

Image Adaptive Threshold Denoising Based on Edge Enhancement

Qian Wang

Telecom Department, Suzhou Vocational University, Suzhou, China
qianwangsz@yahoo.com.cn

Abstract: A method of image denoising based on adaptive soft-threshold and edge enhancement. To enhance edge, first we use the edge detection to detect the edge of the image, then we preprocess the edge image, next we can use wavelet transform to process the processed edge image and noise image, then we add these wavelet coefficients at the corresponding site, so we can use the soft threshold denoising technology. This denoising method has good denoising image and the PSNR is higher.

Keywords: edge detection; threshold denoising; edge enhancement

基于边缘增强的自适应阈值去噪法

王 茜

苏州市职业大学 电子系, 苏州, 中国, 215000
qianwangsz@yahoo.com.cn

摘 要: 使用边缘检测的方法检测出图像的边缘和纹理细节, 对检测出的边缘和纹理细节图像进行处理后, 将它和含噪图像分别进行小波变换, 然后将其小波系数对应叠加, 最后对叠加之后的小波系数进行小波自适应软阈值去噪。实验证明该方法比较传统方法在视觉效果和信噪比方面都有较大的改善。

关键词: 边缘检测; 阈值去噪; 边缘增强

1 引言

自多分辨分析^[1]的小波理论提出以来, 小波理论成为图像去噪的理想工具。图像经过小波变换后, 能量主要集中在低频子带图像上, 而图像的加性随机高斯白噪声经过小波变换后, 大多数能量分散在各个高频子带上。通过设定一个阈值, 将绝对值小于阈值的小波系数当作噪声去除, 从而达到去噪的效果。阈值去噪的关键是阈值的设定, 过大的阈值会“过扼杀”小波系数, 造成有用的高频信息(如边缘信息)的丢失, 使图像变得模糊; 而过小的阈值, 会“过保留”小波系数, 使去噪效果不明显。对此, 本文提出了一种可以有效地保护这些结构特征的小波去噪方法, 在图像进行阈值处理之前, 先对图像进行边缘增强处理, 将图像边缘和纹理的高频系数进行某种程度的放大, 然后对经过边缘增强后的图像进行小波变换, 然后采用自适应阈值的方法对含噪图像进行去噪处理。在去除图像噪声的同时, 保留图像的边缘和纹理细节。

2 实现方法

2.1 边缘检测

本文采用小波模极大值边缘检测^[2], 其实现步骤为:

(1) 给定某一尺度 $s = 2^t$, 求出二维高斯函数沿 x 方向的导数

$$\psi^1(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial x} \quad (1)$$

沿 y 方向导数

$$\psi^2(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial y} \quad (2)$$

(2) 用 $\psi^1(x, y)$ 、 $\psi^2(x, y)$ 分别与图像卷积得到 w_1 、 w_2 。

(3) 求出每一个像素点的梯度大小

$G(x, y) = \sqrt{w_1^2 + w_2^2}$, 幅角 $\arctan(w_2/w_1)$, 这里, 反正

切只能求出一、四象限的角度, 其他象限要分别处理, 且 w_1 值很小时, 也要单独处理。

(4)把求得的幅角分为四个方向。第一种: 0° 或 180° 方向(水平), 第二种: 90° 或 270° 方向(垂直), 第三种: 45° 或 225° 方向(正对角线), 第四种: 135° 或 315° 方向(负对角线)。由此判断求出的幅角大小与上面四种的哪个方向最接近。

(5)遍历所有像素点, 判断每个像素对应的“幅角最接近方向”上是否是极大值, 若是, 记录该梯度值, 若不是, 把梯度值置零。

(6)把记录下的梯度值中的极大值作归一化处理, 比较每个像素归一化的梯度值, 当该梯度值大于某个阈值时, 作为真正边缘, 否则认为是伪边缘。

(7)将步骤6操作后的局部模极大值点连接成极值链, 即为图像边缘。

2.2 边缘增强

在图像进行去噪处理前先寻找一种合适的边缘检测方法, 对含噪信号先进行边缘检测, 得到图像的边缘信息。

假设边缘检测后得到的二进制图像为 $E(i, j)$, 含噪图像为 $g(i, j)$, 由于边缘检测后的图像数据主要是 0 和 1, 为了保证图像的连续性, 我们对边缘检测后的图像信号进行平滑处理, 即当前点的图像值 $E(i, j)$ 用它的邻域值线性表示, 此处为了简单, 其线性表达式

$$\begin{aligned} H(i, j) = & E(i+1, j) + E(i+1, j+1) + E(i-1, j) \\ & + E(i-1, j-1) + E(i+1, j-1) + E(i-1, j+1) \\ & + E(i, j+1) + E(i, j-1) + K * E(i, j) \end{aligned} \quad (3)$$

其中系数 K 的值可以适当选择。对于边缘点, 由于临近点不完整, 因此可以将不存在的临近点设为 0, 或者边缘点不变。

边缘检测后的图像, 经过平滑处理后, 用它来对含噪图像进行边缘增强。具体实现方式为: 将含噪图像 $g(i, j)$ 和平滑后的边缘图 $H(i, j)$ 分别进行平稳小波变换得到它们的小波系数 $W_g(i, j)$ 和 $W_H(i, j)$, 将它们进行对应点相加, 为了避免边缘的过分增强, 考虑加入调整系数 λ , 叠加后的混合小波系数为见公式

$$W(i, j) = W_g(i, j) + W_H(i, j) \quad (4)$$

其中, $W(i, j)$ 为叠加后的小波系数。

2.3 自适应阈值去噪

由于传统的软阈值去噪使用的是单一的阈值对小波函数进行处理, 因此各个不同尺度的小波系数使用的是同样的阈值, 但是单一的阈值函数不能在每级尺度上将信号与噪声做很好的分离。针对这种情况, 本文提出对不同层次的小波系数采用不同的阈值, 同时对于同一层内的小波系数也采用不同的阈值。

此处采用的自适应阈值的图像去噪方法为

(1)对加噪后的图像用小波变换进行多尺度分解, 计算全局图像的噪声方差^[3]

$$\sigma^2 = \left(\frac{\text{median}(Y_{ij})}{0.6745} \right)^2 \quad (5)$$

(2)计算1 到J 层的高频系数计算标准方差 σ_y 。

(3)计算各个尺度内的局部尺度^[4]

$$T^n = \frac{\sigma^2}{\sigma_y} \quad (6)$$

(4)同一尺度内的小波系数设置不同的阈值^[5]

$$T_{j,k}^n = \frac{T^n}{(1 + |K_{j,k}^n|)} \quad (7)$$

$K_{j,k}^n$ 是和具体的小波系数有关的参数, 其取值范围为 $[0, 1]$, 小波系数大, 则认为该系数代表信号的可能性大, $K_{j,k}^n$ 也大, 则设置的阈值 $T_{j,k}^n$ 小; 反之, 当小波系数小时, 认为该系数代表噪声的可能性大, $K_{j,k}^n$ 也小, 则设置的阈值 $T_{j,k}^n$ 大, 从而达到充分保留信号的小波系数, 而对于噪声信号则尽量萎缩。

$$K_{j,k}^n = \frac{W_{j,k}^n}{\max(|W_{j,k}^n|)} \quad (8)$$

用阈值化后的小波系数对二维图像信号进行重构, 得到去噪后的图像信号。对于多层分解的小波系数, 层数越大, 噪声能量会变得越小。由于阈值的自适应性, 每一层的噪声和图像有用信息都会被最大程度的进行分离。另外, 本文选用db4小波基对图像进行分解。

3 仿真结果

本文分别针对被三种不同的噪声污染的三幅图像, 用四种不同的去噪方法进行了实验, 应用 matlab 软件完成算法。

(1) 处理高斯噪声污染的图像



(a)原始图像 (b)噪声图像
Figure 1. The original image noise image
图 1 原始图像和噪声图像

可以看出经中值滤波后，图片中还保留有大量噪声，而且边缘模糊。从 wiener 滤波的效果图，可以看出图片中还有不少噪声。传统软阈值去噪的效果，边缘模糊，细节不清晰。本文算法去噪的效果图，噪声较少，边缘细节也较清晰。

(2) 处理斑点噪声污染的图像



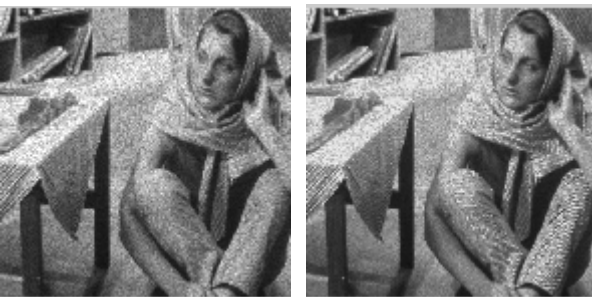
(a)中值滤波 (b)维纳滤波
Figure 2. Denoised images respectively by Mid-Value filter and Wiener filte
图 2 中值滤波和维纳滤波后的图像



(a)原始图像 (b)噪声图像
Figure 4. The original image noise image
图 4 原始图像和噪声图像



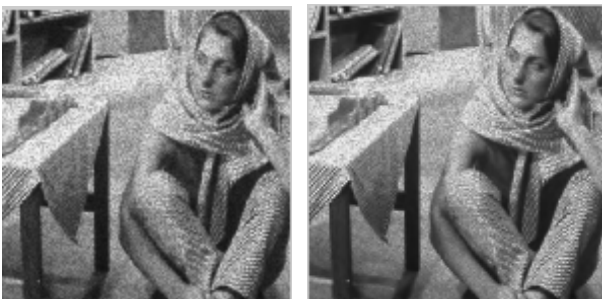
(a)软阈值去噪 (b)本文方法
Figure 3. Denoised images respectively by Soft-threshold denoising and The method in this article
图 3 软阈值去噪和本文提出的去噪方法去噪后的图像



(a)中值滤波 (b)维纳滤波
Figure 5. Denoised images respectively by Mid-Value filter and Wiener filte
图 5 中值滤波和维纳滤波后的图像

Table3:PSNR and MSE obtained by d ifferen tmethods on the image blurred by gaussian noise
表 1 高斯噪声污染的图片去噪后指标

	含噪图片	中值滤波	维纳滤波	软阈值	本文方法
MSE	0.0108	0.0061	0.0034	0.0061	0.0030
PSNR	19.6523	22.1770	24.7365	23.8708	25.1778



(a)软阈值去噪 (b)本文方法
Figure 6. Denoised images respectively by Soft-threshold denoising and The method in this article
图 6 软阈值去噪和本文提出的去噪方法去噪后的图像

Table3:PSNR and MSE obtained by different methods on the image blurred by speckle noise

表2 斑点噪声污染的图片去噪后指标

	含噪图片	中值滤波	维纳滤波	软阈值	本文方法
MSE	0.0210	0.0101	0.0065	0.0066	0.0051
PSNR	16.7857	19.9602	21.8486	21.8284	22.8840

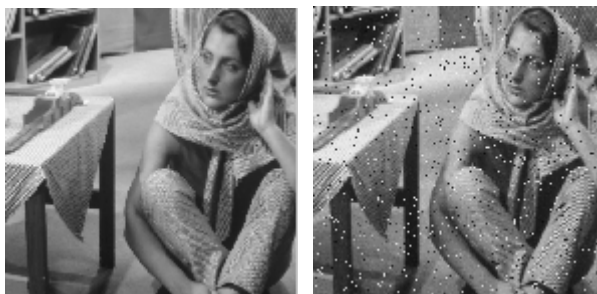
中值滤波后，图像中含有大量噪声，细节不清晰。wiener 滤波后，也保留有较多噪声，图片较模糊。传统软阈值去噪后的视觉效果与维纳滤波后的效果相近。采用本文算法去噪的图片，噪声较少，边缘较清晰，视觉效果较好。



(a)原始图像 (b)噪声图像

Figure 7. The original image noise image

图7 原始图像和噪声图像



(a)中值滤波 (b)维纳滤波

Figure 8. Denoised images respectively by Mid-Value filter and Wiener filter

图8 中值滤波和维纳滤波后的图像

可以看出中值滤波对椒盐噪声有较好的滤除效果图。wiener 滤波后，噪声被大量保留。传统软阈值去噪后的效果，同样有不少的噪声被保留。本文算法

去噪的效果后，相对 wiener 滤波和传统软阈值去噪来说，噪声保留较少，视觉效果较好。



(a)软阈值去噪

(b)本文方法

Figure 9. Denoised images respectively by Soft-threshold denoising and The method in this article

图9 软阈值去噪和本文提出的去噪方法去噪后的图像

Table3: PSNR and MSE obtained by different methods on the image blurred by salt and pepper noise

表3 椒盐噪声污染的图片去噪后指标

	含噪图片	中值滤波	维纳滤波	软阈值	本文方法
MSE	0.0172	0.0042	0.0096	0.0059	0.0054
PSNR	17.6544	23.7882	20.1573	22.2595	22.6894

4 总结

从效果图和对比表中观察到，在对高斯噪声和斑点噪声的处理中，本文提出的方法去噪效果明显优于中值滤波、维纳滤波和传统软阈值去噪的效果。在对椒盐噪声的处理中，本方法虽然比中值去噪法效果略差，但优于维纳滤波和传统软阈值这两种去噪法的去噪效果。

References (参考文献)

- [1] Mallat S G. A wavelet tour of signal processing, Academic Press, San Diego, CA, 1992
- [2] Cai Hantian, Song Yong. Image Coding Based on Wavelet Maxima Representation[J]. *Journal of Circuits and Systems*. 1997.2
蔡汉添, 宋勇. 基于子波变换极大值描述的图像压缩编码方法[J]. 电路与系统学报, 1997.2
- [3] Chang S G, Yu B, Vetter li M. Spatially adaptive wavelet thresholding with context modeling for image denoising[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2000, 9(9): 1522~1531.
- [4] Chang S G, Yu B, Vetter li M. Adaptive wavelet thresholding for image denoising and compression[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2000, 9(9): 1532~1546
- [5] Li Xingmei, Chen Liang, Yan Guoping. Image denoising based on adaptive soft-threshold and edge enhancement[J]. *Electronic Measurement Technology*. 2008, 07
李杏梅, 陈亮, 严国萍. 基于自适应软阈值和边缘增强的图像去噪[J]. 电子测量技术. 2008, 07