

文章编号: 2095-2163(2020)08-0124-04

中图分类号: TP391

文献标志码: A

一种中值滤波和改进阈值函数的图像去噪算法

邹倩, 陆安江, 李春红

(贵州大学 大数据与信息工程学院, 贵阳 550025)

摘要: 随着信息化时代的到来以及各种智能设备的大量涌现,很多时候都会通过图像来获取信息,但是图像在传输的过程中多多少少都会受到噪声的影响,这样不仅会导致人们对图像内容的理解产生偏差,还会对图像后期的处理造成不可避免的影响。通常一幅图像中含有的噪声是多种的,而传统的图像去噪是采取单一的方法,不能很好地去除图像中的混合噪声。因此,本文提出一种中值滤波和改进阈值函数的小波变换的综合图像去噪方法,并利用 matlab2016a 仿真,经过与其他方法相比,无论从主观视觉上还是比较信噪比和均方误差,此方法的去噪效果都优于单一算法的去噪效果。

关键词: 中值滤波; 阈值函数; 图像去噪; 信噪比; 均方误差

An image denoising algorithm based on median filtering and improved threshold function

ZOU Qian, LU Anjiang, LI Chunhong

(College of Big Data and Information Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

[Abstract] With the advent of the information age and the emergence of various smart devices, people often obtain information through images. But the images are more or less affected by noise during the transmission process, which will cause people to be more or less affected by the image content. Deviations in understanding will also have an unavoidable impact on the post-processing of the image. Usually, there are many kinds of noise contained in an image, and traditional image denoising adopts a single method, which cannot remove the mixed noise in the image well. Therefore, this paper proposes a comprehensive image denoising method based on median filtering and wavelet transform with improved threshold function. It is simulated with matlab2016a. After comparing with other methods in the aspect of subjective visual and objective analysis, the denoising effect of proposed method is better than a single algorithm.

[Key words] median filter; threshold function; image denoising; signal to noise ratio; mean square error

0 引言

随着各种智能设备大量涌现,很多情况下都是通过图像来传递消息。然而所得到的原始信号都会受到来自外界的各种各样的噪声干扰,可能由拍照设备,拍照抖动以及传输等造成,而噪声的存在会严重干扰到信号原有的本质特征,增加了接收方辨别图像信息和后期处理的难度。因此,对图像去噪来获取最大限度接近目标信号原始特征的信号,是一个很值得研究的课题^[1]。

一般情况下,图像中含有的是混合噪声,即椒盐噪声和高斯噪声,结合中值滤波在去除椒盐噪声和小波阈值在去除高斯噪声上的优缺点,本文提出了一种结合中值滤波和改进阈值函数的图像去噪方法,从仿真结果和数据计算可以得出这种综合的去噪方法优于单一方法的结论,后期对图像的处理提供了很大的帮助。

1 中值滤波去噪

中值滤波是一种非线性的平滑技术^[2],它的原理是把以某点 (x, y) 为中心的小窗口内的所有像素按照从小到大或者从大到小的顺序排序,选取中值(如果窗口中像素为奇数个,中值为中间值,如果窗口中像素为偶数,中值为两个中间值的平均值)代替原来窗口正中间的那个值^[3]。让周围的像素值和真实值之间接近,这样就可以消除孤立的噪声点。在使用中值滤波去噪之前要,先设计一个窗口,窗口的形状有多种,如方形、圆形和线性等,选择不同的窗口产生的效果也不同。

中值滤波去噪步骤如下:

- (1)将模板在图中滑动,并将模板中心与图中某个像素位置重合;
- (2)读取模板下对应像素的灰度值;
- (3)将这些灰度值从小到大或从大到小排序;

作者简介: 邹倩(1996-),女,硕士研究生,主要研究方向:通信与信息系统;陆安江(1978-),男,博士,副教授,主要研究方向:信号与信息处理、大数据应用;李春红(1994-),女,硕士研究生,主要研究方向:信号与信息处理。

收稿日期: 2020-06-15

- (4) 找出排在中间的一个;
- (5) 将中间值赋值给排序之前的模板中心。

2 小波阈值函数去噪

2.1 去噪原理

小波分析是在傅里叶变换的基础上提出来的, 具有多分辨率分析的特点, 在处理高斯噪声上尤其明显^[4]。一般情况下低频部分中为平稳信号, 而在高频部分通常噪声信号居多^[5], 根据这一分布特点可以利用小波变换的多分辨分析(MRA)思想对信号去噪处理, 具体过程如图 1 所示。

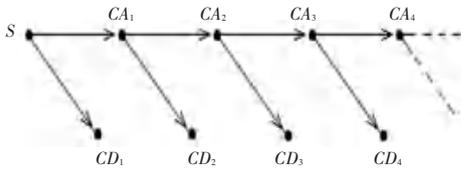


图 1 小波变换多分辨分析去噪过程

Fig. 1 Wavelet transformation multi-discrimination analysis denoising process

其中, S 表示原始信号, CA_i (i = 1, 2...n) 表示第 i 层低频信号, CD_i (i = 1, 2...n) 表示第 i 层高频信号^[6]。小波变换的多分辨分析过程可以看出, 多分辨分析只是对低频部分进一步分解, 而高频部分则不予以考虑, 分解具有关系 (设为 4 层分解): $S = CA_4 + CD_1 + CD_2 + CD_3 + CD_4$ ^[7]。根据有用信号和噪声的分布情况, 通过设定门限阈值的形式对小波系数进行处理, 对处理后的系数进行信号重构就可以达到去噪目的。本文将含有混合噪声的图像用数学模型描述为 $y(i, j) = x(i, j) + n(i, j)$ 。其中 i, j 表示图片像素位置, y(i, j) 表示含有混合噪声图像, x(i, j) 表示不含噪声图像, n(i, j) 表示含有混合噪声的图像。

2.2 阈值函数和阈值的选取

在用阈值函数对含噪图像去噪, 阈值的估计和阈值函数的选取是影响图像去噪效果的一个重要因素。在实际应用中, 通常选取统一的阈值, 即 $\lambda = \sigma \sqrt{2 \log(N)}$ ^[8]。其中, λ 为阈值, N 为信号的长度, σ 为混合噪声的方差, 而一般情况下, σ 未知, 常用 $\hat{\sigma} = MAD/0.6745$, MAD 表示第一层小波分解系数绝对值的中值^[9]。

2.2 阈值函数的选取

阈值函数的选取也直接影响图片去噪后的效果, 传统的有硬阈值函数和软阈值函数, 表达式(1)和表达式(2)如下:

硬阈值函数:

$$\hat{w}_{j,k} \begin{cases} w_{j,k}, & |w_{j,k}| \geq \lambda; \\ 0, & |w_{j,k}| < \lambda. \end{cases} \quad (1)$$

软阈值函数:

$$\hat{w}_{j,k} \begin{cases} \text{sgn}(w_{j,k}) (|w_{j,k}| - \lambda), & |w_{j,k}| \geq \lambda; \\ 0, & |w_{j,k}| < \lambda. \end{cases} \quad (2)$$

$w_{j,k}$ 是小波分解系数; $\hat{w}_{j,k}$ 是估计小波系数,

sgn 是符号函数; λ 为阈值。上述两种阈值函数中都存在缺陷, 硬阈值函数具有不连续性, 这会出现振铃和伪吉布斯现象; 软阈值函数虽然连续, 但是估计得到的小波系数和原本分解得到的小波系数之间还存在一定的偏差, 重构之后图像达不到好的去噪效果^[10]。

由以上分析可知传统阈值函数存在不足, 本文中提出了一种改进的阈值函数。具体表达式(3)如下:

$$\hat{w}_{i,j} = \begin{cases} \text{sign}(w_{i,j}) \left(|w_{i,j}| - \frac{\lambda}{e^{|w_{i,j}|/a\lambda}} \right), & |w_{i,j}| \geq \lambda; \\ bw_{i,j}, & |w_{i,j}| < \lambda. \end{cases} \quad (3)$$

其中, $w_{j,k}$ 是小波分解系数; $\hat{w}_{j,k}$ 是估计的小波系数; sgn 是符号函数; λ 为阈值; a 和 b 为调节因子; a 为非负的任意数; b 是在 0 ~ 0.5 的任意数。当 a 和 b 均等于 0 时, 此时该函数为软阈值函数; 当 a 趋近于正无穷, b 为 0 时, 该函数为硬阈值函数。引入 a、b 两个调节因子增加了该阈值函数的应用广泛性, 从式(3)中还可以看出, 改进的这个阈值函数克服了硬、软阈值在 $\pm\lambda$ 处的不连续性, 在小于 λ 的地方不是将小波估计系数直接像硬、软阈值函数那样设置为 0, 而是和一个在 0 到 0.5 之间的很小的数 b 相乘。数 a 在指数函数上, 可以用来表示该函数对小波系数的压缩程度。a 和 b 在函数中有不同的作用, 改进的这个阈值函数在对含有混合噪声的图像去噪效果优于硬软阈值函数。

3 实验结果和分析

3.1 中值滤波或小波阈值变换去除混合噪声

为了验证本文算法的有效性, 对 matlab 库中的 wpeppers 灰度图像加入了不同噪声强度的椒盐噪声和不同方差的高斯噪声。图 2 是加入单一椒盐噪声 (脉冲强度为 0.01) 采用各种方法去噪的仿真图, 图 3 是加入单一高斯噪声 (均值为 0, 方差为 0.02) 采用各种方法去噪的仿真图。由图 2 和图 3 可以看出, 中值滤波对含有椒盐噪声的图像去噪效果比较好, 而改进的阈值函数对含有高斯噪声的图像去噪效果优于中值滤波。



(a) 原始图像 (b) 椒盐噪声图像 (c) 小波去噪图像 (d) 中值去噪图像
(a) Original image (b) Image with salt-and-pepper noise (c) Image after wavelet denoising (d) Image after median filter

图2 单一算法对含椒盐噪声的去噪效果图

Fig. 2 Denoising effect of a single algorithm on salt and pepper noise



(a) 原始图像 (b) 椒盐噪声图像 (c) 小波去噪图像 (d) 中值去噪图像
(a) Original image (b) Image with salt-and-pepper noise (c) Image after wavelet denoising (d) Image after median filter

图3 单一算法对含高斯噪声的去噪效果图

Fig. 3 Denoising effect of a single algorithm on Gaussian noise

从仿真结果可以看出单一的算法只能去除某种噪声,而通常图像中含有的都是混合噪声,因此单一算法达不到去噪的效果,需要结合多种算法综合去噪。

3.2 中值滤波和改变阈值函数相结合去除混合噪声

针对单一算法只能去除某种特定的噪声,本文提出了一种综合中值滤波和改变阈值函数的去噪方法,具体算法流程如图4所示。



图4 本文算法流程

Fig. 4 The algorithm flow of this article

同样对 matlab 库中的 wpeppers 灰度图像加入混合噪声,用不同的方法去噪并进行了对比。其中采用的小波基为 db8,分解了3层,选用统一阈值。选取阈值函数中 $a = 5, b = 0.1$,高斯噪声方差为 0.02,椒盐噪声的脉冲强度为 0.01,仿真结果如图5所示。



(a) 原始图像 (b) 混合噪声图像 (c) 硬阈值去噪图像
(a) Original image (b) Image with mix noise (c) Image after hard threshold denoising



(d) 硬阈值去噪图像 (e) 中值去噪图像 (f) 本文去噪图像
(d) Image after hard threshold denoising (e) Image after median filter denoising (f) Image after text denoising

图5 不同算法对混合噪声图像的去噪效果图

Fig. 5 The denoising effect of different algorithms on mixed noise images

从图5仿真结果可以勉强看出本文的算法去噪效果优于其它算法,但是这只是从主观视觉上的,需要用客观数据来分析,通过加入不同的混合噪声来比较去噪之后图像的信噪比和均方误差来判定去噪效果,式(4)和式(5)。

信噪比:

$$SNR = 10 \lg \left\{ \frac{\sum_n x_{(n)}^2}{\sum_n [x_{(n)} - x'_{(n)}]^2} \right\}. \quad (4)$$

均方差:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_n [x_{(n)} - x'_{(n)}]^2. \quad (5)$$

其中, $x_{(n)}$ 表示原始图像信号; $x'_{(n)}$ 是去噪后的图像; n 是图像大小。其中信噪比越大,表示信号多,噪声小,从而去噪效果好。均方误差越小说明去噪后的图像和原始图像相差小,去噪效果好,反之则说明去噪效果不好。加入不同的混合噪声得出的不同算法去噪后图像的信噪比和均方误差见表1、表2。

表1 不同算法去噪后信噪比

Tab. 1 SNR after denoising by different algorithms

脉冲噪声+高斯噪声	0.01+0.01	0.1+0.02	0.03+0.1	0.05+0.05
噪声图像	10.292 0	4.488 9	2.552 5	4.040 1
硬阈值函数	18.233 2	14.419 0	13.667 9	15.081 6
软阈值函数	20.771 9	16.752 4	14.541 3	16.474 5
中值滤波去噪	18.648 0	14.813 3	9.135 8	11.666 8
本文算法	21.562 3	19.637 1	16.393 6	18.163 6

从表1可以看出采用本文算法去噪后图像的信噪比明显高于其它算法;从表2可以看出本文算法去噪后的均方误差也都小于其它算法,说明采取本文算法对含有混合噪声的图像去噪效果好。

(下转第130页)