

一种基于纵横子窗口的去椒盐噪声算法

沈德海, 鄂旭, 侯建

(渤海大学信息科学与技术学院, 辽宁锦州 121013)

摘要: 为了有效地去除图像椒盐噪声并且较好地保持图像的细节, 提出了纵横子窗口的滤波算法。算法对噪声图像检测窗口内中心像素点进行检测, 如果是噪声点, 将检测窗口划分为水平和垂直方向 $2N$ 个子窗口, 计算子窗口内非噪声点的个数, 如果为奇数, 求出它们的中值; 如果为偶数, 求出它们的均值, 然后用这些子窗口的中值、均值及中心点像素值的中值替代中心点像素值, 对于非噪声点的中心点保持原值不变。仿真实验表明, 算法对椒盐噪声的抑制和图像细节的保持具有较好的鲁棒性和适应性。

关键词: 椒盐噪声; 检测阈值; 纵横子窗口

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)07-0036-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.07.009

A Removal Salt and Pepper Noise Algorithm Based on Vertical and Horizontal Sub-windows

SHEN De-hai, E Xu, HOU Jian

(College of Information Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China)

Abstract: In order to remove the salt and pepper noise and keep the details of the image effectively, a filter algorithm based on vertical-horizontal sub-windows is proposed. The algorithm detects the center point of the noise image in detection window, if the point is noise, divide the window into $2N$ sub-windows of vertical and horizontal direction, then compute the non noise points in every sub-window, if their number is odd, calculate their median value, else calculate their mean value, at last, the center point pixel value will be replaced with the median value of these values including all the median value and mean value in the detection window and the center point pixel value. The center pixel value will be retained for the non noise points. The simulation experiment indicates that the algorithm has good robustness and suitability in the noise suppression and image detail protection.

Key words: salt and pepper noise; detection threshold; vertical-horizontal sub-windows

0 引言

图像滤波是图像预处理的一项基本技术, 应用较多的图像滤波技术有低通滤波器、巴特沃斯滤波器、Lee 滤波器、Frost 滤波器等^[1]。这些滤波器的滤波效果较好, 但在滤除噪声的同时也造成图像的边缘、纹理等细节模糊。边缘是图像的基本特征之一, 包含很多重要信息。因此, 人们希望在去除图像噪声的同时, 能够较好地保护图像的边缘等细节。中值滤波是一种应用广泛的典型的非线性滤波算法, 对随机脉冲噪声的滤除效果较好, 而且对图像的边缘也起到了较好的保护作用。然而, 中值滤波 (MF) 的一个严重不足是引

起相对滤波窗口而言较为“细小”的信号细节结构的破坏和丢失^[2]。为了改进中值滤波算法的不足, 学者们进行了深入研究与实验, 提出了许多改进的中值滤波算法, 如加权中值 (WM) 滤波算法^[3]、Max-min 算法^[4]、模糊中值 (FM) 滤波算法^[5]、极值中值滤波 (EM) 算法^[6]、多级中值滤波算法^[7-9]等, 其中多级中值滤波算法 (MLM) 是针对图像处理提出的一种最典型的细节保护中值滤波算法之一, 它通过滤波窗口的子窗口来匹配图像的细节结构, 达到保护细节和去噪声的目的。然而, 由于 MLM 的输出是基于子窗口的信息点中值, 因此对高密度噪声图像的滤噪能力较差。

算法借鉴多级中值滤波算法的思想, 采取开关策

收稿日期: 2012-10-18

修回日期: 2013-01-20

网络出版时间: 2013-04-08

基金项目: 博士后基金项目 (2012M520158); 辽宁省教育项目 (L2012396, L2012397, L2012400); 辽宁省高等学校实验室项目 (L2012397); 辽宁省“百千万人才工程”资助项目 (2012921058)

作者简介: 沈德海 (1978-), 男, 讲师, 硕士, 研究方向为数据库技术与图像处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130408.1559.015.html>

略,主要从以下三方面对均值滤波进行了改进:使用检测阈值并结合边缘等细节局部统计信息确定噪声点,使得噪声的漏判率和误判率大大降低;将滤波窗口(大小 $N \times N$) 划分为水平和垂直方向 $2N$ 个子窗口,以噪声点为中心点,从各邻域子窗口获取图像信号点(去掉噪声点);各子窗口信息点的采集利用中值和均值相结合的方法,避免了偶数信号点的中值可能产生的偏移,起到良好的平滑图像的效果。

1 中值滤波算法简介

中值滤波是一种非线性滤波方法,是由著名学者 Turkey 于 1971 年首次提出^[10]。传统的中值滤波算法用中心像素点邻域的中值代替中心像素值,运算简单速度快,能有效地抑制脉冲噪声,其原理如下:

设数字图像用方格上的数集 (x_{ij}) 表示, i, j 取遍 I^2 或 I^2 的某子集。滤波窗为 A , 则图像 (x_{ij}) 的中值滤波定义如式(1), 式中的滤波窗 A 可以是条形、正方形、十字形等。

$$y_{ij} = \text{Med}\{x_{ij}\}_A = \text{Med}\{x_{(i+r)(j+s)} | (r, s) \in A(i, j) \in I^2\} \quad (1)$$

在一定条件下,中值滤波在去脉冲噪声、边缘保持等方面明显优于线性滤波器的代表——均值滤波,但它存在的严重问题是对所有像素点采取统一的处理方法,滤除噪声的同时也将图像中的高频信息滤掉,造成图像细节损失,图像模糊。随着噪声密度的增大,滤波性能将大幅度下降。

2 基于纵横子窗口的去椒盐噪声算法

2.1 噪声检测

在图像滤波过程中,是否准确地检测出噪声点是至关重要的一步,直接影响到滤波效果。文献[11]采用窗口方差和阈值比较确定边缘信息,增加了算法的复杂程度。文献[6]采用式(2)方法来检测噪声点。式中, $\min(W[x_{ij}])$ 和 $\max(W[x_{ij}])$ 分别表示对窗口 $W[x_{ij}]$ 内的所有像素点取最小值和最大值。

$$x_{ij} \in \begin{cases} N & x_{ij} = \min(W[x_{ij}]) \max(W[x_{ij}]) \\ S & \min(W[x_{ij}]) \leq x_{ij} \leq \max(W[x_{ij}]) \end{cases} \quad (2)$$

文献[6]的判别方法比较简单,但将所有等于邻域极值的像素点都视为噪声点容易产生误判,因为图像边缘等细节处的像素值也可能等于检测窗口内的极值,因此在滤波后会造成图像细节的模糊。根据椒盐噪声的特点可知,一般灰度图像椒盐噪声点的灰度值可能等于 0 或 255,也可能略大于 0 或略小于 255。因此,文中在噪声检测中采用检测阈值,以减少对噪声点的漏判。另外,由于灰度图像中少部分边缘像素点的

灰度值也集中在 0 和 255 附近,所以当检测窗口正处于图像边缘部分时,窗口内准噪声点(像素值在 $[0, \delta]$ 或 $[255 - \delta, 255]$ 区间)的个数要比非边缘处的准噪声点多,为了减少误判,在检测阈值基础上又结合了滤波窗口的局部统计信息以进一步确定噪声点。算法采用式(3)中的条件判断噪声。

$$f_{ij} = \begin{cases} N & 0 \leq f_{ij} \leq \delta, \text{ 且 } x < \beta \text{ 或} \\ & 255 - \delta \leq f_{ij} \leq 255, \text{ 且 } x < \beta \\ S & \text{Others} \end{cases} \quad (3)$$

式中的 δ 称为检测阈值,根据多次实验的结果可知, δ 取值范围为 1 ~ 10 时准确率较高,具体取值可根据图像实际情况做适当调整。式中 x 为检测窗口内准噪声点的个数, β 为边缘门限值,当检测点 f_{ij} 是准噪声点且检测窗口内准噪声点总数 x 小于 β 时, f_{ij} 被认为是噪声点,否则认为是边缘点。经过多次实验效果验证,对于 3×3 检测窗口, β 值在 7 ~ 9 之间比较合适,对于 5×5 检测窗口, β 在 20 ~ 25 之间比较合适。

2.2 噪声去除

算法对噪声点的去除充分利用了中心点邻域像素的相关性,从以噪声点为中心的纵横两个方向的 $2N$ 个子窗口中分别取可用像素点的中值或均值,再对所取的中值、均值计算中值以替代噪声点,达到了较好的噪声去除效果和细节保护能力,以下是去噪声算法的具体步骤。

(1) 算法先将以噪声点为中心大小为 $(2N + 1) \times (2N + 1)$ 的滤波窗口划分为纵横 $4N + 2$ 个子窗口,定义如式(4)所示, (m, n) 表示滤波窗口的中心点。

$$\left. \begin{aligned} W_{x_1}(m, n) &= \{f(1, n + j) - N < j < N\} \\ W_{x_2}(m, n) &= \{f(2, n + j) - N < j < N\} \\ &\vdots \\ W_{x_{2N+1}}(m, n) &= \{f(2N + 1, n + j) - N < j < N\} \\ W_{y_1}(m, n) &= \{f(m + i, 1) - N < i < N\} \\ W_{y_2}(m, n) &= \{f(m + i, 2) - N < i < N\} \\ &\vdots \\ W_{y_{2N+1}}(m, n) &= \{f(m + i, 2N + 1) - N < i < N\} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式(4)中的 $W_{x_1}(m, n)$ 至 $W_{x_{2N+1}}(m, n)$ 为横向的 $2N + 1$ 个子窗口, $W_{y_1}(m, n)$ 至 $W_{y_{2N+1}}(m, n)$ 为纵向的 $2N + 1$ 个子窗口,各子窗口如图 1 所示。

(2) 将各子窗口内像素值在 $[0, \delta]$ 或 $[255 - \delta, 255]$ 的像素点去掉,并统计其余像素点的个数计为 k 。如果 k 为奇数,则求出这些像素点的中值 $M_l(m, n)$, 如果 k 为偶数,则求出这些像素点的均值 $A_l(m, n)$, 如式(5)所示,设 $W_l(m, n)$ 代表子窗口。

$$\left. \begin{aligned} M_l(m, n) &= \text{median}[W_l(m, n)], k \text{ 为奇数} \\ J_l(m, n) &= \text{mean}[W_l(m, n)], k \text{ 为偶数} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$l \in (x_1, x_2, \dots, x_{2N+1}, y_1, y_2, \dots, y_{2N+1})$$

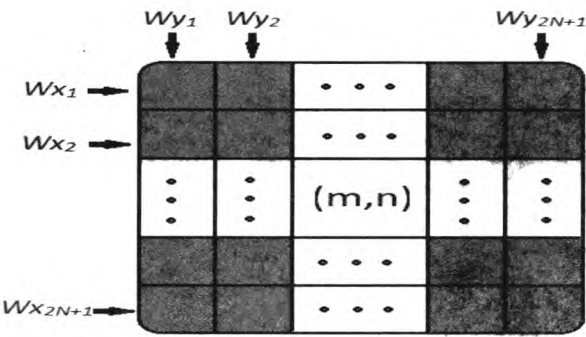


图 1 算法滤波窗口

(3) 对各个子窗口中所求出的中值或均值以及中心点求中值,用此中值替换中心点像素值作为滤波输出,算法的输出如式(6)所示。

$$Y_{out} = \text{med}[M_l(m,n), A_l(m,n), f(m,n)]$$
$$l \in (x_1, x_2, \dots, x_{2N+1}, y_1, y_2, \dots, y_{2N+1})$$

(6)

3 仿真实验效果比较与分析

在 Matlab 平台下进行仿真试验,选用了 512×512 大小的标准灰度图像“lena”,加入了椒盐噪声,概率为 50%,椒盐噪声的密度从 0.1 依次增加到 0.8。分别采用传统中值滤波算法、Max-min 算法、MLM+算法和文中算法对图像进行滤波处理。采用图像去噪后的峰值信噪比 (PSNR) 和归一化均方误差 (NMSE) 客观评价方法来衡量算法去噪声能力和细节保护能力。

表 1 为各种滤波算法在 3×3 滤波窗口下的 PSNR 值随噪声密度变化的数据。从表 1 中可以看到,对各种密度的噪声,在滤波窗口为 3×3 时,文中算法的滤波性能明显优于其它三种算法,即便在噪声密度高达 80% 时仍然具有较高的 PSNR 值,显示出了良好的去椒盐噪声性能。

表 1 几种滤波方法的 PSNR 值比较

噪声密度	NMSE 值			
	传统中值	MLM+算法	Max-min 算法	文中算法
10%	32.88	34.21	36.45	42.33
20%	28.42	31.36	34.83	38.57
30%	23.41	29.27	32.47	36.39
40%	18.97	27.23	29.74	34.26
50%	15.26	25.17	26.10	31.94
60%	12.38	23.40	22.09	29.39
70%	10.03	21.19	18.05	26.31
80%	8.12	18.97	14.21	23.16

图 2、图 3 是标准灰度图像“lena”分别加入了 20% 和 80% 椒盐噪声的滤波效果对比图,从图 2 中可以看出,在低密度噪声污染情况下,传统中值滤波算法和 MLM+算法有一些噪声点未滤除,Max-min 算法也出现少许的噪声点,而文中算法的滤波图像非常清晰。

从图 3 中可以看出,随着噪声密度增大到 80%,传统中值滤波算法已经完全失去了滤波性能,而 MLM+算法和 Max-min 算法的滤波图像也出现了大量的噪声斑块,显得模糊不清,而文中算法处理的图像相比之下显得非常清晰,性能明显优于其他三种滤波算法,较好地抑制了椒盐噪声,与客观评价结果一致。



图 2 20% 噪声污染 lena 图像及各种算法滤波后效果

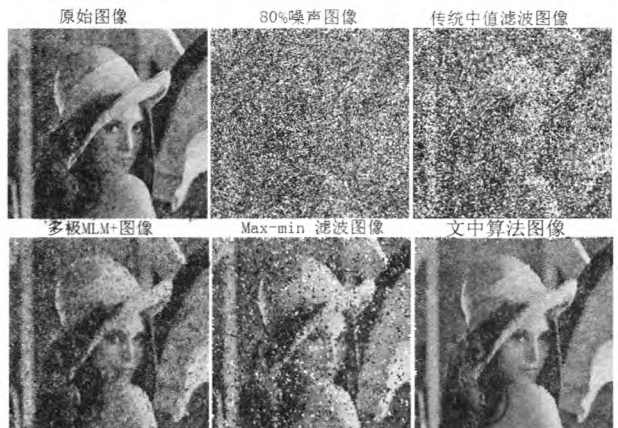


图 3 80% 噪声污染 lena 图像及各种算法滤波后效果

图 4 是标准灰度图像“gorilla”加入了 50% 椒盐噪声的滤波效果对比图,可以看出文中算法对噪声图像胡须部分的滤波效果要优于另外三种算法,显示出了在图像细节及结构的保持上具有较高的性能。

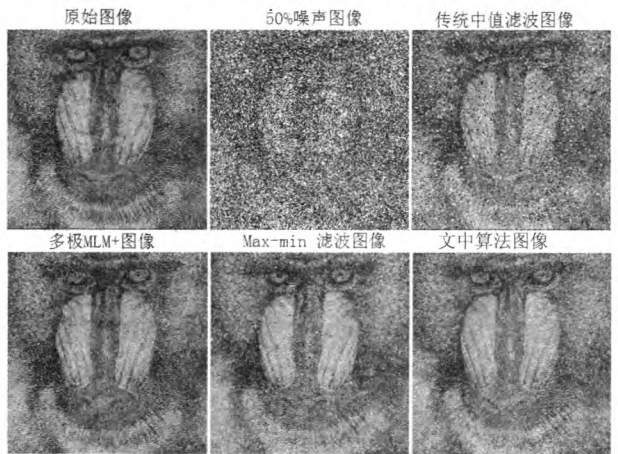


图 4 50% 噪声污染 gorilla 图像及各种算法滤波后效果

从表 2 中的数据可以看出,文中算法在各种噪声

密度下的 NMSE 值精度明显高于另外三种算法,尤其在高密度噪声情况下,文中算法仍然具有较高精度的 NMSE 值,与主观视觉效果一致,显示出了算法稳定而高效的细节保持性能。

表 2 几种滤波方法的 NMSE 值比较

噪声 密度	NMSE 值			
	传统中值	MLM+算法	Max-min 算法	文中算法
10%	0.0019	0.0013	0.0008	0.0002
20%	0.0048	0.0023	0.0011	0.0004
30%	0.0164	0.0040	0.0019	0.0008
40%	0.0470	0.0064	0.0040	0.0013
50%	0.1089	0.0100	0.0098	0.0022
60%	0.2142	0.0160	0.0233	0.0034
70%	0.3657	0.0267	0.0587	0.0078
80%	0.5617	0.0437	0.1326	0.0184

4 结束语

算法采用了开关策略,借鉴多级中值滤波算法思想,将滤波窗口划分纵横子窗口,并利用图像细节统计信息结合检测阈值减少了对噪声点的误判和漏判,去噪过程中充分利用了图像可用信号点信息,采用子窗口奇数信息点取中值、偶数信息点取均值的方法对噪声像素点进行恢复,使算法在图像去噪和边缘等细节保持方面均达到了十分理想的效果,具有较高的实用价值。

参考文献:

[1] Loupas T,Medicken W N,Allan P L. An Adaptive Weighted Median Filter for Speckle Suppression in Medical Ultrasonic Images[J]. IEEE Trans. on Circuits Syst. ,1989,36(1):129-135.

[2] 宋焕生,梁德群,刘春阳. 一种新的自适应多级中值滤波器[J]. 信号处理,1996,12(4):297-305.

[3] Brownrigg D R K. The weighted median filter[J]. Commun. Assoc. Computer,1984,27(8):807-818.

[4] Wang J H,Lin L D. Improved median filter using min-max algorithm for image processing[J]. Electronics Letters,1997,33(16):1362-1363.

[5] 陶剑锋,殷志祥,廖光洪. 基于模糊中值的图像处理方法[J]. 信息与电子工程,2007,5(5):391-394.

[6] 邢藏菊,王守觉,邓浩江,等. 一种基于极值中值的新型滤波算法[J]. 中国图象图形学报,2001,6(6):533-536.

[7] Nieminen A,Heinonen P,Neuvo Y. A new class of detail preserving filters for image processing[J]. IEEE Trans. on PAMI,1987,9(1):74-90.

[8] Arce G R,Foster R E. Detail preserving ranked order based filters for image processing[J]. IEEE Trans. on ASSP,1989,37(1):83-98.

[9] 吴昌东,江桦,邱晓初. 基于多级中值滤波-提升小波技术的图像去噪[J]. 激光杂志,2010,31(6):23-25.

[10] Gallagher N C,Wise G L. A theoretical analysis of the properties of the median filter[J]. IEEE Trans. on ASSP,1981,29(6):1136-1141.

[11] 卢桂馥,王勇,窦易文. 一种新的图像椒盐噪声的非线性滤波算法[J]. 计算机技术与发展,2008,18(1):90-92.

(上接第 35 页)

Proceedings of the 2011 10th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science. Washington, D C:IEEE Computer Society,2011:307-311.

[2] Ammann P,Ding W,Xu D. Using a Model Checker to Test Safety Properties[C]//Proceedings of the Seventh International Conference on Engineering of Complex Computer Systems. Washington, D C:IEEE Computer Society,2001:212-221.

[3] Gargantini A,Heitmeyer C. Using model checking to generate tests from requirements specifications[C]//ESEC'99. [s. l.]:Springer-Verlag,1999:146-162.

[4] 曾红卫,缪淮扣. 一种验证 Web 应用设计的方法[J]. 上海大学学报(自然科学版),2007,13(5):578-582.

[5] Hamon G,Hamon G E,de Moura E,et al. Generating Efficient Test Sets with a Model Checker[C]//2nd International Conference on Software Engineering and Formal Methods. Washington, D C:IEEE Computer Society,2004:261-270.

[6] 文艳军,王戟,齐治昌. 并发反应式系统的组合模型检验与组合精化检验[J]. 软件学报,2007,18(6):1270-1281.

[7] 胡军,于笑丰,张岩,等. 基于场景规约的构件式系统设计分析与验证[J]. 计算机学报,2006,29(4):513-525.

[8] Clarke E,Grumberg O,Jha S,et al. Counterexample-guided abstraction refinement[C]//International Conference on Computer Aided Verification (CAV'00). Heidelberg:Springer-Verlag,2000:154-169.

[9] 奚和平. 基于构件的软件测试模型及方法[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版),2006,7(3):236-241.


[10] 张书杰,于学军,阎健卓,等. 基于构件软件系统集成测试的初步研究[J]. 北京工业大学学报,2004,30(2):3-5.

[11] Rushby J. Using model checking with automated abstraction, invariant generation and theorem proving[C]//Proc of 5th and 6th International SPIN Workshops on Theoretical and Practical Aspects of SPIN Model Checking. Heidelberg:Springer-Verlag,1999:1-11.

[12] Pnueli A. The Temporal Semantics of Concurrent Programs[C]//Proc of International Symposium on Semantics of Concurrent Computation. [s. l.]:[s. n.],1979:1-20.

[13] 曾红卫,缪淮扣. 构件组合的抽象精化验证[J]. 软件学报,2008,19(5):1149-1159.

一种基于纵横子窗口的去椒盐噪声算法

作者: 沈德海, 鄂旭, 侯建, SHEN De-hai, E Xu, HOU Jian
作者单位: 渤海大学信息科学与技术学院, 辽宁锦州, 121013
刊名: 计算机技术与发展 
英文刊名: Computer Technology and Development
年, 卷(期): 2013, 23(7)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201307009.aspx