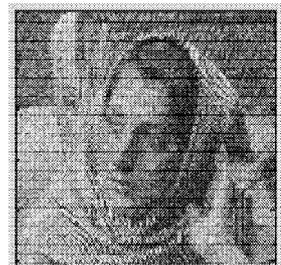
2.3 实验结果及评价

为说明该方法的有效性，本文对含有高斯白噪声的女性图像进行消噪处理，其中噪声方差 σ^2 为15，如图1所示。

由图1可看出本算法去噪能够在保持较高信噪比的情况下，使去噪后图像较清晰、明了，有较好的视觉效果。为了说明本方法的优越性，本文采用峰值信噪比(PSNR)、信噪比(SNR)和最小均方误差(MSE)作为衡量去噪方法好坏的参考标准，用db10、bior4.4及本方法去噪后图像的PSNR、SNR及MSE值见表1。



a) 原始图像



b) 含噪声图像



图1 图像去噪效果

Fig. 1 Denoising result of woman image

表1 图像的PSNR、SNR、MSE数据

Table 1 PSNR, SNR and MSE data of image

图像状态	图像参数比较		
	PSNR/dB	SNR/dB	MSE
含噪图像	24.701 3	22.218 2	0.050 61
db10 去噪图像	30.219 6	27.895 7	0.003 20
bior4.4 去噪图像	30.513 7	27.912 6	0.003 06
融合后图像	30.714 2	28.088 6	0.002 83

由表1可看出,在同样噪声条件下,与用小波包基db10及bior4.4去噪算法相比,本算法仍能保持较高的信噪比,并且比采用单一小波包基去噪时峰值信噪比略高,视觉效果更佳。

3 结语

本文介绍了小波包的基本理论,根据不同小波基具有不同的特性,提出了一种新的基于图像融合的联合小波包图像去噪方法,并与传统小波包阈值去噪方法作了对比实验,结果表明本算法能在保持较高峰值

信噪比的情况下改善了主观视觉效果,为进一步的图像处理打下了一定基础。

参考文献:

- [1] 张 晔,黄秀明.小波变换及在图像处理中的小波特性分析[J].中国图像图形学报,1997,2(7):480-484.
Zhang Ye, Huang Xiuming. Analysis of Wavelet and Its Features in Image Procession[J]. Journal of Image and Graphics, 1997, 2(7): 480-484.
- [2] Coifmarr R, Wickauser M. Entropy Based Algorithms for Best Basis Selection[J]. IEEE Trans on Information Theory, 1992, 38(2): 989-996.
- [3] 蔡敦虎,羿旭明.小波基的选取对图像去噪的影响[J].数学杂志,2005,25(2):185-190.
Cai Dunhu, Yi Xuming. The Selection of Wavelet Basis in Image Denoising[J]. Journal of Mathematics, 2005, 25(2): 185-190.
- [4] 葛哲学,沙 威.小波分析理论与MATLABR2007实现[M].北京:电子工业出版社,2007.
Ge Zhexue, Sha Wei. Wavelet Analysis Theory and MATLABR2007 Implementation[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007.
- [5] 徐 晨,赵瑞珍,甘小冰.小波分析应用算法[M].北京:科学出版社,2004.
Xu Chen, Zhao Ruizhen, Gan Xiaobing. Application Algorithm of Wavelet Analysis[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [6] 那 彦,殷廷瑞,杨万海.基于成像机理的小波包变换多聚焦图像融合[J].应用光学,2004,25(2):51-54.
Na Yan, Yin Tingrui, Yang Wanhai. Multifocus Image Fusion Based on Imaging Mechanism with Wavelet Packet Transform[J]. Journal of Applied Optics, 2004, 25(2): 51-54.
- [7] 晁 锐,张 科,李言俊.一种基于小波变换的图象融合算法[J].电子学报,2004,32(5):750-753.
Chao Rui, Zhang Ke, Li Yanjun. A Wavelet Transform Based Image Fusion Method[J]. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(5): 750-753.

(责任编辑:李玉珍)