

基于噪声检测的自适应中值滤波算法

王会芳, 黄 华

(漯河职业技术学院 计算机工程系, 河南 漯河 462641)

摘 要: 针对现有中值滤波算法对于高密度噪声图像以及纹理细腻图像的边缘处理能力欠佳的缺陷, 提出一种基于噪声检测的自适应中值滤波算法. 新算法根据噪声点与周围信息的关联程度将噪声点滤波值进行调整, 从而更好的处理图像的细节部份. 新算法中的自适应策略加强了滤波算法的去噪性能, 使其对于含有任意噪声密度的图像也能很好的进行噪声滤除. 通过仿真分析, 新算法对于细节丰富的图像以及高密度噪声的图像滤波效果良好, 有效的提高图像的峰值信噪比, 其去噪效果相比其他方法更加优秀.

关键词: 噪声检测; 动态窗口; 自适应策略; 滤波算法

中图分类号: TP751

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)05-0100-05

Noise Detection—Based Adaptive Median Filter Algorithm

WANG Hui-fang, HUANG Hua

(Department of Computer Engineering, Luohe Vocational Technology College, Luohe 462641, China)

Abstract: In response to the flaw that the median filtering algorithm has a poor handling capacity to high-density and fine texture noise, noise detection—based adaptive median filter algorithm is proposed. According to the associated level between noise—point information and the surrounding, the new algorithm adjust the Noise point filter value, which can get a better deal with the details of the images. The adaptive strategies strengthen the performance of the filtering de-noising algorithm, which is good at dealing the high-density noise. Through simulation analysis, the new algorithm is better than other algorithms.

Key words: noise detection; dynamic window; adaptive strategy; filter algorithm

1 引言

在图像的编码及传输中, 常常需要对图像进行椒盐噪声(即脉冲噪声)的滤除处理^[1]. 中值滤波因其与输入信号序列具有映射关系, 在去除脉冲噪声上有比较好的效果, 很多学者针对中值滤波技术, 提出了改进算法. 如加权中值滤波方法(WM)^[2], 中心权值中值滤波器(CWM)^[3], 三态中值滤波器(TSM)^[4], 模糊多极中值滤波方法^[6]等, 以及基于上述若干方法的改进策略^[7]. 文献[8]介绍了一种改进的自适应中值滤波方法(AM), 取得了不错的滤波效果, 但其对于高密度噪声图像以及纹理细腻图像的边缘处理能力不佳^[9]. 文中将基于 AM 算法框

架, 通过分析图像噪声信息, 提出一种新的基于噪声检测的自适应中值滤波, 以克服对于高密度噪声及多细节图像去噪不理想的缺陷. 实验结果表明, 新算法对于细节丰富的图像以及高密度噪声的图像滤波效果良好, 有效提高了图像的峰值信噪比, 去噪效果明显优于其他方法.

2 中值滤波法简介

早在 1974 年, Tukey 提出了一维的中值滤波器, 之后有学者成功将其扩展应用到二维图像. 标准中值滤波(SM)采用滑动窗口划分出子图像, 再对子图像进行二维中值滤波. 滤波过程中, 窗口大小可以设定为不同的值, 一般是采用 3×3 的方形窗口. 具

体方法是对当前窗口内的像素点进行灰度值的排序,取中值作为当前像素点的灰度值.由于缺乏判断像素点是否有被噪声影响的机制,采用该方法时需对所有像素点进行一次滤波操作,在一定程度上会对图像的边缘细节信息造成破坏.

3 噪声点的检测

图像像素点受到椒盐噪声影响后,其灰度值表现为极大值或者极小值^[9].针对这一特性,在去噪处理之前,可以将像素点分成非噪声点、噪声点和图像细节点,以实现减少系统开销并保护非噪声点的目的.噪声点的检测通过全局检测和局部检测两个层次来判定.

3.1 全局检测

在受椒盐噪声影响的图像中,噪声点的灰度值分布在图像灰度值的极大值端或者极小值端.若某点图像灰度值处在极值中间,则可以断定当前点未被噪声干扰,则无需去噪处理.而对于处于极值的像素点,还不能确定其是否是噪声点.

设图像灰度值中极大值为 $G_{\max}$,极小值为 $G_{\min}$,对于当前像素点灰度值 G ,若满足式(1),则可以说明当前像素点并未受到噪声污染,无须进行滤波操作,其中 T 为设定的阈值.

$$|G - G_{\min}| > T \text{ 并且 } |G - G_{\max}| > T \quad (1)$$

3.2 局部检测

局部检测的目的是判别灰度值处于极值点像素点是否为噪声点.在图1中,分布着大量的黑白相间的条纹,即原图像素点中存在大量的极值.对于该种特点的图像,WM、CWM、TSM等大部分中值滤波方法由于将灰度值为极值的非噪声点误判为噪声点,导致处理结果都不是很理想.



图1 存在大量极值的 barb 图

如何保证非噪声极值点不被滤波,或者滤波后不至于与周围差异较大的像素点进行错位,这需要充分结合像素点周围的信息进行分析.如图2所示,在 3×3 滤波窗口中,对于(a),因为窗口中心点灰度值与相邻点差值较大,噪声点的可能性较大;而对于(b),由于差值较小(为0),非噪声点的可能性较大.

113	113	114	114
113	255	255	114
157	255	255	114
157	156	150	150

(a)

(b)

图2 图像灰度值

3.3 噪声点检测算法

由上述分析,可归纳出完整的噪声点检测算法.

算法1 噪声点检测算法

输入:图像的全局极大值为 $G_{\max}$,极小值为 $G_{\min}$,滤波窗口最大值为 $W_{\max}$,像素点 $P(a,b)$ 及其灰度值 G ,阈值 T .

输出:对像素点 $P(a,b)$ 的判定.

- ① 若满足 $|G - G_{\min}| > T$ 且 $|G - G_{\max}| > T$,则转⑥;
- ② 以 P 为中心,设置窗口大小 w 为3的滤波窗口;
- ③ 计算该窗口内标准中值滤波结果,记为 SM ;若满足 $G_{\min} < SM < G_{\max}$,则转到⑤;
- ④ 设置窗口大小扩展为 $w+2$;若 $w > W_{\max}$,则转到⑤,否则转到③;
- ⑤ 对于当前滤波窗口,计算像素点 P 与另外 $w \times w - 1$ 个像素点灰度值差值的均值 G_{mean} ;若 $G_{\text{mean}} < T_1$,转⑥,否则转⑦;

⑥ 点 P 为非噪声点.

⑦ 点 P 为噪声点.

3.4 自适应窗口策略

在噪声点的检测过程中,滤波窗口的大小对滤波算法有非常大的影响:若窗口取值较小,能够有效的保护图像细节信息,但去噪效果相对较弱;反之,滤波器的去噪效果较强,而滤波后图像模糊程度则会加大.

图3表示的是噪声图像中某局部区域灰度值矩阵,当图像中噪声密度较大时,较小的窗口则无法保证 G_{mean} 正确表示出窗口中心值与边其他像素点的关系.如(a)中, 3×3 窗口内含有6个噪声点,但极值都为极大值,因此窗口中心与其它8个像素点的差额均值仍为20左右,此时窗口中心被判断为非噪声点;而当窗口扩大后,噪声点虽然增加了,但极大值与极小值的比例发生变化,从而降低了噪声极值点对 G_{mean} 的影响,所求得的 G_{mean} 也正确的反映了窗口中心值为噪声点,在(b)中可以看出,当采取 5×5 窗口时, G_{mean} 经计算是大于 T_1 的,可以判定窗口中心为噪声点.

255	255	187
168	255	255
160	255	255

(a)

180	255	177	255	187
0	255	255	187	0
167	168	255	255	255
167	160	255	255	255
0	147	147	255	0

(b)

图3 噪声密度为0.6的图像局部信息

对于滤波窗口大小的选取原则是使窗口内噪声点对 G_{mean} 的影响最小. 此处采用标准中值滤波 SM 的值进行比较. 若 SM 的值处于极大值与极小值之间, 则可以说明极大值与极小值在该滤波窗口中的分布较均匀.

滤波窗口的自适应调整的作用不仅仅体现在噪声点判断上, 对于噪声的滤除操作方面, 窗口自适应也有着重要的作用.

4 噪声点的滤除

自适应窗口策略还可以更精确的区分噪声点与图像细节点, 从而更好的保护了图像细节信息, 并且能够更好的调整滤波器的去噪性能, 有效的弥补了一般滤波器对于含有高密度噪声的图像处理上的不足.

图 4 展示了噪声密度 0.2 的 lena 图采用 AM 滤波器的去噪情况. 可以看出, 采用 3×3 窗口时一次滤波后噪声点无法完全滤除, 而采用 9×9 窗口后, 虽然噪声都已经滤除, 但图像相对于原图有了较大的模糊. 由此可知, 窗口的大小对于滤波器去噪效果有重要的影响. 当滤波窗口越小时, 图像细节的保留越丰富, 但去噪性能不佳; 而当窗口增大时, 去噪性能有了明显提升, 但图像细节也随之被模糊.

当图像所含噪声密度较高时, 窗口大小的影响更为明显. 如图 5 所示, 当噪声密度达到 0.8 时, 该 3×3 窗口中经过 SM 的中值及其左右邻值全都为噪声点, 此时进行任何滤波操作也不会改变其灰度值, 滤波也失去其意义了. 此时需要扩大窗口大小, 以获取更多的图像信息来弥补噪声带来的影响.

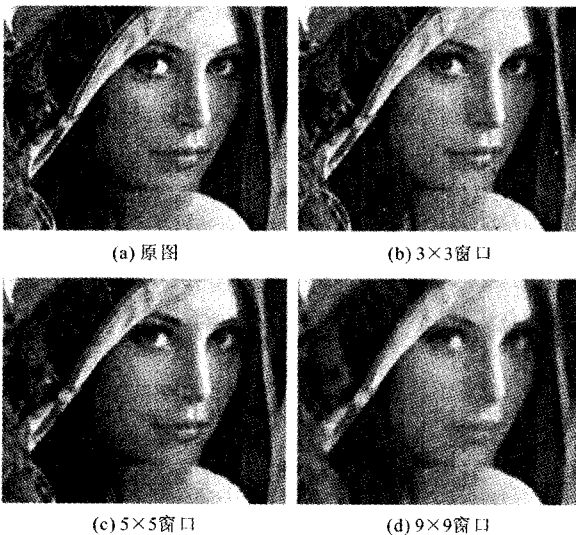


图 4 lena 图采用 AM 滤波器的去噪效果

255	255	255
134	255	255
255	255	134

(a)

0	167	0	255	255
255	255	255	255	167
255	134	255	255	0
134	255	255	134	0
0	0	0	255	0

(b)

图 5 噪声密度为 0.8 的图像局部灰度值

在噪声去除过程中, 采用的窗口变化策略与噪声检测机制中介绍的自适应窗口策略基本一致, 不同之处在于判断是否需要将窗口扩展时, 采用 AM 进行判断. 因为 AM 的输出值与窗口中值及其左右邻值相关, 因此可以假定当 AM 滤波结果非极值时, 此时的窗口大小即可作为去噪所用的窗口. 经过分析可以发现, 该种条件比噪声检测机制中的窗口变化条件更宽松: 当 SM 值非极值时, AM 值也非极值; 但当 SM 值为极值时, 由于 AM 是通过 SM 值与其左右邻值进行判定, AM 值也极有可能不是极值^[8]. 因此采用这种判定方法有可能获得更小的窗口进行滤波. 由于较小的窗口, 保留图像细节能力更强, 因此采用该策略会达到更好的效果.

文献[8]介绍的 AM 噪声滤除算法所引入的线性自适应策略可以很好的去除噪声, 但对于高密度噪声及细节丰富图像的处理效果相对于其他算法要差. 而动态窗口策略则可以自适应选取合适的滤波窗口进行处理, 有效的处理高密度噪声及细节丰富图像. 文中针对此缺陷所设计的基于动态窗口的自适应中值滤波方法(VAM)即是对其的有效改进.

算法 2 噪声点检测算法

输入: 图像的全局极大值为 G_{max} , 极小值为 G_{min} , 滤波窗口最大值为 W_{max} , 像素点 $P(a, b)$ 及其灰度值 G , 阈值 T .

输出: 对像素点 $P(a, b)$ 的判定.

- ① 根据算法 1, 若点 P 为非噪声点, 则结束, 否则转 ②;
- ② 以 P 为中心, 设置窗口大小 w 为 3 的滤波窗口;
- ③ 计算当前滤波窗口下, 采用 AM 滤波算法的结果, 记为 AM; 若满足 $G_{min} < AM < G_{max}$, 则转到 ⑤.
- ④ 设置窗口大小扩展为 $w+2$; 若 $w > W_{max}$, 则转到 ⑤, 否则转到 ③;
- ⑤ 记当前 AM 为 VAM, 做为像素点 P 的滤波结果, 并将 VAM 更新为像素点 P 滤波后的灰度值.

5 仿真结果以及分析

采用图例 lena、barb 进行仿真滤波比较. 其中, lena 的图像较为平缓, 平坦区域多; 而 barb 图则是细节信息非常丰富, 难以处理.

5.1 噪声检测机制性能分析

对于 3.1 节中提到的阈值 T_1 取不同值, 采用 VAM 滤波器对 512×512 的 barb 图进行滤波去

噪,计算信噪比(PSNR),绘制曲如图 6 所示.

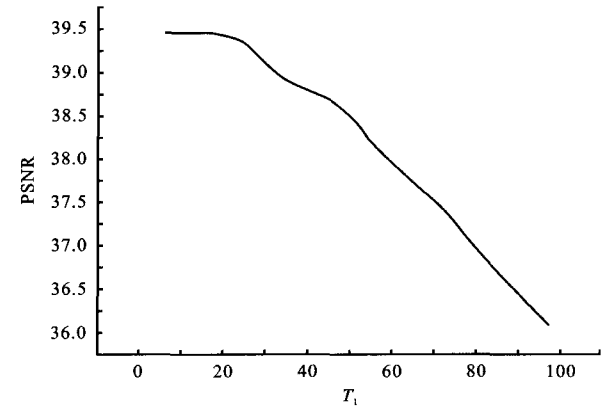


图 6 T_1 取不同值时 VAM 滤波所得的信噪比

可以发现, T_1 的取值在 10 到 20 之间时,去噪效果最佳,当 T_1 不断上升时,去噪效果随之递减.

在 T_1 取值为 15 的情况下,分别对 barb 图像和

lena 图像加入一定密度的噪声,再进行噪声检测操作,统计其发现的噪声点数量以及发现的噪声密度如表 1 所示.可以看出,该噪声检测机制效果良好,检测结果与实际噪声密度误差较小.

5.2 VAM 滤波器去噪效果分析

表 2 展示的是噪声密度为 0.2 和 0.4 时,lena, barb 和 boat 三幅图采用不同滤波算法的去噪结果.可以看出,AM 滤波器相对于其他算法有较好的改进,但对于纹理复杂的 boat 图所得到的结果要比其他算法偏差.而文中提出的 VAM 算法则对于各种特点不同图像都有较好的去噪效果,这是由于 VAM 在保留了 AM 处理平缓图像的优越性的同时,克服了 AM 在细节丰富时的不足,加强了图像细节的保留能力以及图像的去噪能力.

表 1 噪声检测机制发现的噪声密度

噪声密度	barb (512×512)			lena (512×512)		
	发现噪声点	图像总像素点	检测到噪声密度	发现噪声点	图像总像素点	检测到噪声密度
0.2	52345	262144	19.97%	52391	262144	19.99%
0.4	104991	262144	40.05%	104702	262144	39.94%
0.6	157437	262144	60.06%	157123	262144	59.94%
0.8	209804	262144	80.03%	209631	262144	79.97%
0.9	235991	262144	90.02%	236154	262144	90.09%

表 2 采用各类滤波方法,对不同噪声密度下的不同图像的滤波后的信噪比

图像名称		滤波窗口	PSNR					
			加噪图像	SM	CWM	TSM	AM	VAM
噪声密度 0.2	lena	3×3	34.0582	37.4139	40.2843	41.7077	42.2601	42.8497
		5×5		36.0394	37.1440	39.6207	41.2163	
		9×9		34.7285	35.0574	37.5549	37.5103	
	barb	3×3	34.0689	33.4826	35.7886	36.2758	36.4539	39.4598
		5×5		32.6353	33.3687	34.5618	34.7252	
		9×9		32.0913	32.3441	34.0033	33.9731	
	boat	3×3	34.0966	36.0905	38.9921	40.2062	40.5004	41.5691
		5×5		34.8435	35.9231	38.2595	38.3394	
		9×9		33.6556	33.9739	36.5213	36.4122	
噪声密度 0.4	lena	3×3	31.0610	35.0758	37.3760	37.3803	37.3600	38.9120
		5×5		35.2476	36.3477	37.4348	37.6484	
		9×9		34.3614	34.7378	36.2427	36.2736	
	barb	3×3	31.0276	32.4786	34.5919	34.3919	34.3538	36.1053
		5×5		32.3468	33.1875	33.7383	33.8441	
		9×9		31.9389	32.2315	33.2873	33.2817	
	boat	3×3	31.0568	34.1081	36.4528	36.3512	36.2650	37.6799
		5×5		34.1699	35.2740	36.2101	36.2789	
		9×9		33.4419	33.7907	35.2856	35.2060	

为了验证 VAM 中自适应调整窗口策略比之于固定窗口策略在处理高密度噪声图像上的优势,图 7 展示了对于含 80% 噪声的 lena 图像处理情况. 图中(b)、(c)、(d)、(e)分别是 WM、TSM、AM、AVM 的滤波结果. 可以看出,具有自适应调整窗口大小功能的 VAM 算法对于高密度噪声仍然有很强的处理能力,噪声可以准确滤除,并且图像细节及边缘信息保留良好.

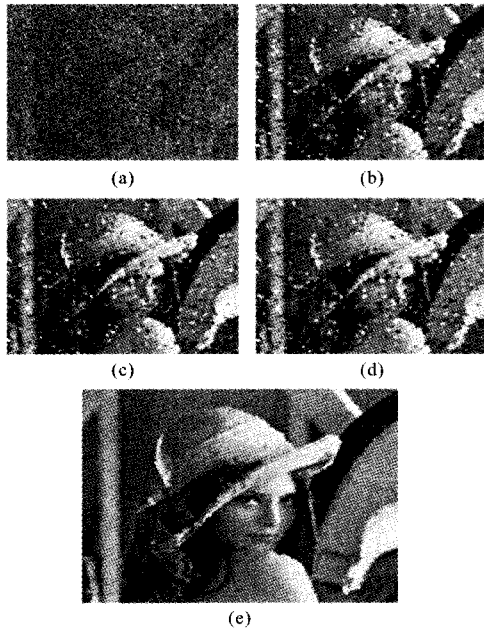


图 7 噪声密度为 0.8 的 lena 去噪结果

6 结束语

文中提出了一种基于噪声检测的自适应中值滤波算法(VAM). 新算法采用合理的噪声检测机制,设计了窗口自适应调整策略,实现准确高效的区分噪声点与非噪声点,从而保护图像的细节边缘信息. 经过实验仿真比较,文中算法在噪声处理及细节保护上有明显的改进,对于高密度噪声的图像,则优势更加明显.

参考文献:

- [1] 陆天华. 数字图像处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [2] Brownrigg D R K. The weighted median filter[J]. Communications of the ACM, 2007, 27(8): 807—818.
- [3] Ko S J, Lee Y H. Center weighted median filters and their applications to image enhancement [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 2008, 38(9): 984—993.
- [4] Chen Tao, Ma KaiKuang, Chen LiHui, et al. Median filter for image denoising[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2007, 8(12): 1834—1838.
- [5] Hwang H, Haddad R A. Adaptive median filters: new algorithm and results [J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2006, 4(4): 499—502.
- [6] Yang X H, Toh P S. Adaptive fuzzy multilevel median filter[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2008 (5): 680—682.
- [7] Eng H L, Ma K K. Noise adaptive soft-switching median filter[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2009, 10(2): 242—251.
- [8] Chang Chin Chen, Hsiao JuYuan, Hsieh ChihPing. An adaptive median filter for image denoising [J]. IEEE Second International Symposium on Intelligent Information Technology Application, 2008: 346—350.
- [9] 常瑞娜, 穆晓敏. 基于中值的自适应均值滤波算法[J]. 计算机工程与设计, 2009: 4257—4259.
- [10] 雷超阳, 廖海洲, 周训斌. 采用一种新的滤波方法去除图像噪声[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(1): 43—48.
- [11] 武英. 一种图像椒盐噪声自适应滤除方法[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(4): 78—84.

作者简介:

王会芳 女, (1979—), 博士, 讲师. 研究方向为数字图像处理.

黄华 女, (1972—), 硕士, 讲师. 研究方向为数字图像处理.