

文章编号: 1004-4353(2021)04-0365-05

一种加权中值滤波算法在医学磁共振图像去噪中的应用

梅玲¹, 苟双全²

(1. 重庆水利电力职业技术学院 大数据学院, 重庆 402160;
2. 甘肃中医药大学(定西校区) 理科教学部, 甘肃 定西 743000)

摘要: 为了更好地去除医学磁共振图像(MRI)中的高密度椒盐噪声和高斯噪声,提出了一种加权中值滤波算法.该算法的核心思想是利用改良的有限阈值策略对滤波窗口的每个像素点的灰度值与计算该像素点所得的相应权值之积进行求和,然后将运算结果作为滤波窗口中心点的输出值.利用该算法对含有高密度椒盐噪声和高斯噪声的医学 MRI 进行去噪仿真实验表明,该算法对高密度椒盐噪声和高斯噪声的抑制力显著优于单纯的中值算法和均值算法,且去噪后的图像具有良好的细节保真度和清晰度.

关键词: 图像去噪; 加权中值算法; 磁共振图像; 阈值

中图分类号: TN911.7; TP391.4

文献标识码: A

Application of weighted median filtering algorithm in denoise of magnetic resonance imaging

MEI Ling¹, GOU Shuangquan²

(1. *Large Data Institute, Chongqing Water Resources and Electric Engineering College, Chongqing 402160, China*; 2. *Department of Science Teaching, Gansu University of Chinese Medicine (Dingxi Campus), Dingxi 743000, China*)

Abstract: In order to better remove high-density salt and pepper noise, and Gaussian noise in medical magnetic resonance images (MRI), a weighted median filtering algorithm is proposed. The main idea of the method is to weight the gray scale value of each pixel in the filtered window against the corresponding weights product computed at the pixel point by using a modified finite threshold strategy, and then takes the operation result as the output value of the central point of the filter window. Medical MRI containing high-density salt and pepper noise, and Gaussian noise was noise-removed using a weighted median filtering algorithm. Simulation experiments show that proposed algorithm is highly stable, and the inhibitory force of both high-density pretzel noise and Gaussian noise in the medical MRI significantly outperforms the simple median and mean algorithm, and the denoised image has good detail fidelity and clarity.

Keywords: image denoising; weighted median algorithm; MRI; threshold value

0 引言

医学影像图像在存储或信号传输过程中不可避免地会受到噪声影响,造成图像细节丢失,进而影响

收稿日期: 2021-09-05

基金项目: 甘肃省高等学校科研项目(2018A-176)

第一作者: 梅玲(1984—),女,学士,副教授,研究方向为计算机科学与技术.

通信作者: 苟双全(1985—),男,硕士,副教授,研究方向为计算机科学技术与图像处理.

图像后续的处理效果及临床应用;因此,研究医学影像图像的去噪问题具有重要意义.为了有效消除图像中的噪声,研究人员提出了许多去噪方法,如高斯、维纳滤波、均值滤波等线性算法^[1-3]和双边滤波、中值滤波、小波滤波等非线性算法^[4-6].其中:线性算法可有效地抑制高斯噪声,但该算法同时也会滤掉原有图像的一些细节信息,因此使得图像变得模糊;非线性算法能较好地抑制椒盐噪声和保留图像的细节信息,但存在对高斯噪声抑制不理想的问题.由于医学影像图像常常同时受多种噪声的干扰,因此单一地使用线性或非线性滤波难以有效地抑制噪声对图像的干扰.为此,一些学者在上述算法的基础上提出了一些改进算法.例如:文献[7]提出了一种改进均值滤波算法,该方法可提高去噪性能,但存在阈值、自适应性差等问题;文献[8]提出了一种具有细节保护的自适应滤波算法,该算法能很好地保护图像的细节信息和有效地抑制脉冲噪声,并具有较强的自适应性,但其去除高斯噪声的效果并不理想;文献[9]提出了一种将中值和分数阶微分相结合的算法,该方法能有效抑制图像中的椒盐噪声和保留图像的纹理细节和边缘信息,但去除高斯噪声的效果并不理想;文献[10]提出了一种迭代中值滤波算法,该算法简单便利,可精确地恢复出被高密度椒盐噪声污染的影像细节信息,但去除高斯噪声的效果并不理想;文献[11]探讨了一种多特征融合的尺度自适应相关滤波跟踪算法,该方法对去除小噪声具有良好的准确性和稳定性,但对大噪声的抑制并不理想;文献[12]设计了一种自适应窗口形状的中值滤波算法,该方法能有效滤除图像中的噪声和保留有用信息,但计算较为复杂;文献[13]提出了一种二级修复的多方向加权均值滤波算法,该方法能有效去除高概率的椒盐噪声和保护图像边缘和细节特征,但对高斯噪声的去除效果不理想;文献[14]提出了一种基于边缘导向的非局部图像均值滤波算法,该方法具有高强度噪声环境下的图像边缘修复能力,但对图像细节的保真度较差;文献[15]提出了一种具有鲁棒性的去椒盐噪声算法,该方法能有效刻画图像的局部特征,增强图像边缘切线方向的扩散能力,但计算速度较慢.为了更好地去除医学磁共振图像中的高密度噪声和保证图像质量,本文提出了一种改进中值滤波算法,并通过仿真实验验证了该方法的有效性.

1 算法模型

1.1 均值算法模型

均值算法是一种线性滤波算法,该算法的核心思想是在图像上给定目标像素一个模板,然后用该模板中的全体像素的平均值代替原像素值.均值算法对像素点 (i, j) 进行平滑时,首先获取滤波窗口内所有像素的灰度均值 $\text{Mean}(W_1[f(i, j)])$,然后以该点为中心选取一个灰度区间 $[W_1[f(i, j)] - \lambda, W_1[f(i, j)] + \lambda]$,最后将滤波窗口 $W_1[f(i, j)]$ 内所有灰度值处在该灰度区间的像素点进行平均,并将结果作为点 (i, j) 的新灰度值 $f_1(i, j)$ 输出^[16].均值算法可有效抑制椒盐和高斯等脉冲噪声,但其去噪效果受阈值 λ 的影响较大.

1.2 中值算法模型

中值算法是一种非线性滤波平滑算法,它将每个像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内的所有像素点灰度值的中值.中值算法对噪声点进行滤波平滑时,首先在含噪的图像信号中以每个点 (i, j) 为中心的滤波窗口内找到该滤波窗口的灰度中值点 $W_2[f(i, j)]$;然后对窗口内的各点均以该中值 $\text{Median}(W_2[f(i, j)])$ 为基准计算该点的加权系数;最后对窗口内各像素点的灰度值与相应像素权值之积求和,并将结果作为点 (i, j) 的新灰度值 $f_2(i, j)$ 输出^[17].中值算法的表达式为:

$$f_2(i, j) = \sum_{k=1}^N (f_k(i, j) \cdot w_k(i, j)), \quad (1)$$

式中 k 为滤波窗口内的像素个数, $w_k(i, j)$ 为滤波窗口 $W_2[f(i, j)]$ 内的各像素点所对应的权值,

$$w_k(i, j) = \frac{1/(1 + (f_k(i, j) - \text{Median}(W_2[f(i, j)]))^2)}{\sum_{k=1}^N 1/(1 + (f_k(i, j) - \text{Median}(W_2[f(i, j)]))^2)}. \text{由上述可知,中值算法能有效克服阈值选}$$

择的问题,但该方法在进行加权求和时易受到椒盐噪声的干扰,且容易造成图像的不连续分布.

1.3 改进的中值算法模型

针对中值算法存在加权求和时易受椒盐噪声干扰的问题,本文对中值算法进行了改进.改进的方法为:①以含噪医学影像图像的每一个点为中心选取滤波窗口 W ,然后将窗口内的极大值、极小值像素点去掉,并求解出剩余像素集合(记为 H)中的像素的中值 $\text{Median}(H[f(i,j)])$.②采用式 $w'_k(i,j) = \frac{1/(1+\text{Max}(D_k, T))}{\sum_{k=1}^N 1/(1+\text{Max}(D_k, T))}$ 计算 H 内各像素的对应权值^[9],并进行归一化处理.式中, w'_k 为像素集合 H

内各像素点的权值, k 为像素点的个数.设像素集 H 内各像素点的灰度值与中值 $\text{Median}(H[f(i,j)])$ 差的绝对值为 Δ_k ,即 $\Delta_k = |H_k - \text{Median}(H[f(i,j)])|$,并设所有 Δ_k 的平均值为 T (表示阈值),即

$$T = \frac{\sum_{k=1}^N |H_k - \text{Median}(H[f(i,j)])|}{N}. \quad (1)$$

在计算各点权值时,为了避免过大密度噪声对计算结果的影响,本文采用了阈值优化原则,即如果 H 内某点的灰度值与其内均值差的绝对值 Δ_k 大于阈值 T ,则权值由 Δ_k 决定;如果 Δ_k 小于阈值 T ,则权值由 T 决定.③将 H 集合中的全部像素点与其相对应的权值进行加权运算,并将其结果作为滤波窗口 W 中心点的输出.改进的中值算法的表达式为:

$$f_3(i,j) = \sum_{k=1}^N (H_k(i,j) \cdot w_k(i,j)). \quad (2)$$

本文提出的改进中值算法流程如图1所示.

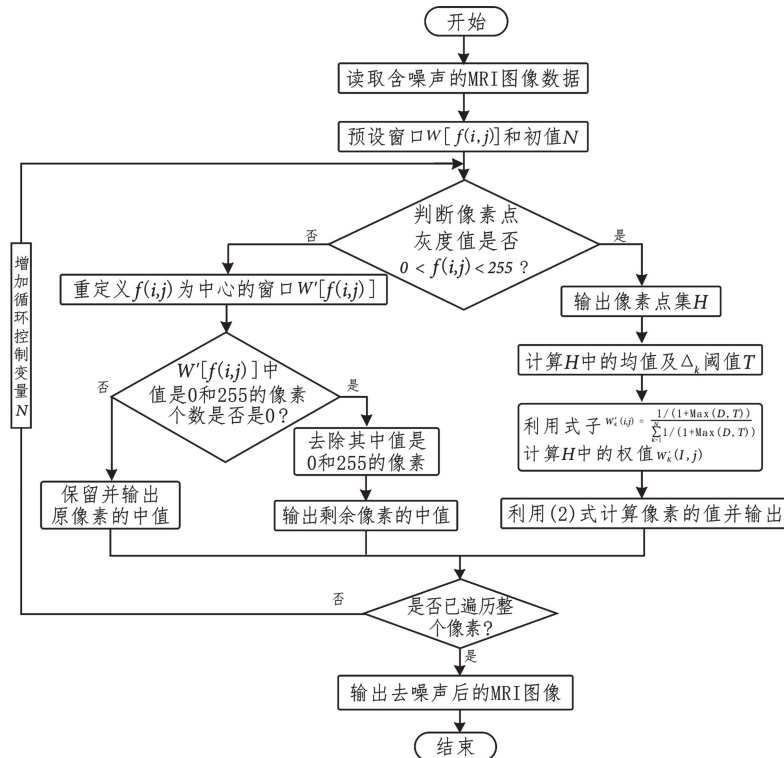


图1 改进中值算法的流程

2 改进的中值算法在医学MRI去噪中的实现

为验证本文算法的有效性,采用 Matlab 仿真^[18]对中值算法、均值算法和本文改进的中值算法的滤波效果进行了对比.实验中的图像为鼻咽部的MRI,图像中的噪声为椒盐、高斯和将这两种噪声混合的

3 种噪声, 3 种算法去噪的效果如图 2—图 4 所示.

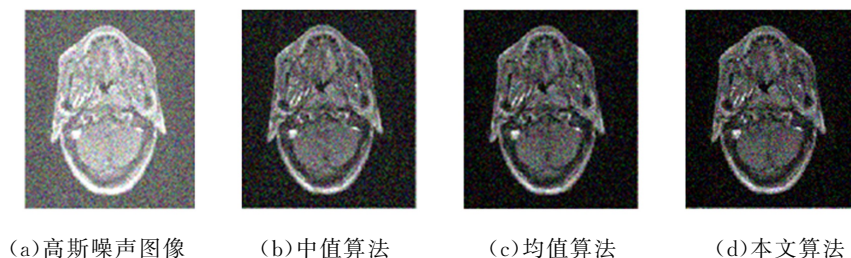


图 2 3 种算法对含有高斯噪声图像的滤波效果

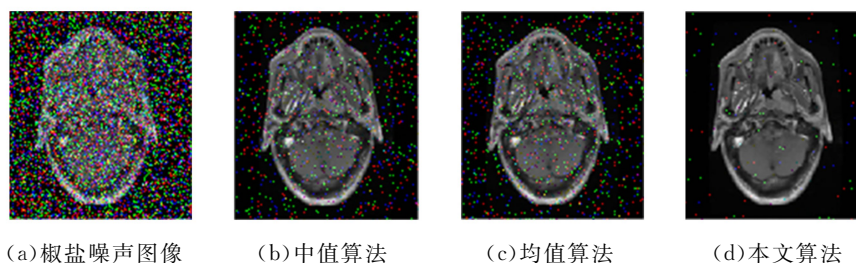


图 3 3 种算法对含有椒盐噪声图像的滤波效果

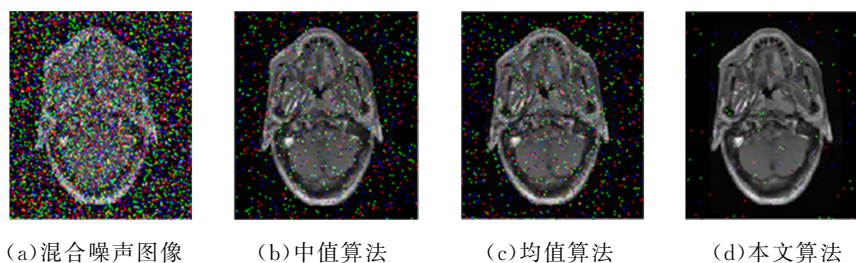


图 4 3 种算法对含有混合噪声图像的滤波效果

图 2(a)是含有高斯噪声(均值为 0、方差为 0.3)的医学 MRI,图 2 (b)是对图 2(a)进行中值滤波后的图像,图 2 (c)是对图 2(a)进行均值滤波后的图像,图 2(d)是利用本文算法对图 2(a)进行滤波后的图像.由图 2 可以看出:本文算法对高斯噪声的消除效果显著优于均值线性滤波算法和中值非线性滤波算法,且图像更为清晰.

图 3(a)是含有椒盐噪声(噪声密度为 0.35)的医学 MRI,图 3(b)是对图 3(a)进行中值非线性滤波后的图像,图 3(c)是对图 3(a)进行均值线性滤波后的图像,图 3(d)是利用本文算法对图 3(a)进行滤波后的图像.由图 3 可以看出:本文算法对椒盐噪声的去除效果显著优于均值线性滤波算法和中值非线性滤波算法,且能够较好地保持图像的细节信息.

图 4(a)是含有椒盐噪声(噪声密度为 0.35)和高斯噪声(方差为 0.3)的混合噪声医学 MRI,图 4(b)是对图 4(a)进行中值非线性滤波后的图像,图 4(c)是对图 4(a)进行均值滤波后的图像,图 4(d)是利用本文算法对图 4(a)进行滤波后的图像.由图 4 可以看出:本文算法对混合噪声的去除效果显著优于均值线性滤波算法和中值非线性滤波算法,且能够较好地保持图像的细节信息.

为了进一步验证本文改进算法对 MRI 的去噪声和保留细节信息的效果,利用峰值信噪比(PSNR)和结构相似性指数(SSIM)作为指标对均值算法、中值算法和本文算法的去噪性能进行了对比,结果见表 1 和表 2.由表 1 可见,本文算法的峰值信噪比显著大于其他两种算法(高出 1.5~3.6 dB),说明本文算法的去噪性能优于其他两种的算法.由表 2 可见,本文算法的结构相似性指数显著大于其他两种算法(提高了 5.3%~6.2%),说明本文算法不仅能够较好地去噪,还能保持良好的结构相似性.

表1 不同算法去噪的 PSNR 值

dB

噪声种类	PSNR 值			
	含噪图像	均值算法	中值算法	本文算法
椒盐噪声(噪声密度为 0.35)	14.175 3	15.783 3	19.127 1	23.810 6
高斯噪声(均值为 0, 方差为 0.3)	15.382 5	17.897 1	16.853 2	20.131 5
混合噪声(噪声密度为 0.35; 高斯噪声均值为 0, 方差为 0.3)	13.715 4	15.012 3	17.051 4	19.145 2

表2 不同算法去噪的 SSIM 值

%

噪声种类	SSIM 值			
	含噪图像	均值算法	中值算法	本文算法
椒盐噪声(噪声密度为 0.35)	82.417 1	91.312 6	92.867 3	98.615 3
高斯噪声(均值为 0, 方差为 0.3)	83.313 5	92.352 8	91.713 5	97.935 4
混合噪声(噪声密度为 0.35; 高斯噪声均值为 0, 方差为 0.3)	80.116 2	90.541 7	91.026 1	96.843 5

3 结语

研究表明,本文提出的改进中值算法不仅能够有效去除医学磁共振图像中含有的各种噪声,而且还可以有效保持图像的细节信息,因此该算法在医学磁共振图像的去噪中具有良好的应用价值.本文在研究中仅对医学磁共振图像的去噪进行了研究,今后我们将利用本文方法尝试对其他医学图像(CT、DSA、超声等)进行去噪,以扩展本文方法的应用范围.

参考文献:

- [1] 曾瀚林,孟祥勇,钱惟贤. 高斯差分滤波图像融合方法[J]. 红外与激光工程, 2020, 49(S1): 168-176.
- [2] 陈军. 基于维纳滤波算法的医学影像图像除噪分析研究[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2019, 46(1): 45-50.
- [3] 韩涛,孙科. 自适应中心加权的改进均值滤波算法[J]. 通信技术, 2019, 52(1): 86-90.
- [4] 林昌,周海峰,陈武. 基于双边滤波的高斯金字塔变换 Retinex 图像增强算法[J]. 激光与光电子学进展, 2020, 57(16): 209-215.
- [5] 陈家益,董梦艺,战荫伟,等. 多邻域中值滤波算法在医学图像中的应用[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2019, 40(1): 85-94.
- [6] 陈军. 基于小波分析的医学影像图像除噪设计及仿真研究[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2020, 37(5): 78-81.
- [7] LEE Y H, KASSAM S A. Generalized median filtering and related nonlinear filtering techniques[J]. IEEE Transactions on Acoust, 1985, 33(3): 672-683.
- [8] 许森,陈伟建. 一种去除图像中脉冲噪声的自适应滤波算法[J]. 成都信息工程学院学报, 2007, 22(4): 423-426.
- [9] 张雪峰,闫慧. 基于中值滤波和分数阶滤波的图像去噪与增强算法[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2020, 41(4): 482-487.
- [10] 兰霞,刘欣鑫,沈焕锋,等. 一种消除高密度椒盐噪声的迭代中值滤波算法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2017, 42(12): 1731-1737.
- [11] 谢维信,赵田. 多特征自适应融合的相关滤波目标跟踪算法[J]. 信号处理, 2021, 37(4): 603-615.
- [12] 邹永宁,姚功杰. 自适应窗口形状的中值滤波[J]. 光学精密工程, 2018, 26(12): 3028-3039.
- [13] 马洪晋,聂玉峰. 基于二级修复的多方向加权均值滤波算法[J]. 计算机科学, 2018, 45(10): 250-254.
- [14] 傅博,吴越楚,王丽妍,等. 边缘导向的非局部均值图像滤波[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2020, 38(6): 687-693.
- [15] 宋瑞丽,谷芳,孟鸽,等. 去椒盐噪声的新型图像复原模型[J/OL]. 安徽大学学报(自然科学版), 2021: 1-8[2021-08-26]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1063.N.20210714.1129.010.html>.
- [16] 沈德海,侯建,鄂旭,等. 一种改进的加权均值滤波算法[J]. 现代电子技术, 2015, 38(10): 1-3.
- [17] 邹倩,陆安江,李春红. 一种中值滤波和改进阈值函数的图像去噪算法[J]. 智能计算机与应用, 2020, 10(8): 124-126.
- [18] 唐超,左文涛,李小飞. 结合修剪均值与高斯加权中值的图像去噪算法[J]. 计算机工程, 2021, 47(9): 210-216.