

文章编号: 1005-0523-(2007)01-0085-03

基于小波变换在图像去噪中应用

吴志寒

(广东培正学院 人文学科与基础教学部, 广东 广州 510830)

摘要: 基于噪声是影响图像质量的重要因素. 噪声的存在导致图像的某些特征细节不能被辨识, 图像信噪比下降. 本文将小波阈值去噪与维纳滤波结合起来, 在小波域进行维纳滤波. 设计了双小波基维纳滤波器, 采用两路小波变换, 对静态图像和动态影像进行去噪实验, 结果表明改进的小波域去噪方法相比其他方法能够获得较好的视觉效果和较高的信噪比.

关键词: 图像去噪; 小波变换; 小波阈值去噪

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

1 引言

小波阈值收缩去噪法是目前研究最为广泛的方法, 由于阈值收缩主要基于如下事实, 即比较大的小波系数一般都是以实际信号为主, 而比较小的系数则很大程度是噪声. 因此可通过设定合适的阈值, 首先将小于阈值的系数置零, 而保留大于阈值的小波系数; 然后经过阈值函数映射得到估计系数; 最后对估计系数进行逆变换, 就可以实现去噪和重建^[1].

在图像去噪处理中, 小波阈值去噪与维纳滤波是两种比较有力的方法. 小波阈值是一个非线性过程, 维纳滤波是线性的. 一般而言, 这两种方法通常使边界模糊. 本论文在小波图像阈值去噪理论的基础上提出了一种新的将小波阈值去噪与维纳滤波相结合的图像去噪方法, 即在小波系数上进行维纳滤波. 设计了双小波基的维纳滤波模型, 在第一小波域对原始信号进行估计, 在第二小波域对估计信号延伸和扩展并进行维纳滤波; 并用构造出的调节阈值函数作为第一小波域的滤波器, 从而减少了软阈值法或硬阈值法产生的视觉失真.

本文将双小波基的维纳滤波方法与软阈值法、硬阈值法和单纯的调节阈值法进行比较, 从实验得到的去噪图像以及测得的 PSNR 数据表明, 新方法具有明显优势, 提高了去噪图像的质量.

2 调节阈值与维纳滤波相结合

2.1 真实信号的估计

在小波域上, 设计维纳滤波器为:

$$h_w(i) = \frac{\hat{\theta}^2(i)}{\hat{\theta}^2(i) + \hat{\sigma}^2}, \quad i=1, 2, \dots, N_s \quad (2-1)$$

可见 $h_w(i)$ 涉及真实信号 $\theta^2(i)$ 的估计和噪声方差 σ^2 的估计, 在小波变换域, $\theta(i)$ 是真实信号的小波系数, 是真实信号小波系数的估计值.

当 $\theta^2(i)=0$ 时, 第 i 个信号分量的变换对 MSE_w 无贡献, 当 $\theta^2(i) \rightarrow \infty$ 时, 则产生最大的误差分量, 相当于硬阈值且化.

当 N_t 为使得的起码实小波系数 $\theta(i)$ 的信号长度, 它对应相对较大的小波系数; 而 $N_n = N_s - N_t$ 为小波系数绝对值小于阈值的信号长度

$$h_w(i) = 1 - \frac{\lambda^n}{|y(i)^n|}, \quad i=1, 2, \dots, N_t \quad (2-2)$$

2.2 双小波基维纳滤波器的设计

为了实现 $\theta^2(i)$ 的估计, 并对信号 $f(i)$ 进行去噪, 我们设计了双小波的维纳滤波器, 采用两种不同的小波基 W_1 和 W_2 ; 这里的 H 采用前面提到的调节阈值函数; \hat{H}_w 是建立在小波变换域 W_2 上的维纳滤波器. 首先在小波域 W_1 中通过调节阈值函数 H 去噪, 可以得到对真实信号 S 的估计 \hat{S}_1 , 而这种估计是以 N_1 个可信小波系数为基础的, 但是对 N_d 个小波系数预测的并不充分; 为了获得对信号更全面的估计, 将得到的 \hat{S}_1 在小波域 W_2 再次变换得到新估计值 $\hat{\theta}_{21}$

收稿日期: 2006-07-12

基金项目: 广东培正学院 2006-2007 年青年科研项目《基于小波在图像去噪方法的改进研究》阶段性研究成果.

作者简介: 吴志寒(1979-), 男, 江西九江人, 广东培正学院基础部, 助教, 应用数学硕士, 研究方向: 算法设计与数理统计.

$$\hat{\theta}_{21} = W_2 \hat{s}_1 \quad (2-3)$$

而 $\hat{\theta}_{21}$ 与 $\hat{\theta}_1$ 之间的关系为:

$$\hat{\theta}_{21} = W_2 W_1^{-1} \hat{\theta}_1 \quad (2-3)$$

通过算子 $W_2 W_1^{-1}$, 在 W_2 小波域伸和扩展了估计值 $\hat{\theta}_1$ 中 N_i 个可信小波系数, 保证在 W_1 域内被阈值置零的系数在 W_2 域内得以部分恢复, 使得新估计值 $\hat{\theta}_{21}$ 中具有数目更多的非零系数, 降低了误差. 如果两小波基本相同, 就相当于前面讲的调节阈值函数去噪.

$$\text{故} \quad \hat{\theta}_{21} = W_2 W_1^{-1} \sqrt{\frac{Y_1(i)^2}{21 \log N} - \sigma^2} \quad (2-4)$$

在 W_2 小波变换域上维纳滤波器系数为

$$h_w(i) = \frac{\hat{\theta}_{21}^2(i)}{\hat{\theta}_{21}^2(i) + \sigma^2}, \quad i=1, 2, \dots, N_s \quad (2-5)$$

如何选择 W_1 和 W_2 的小波基函数? 一般来说, 凡是适合做小波收缩的小波基可以; 常用的双正交紧支小波. 而小波的正则性对图像重构具有非常重要的意义, 因为存在量化误差的小波系数用正则性高的综合小波重构后, 失真比较平滑, 视觉效果好.

3 实验结果及分析

一幅静止的数字图像是一个二维数字阵, 共有 M 行, 每一行有 N 个点, 每一个点称为一个像素. 设相邻像素之间的距离为 1, 这样第 i 行, 第 j 列上的像素值表示为 $a(i, j)$, 那

么数据集 $\{0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq N-1\}$ 就表示这一幅图像, 均方误并表示为

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [a(i, j) - \hat{a}(i, j)]^2 \quad (4-1)$$

其中, 原始图像为 $\{0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq N-1\}$, 去噪后的图像为 $\{0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq N-1\}$

在实验结果中, 采用峰值信噪比, 取 $K=8$, 即 $a_{max}=255$ 代入上式

$$PSNR = 101g \frac{255 \times 255}{MSE} \left[\frac{255 \times 255}{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [a(i, j) - \hat{a}(i, j)]^2} \right] \quad (4-2)$$

对于彩色图像和动态影文件, 首先将数据争解为 Y, U, V 三个分量, 求出每个分量的 MSE , 再以 MSE 的均值代入上式

$$PSNR = 101g \frac{255 \times 255}{\frac{1}{3} [MSE(Y) + MSE(U) + MSE(V)]} \quad (4-3)$$

3.1 静态图像实验结果分析

从图 4-1 到图 4-12 可以看出硬阈值方法处理后的图像仍保留了明显的噪声信号; 软阈值方法处理后的图像画面柔合, 但边缘模糊, 特别是在噪声方差较大时已很不清晰; 而调节阈值与维纳滤波相结合的方法达到了较好的视觉效果; 同时从表 4-1 看出改进的方法对具有不同噪声方差的图像处理都能够获得相对较高的信噪比.



图 3-1 硬阈值去噪图像 ($\sigma^2=50$)



图 3-2 软阈值去噪图像 ($\sigma^2=50$)



图 3-3 硬阈值去噪图像 ($\sigma^2=100$)



图 3-5 含噪图像 ($\sigma^2=25$)



图 3-7 含噪图像($\sigma^2=50$)



图 3-6 调节阈值与维纳滤波去噪图像



图 3-4 软阈值去噪图像($\sigma^2=100$)



图 3-8 调节阈值与维纳滤波去噪图像

表 3-1 图像去噪结果对比表

噪声方差	噪声图像 PSNR	去噪后图像的 PSNR		
		硬阈值方法	软阈值方法	调节阈值与维纳滤波方法
25	30.261	31.733	33.475	34.815
50	27.387	28.754	31.897	32.063
100	24.466	27.166	29.698	31.328

3.2 动态图像实验结果分析

从表 4-2 可以看出,对于相同层的小波分解,不管是硬阈值方法,软阈值方法还是调节阈值与维纳滤波方法,随阈值的增大,PSNR 值都减小,这是因为当所选影像文件的噪声不严重时,并不是选取的阈值越大越好;从 PSNR-码率曲线

看到,当阈值为 10 时,与其它两种方法相比,软阈值去噪后的图像 PSNR 明显偏低;从图 4-13 到图 4-15 看出,当阈值较小时,调节阈值与维纳滤波方法起到了去噪效果,当阈值较大时,该方法对图像起到柔化作用,此时画面柔合但边缘并不清晰。



图 3-9 原始影像局部



图 3-10 调节阈值与维纳滤波结合去噪
(六层小波分解,阈值 2.5)

表 3-2 动态影像去噪结果对比表

分解层数	阈值	去噪后影像的平均 PSNR		
		硬阈值方法	软阈值方法	调节阈值与维纳滤波方法
一层	2.5	41.414	40.610	41.247
	5	41.351	39.182	41.314
	10	41.141	36.623	41.161
三层	2.5	41.379	41.185	41.457
	5	41.283	40.569	41.358
	10	40.847	39.203	41.037
六层	2.5	41.362	41.249	41.423
	5	41.269	40.715	41.326
	10	40.826	39.361	41.016

将调节阈值与维纳滤波结合去噪的新方法. 即在 W_1 小波域用调节阈值函数对原始信号进行过滤, 得到对真实信号估计, 并将该估计值在 W_2 小波域进行延伸和扩展, 从而构造出维纳滤波器系数, 原始信号经过在 W_2 小波域上的维纳滤波器过滤实现降噪的目的. 实验结果表明, 该方法无论是对静态图像还是对动态图像, 都能获得较好的视觉效果, 降低了去噪误差, 提高了 PSNR.

参考文献:

[1] Villasenor J D, Belzer B, Liao J. Wavelet filter evaluation for image compression[J]. IEEE Trans. On Image Procession, 2005, 4

(8): 1053—1060

[2] 袁运能, 毛士毅. 基于离散小波标架的信号降噪[J]. 信号处理, 2002, 15(3): 205—211.

[3] Donoho DL, Johnstone IM. Ideal Spatial Adaptation Via Wavelet Shrinkage[J]. Biometrika, 1994, 81(12): 425—455.

[4] Donoho DL. Denoising by Soft thresholding[J]. IEEE Trans on IT, 2004, 41(3): 613—627.

[5] Donoho DL, Johnstone IM. Adapting to Unknown Smoothness Via Wavelet Shrinkage[J]. Journal of American Stat Assoc, 2005, 12(90): 1200—1224.

[6] Ching PC, So HC, Wu SQ. On Wavelet Denoising and Its Application to Time Delay Estimation[J]. IEEE Trans

Study on Wavelet Transform Image Denosing

WU Zhi-han

(Guangdong Peizheng College, Guangzhou 510830, China)

Abstract: Noise is the important factor of image quality. It will result in being unable to recognize some character details of image and decreasing of PSNR. How to reduce noise effectively and extract image information becomes very important. In this paper, we develop a new method for wavelet denoising that blends wavelet shrinkage and Wiener filtering. Image with noise is processed by Wiener filtering in wavelet domain. By designing Vague Denoiser filter, we have the experiment of static image denoising and animated image denoising. The result indicates that the developed method gives better visual quality and PSNR performance than others.

Key words: image denosing; wavelet transform; wavelet shrinkage