

## 一种新的图像椒盐噪声的非线性滤波算法

卢桂馥, 王 勇, 窦易文

(安徽工程科技学院 计算机科学与工程系, 安徽 芜湖 241000)

**摘 要:** 为了在滤除椒盐噪声的同时能很好地保持图像的边缘细节, 提出了一种新颖的图像椒盐噪声非线性滤波算法。利用局部统计信息, 先将图像像素点分为信号点和可能的噪声点两类。然后将可能的噪声点进一步细分为边缘点、噪声点和信号点; 利用方向信息、均方差来判断是否为边缘点, 利用自适应阈值的方法来判断是否为噪声点, 并且对边缘点和噪声点采取不同的方法进行滤波。经过仿真实验并与其它滤波算法进行比较表明, 文中的算法具有更好的效果。

**关键词:** 椒盐噪声; 滤波算法; 灰度图像; 均方差

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2008)01-0090-03

## A New Nonlinear Algorithm for Removal of Salt - and - Pepper Noise from Images

LU Gui-fu, WANG Yong, DOU Yi-wen

(Department of Computer Science and Engineering, Anhui University of Technology and Science, Wuhu 241000, China)

**Abstract:** In order to achieve very good salt - and - pepper noise removal as well as preserving image edge details, a new nonlinear algorithm is proposed in this paper. Utilizing the statistical information in a local window of the image, each pixel is classified to be signal pixel and possible noise pixel. Then the possible noise pixels are subdivided into edge pixels, noise pixels and signal pixels: an edge pixel is judged according to direction information and average variance, a noise pixel is judged according to an adaptive threshold. Different filtering schemes are employed for edge pixels and noise pixels. The simulation results show that this algorithm outperforms is better than other algorithms.

**Key words:** salt - and - pepper noise; filtering algorithm; gray - scale image; average variance

## 0 引 言

在图像处理中, 由图像传感器、信道传输、解码处理等所产生的脉冲噪声, 会在图像中引起黑 - 白点子, 因而常称为椒盐噪声<sup>[1]</sup>。这种椒盐噪声极大地降低了图像质量, 因而去除噪声在图像处理中占有重要的地位。针对椒盐噪声的消除问题, 人们提出了很多滤波方法。中值滤波(MF)<sup>[2]</sup>是当前最广泛的非线性滤波方法之一, 滤波效果较好。但中值滤波器对所有像素采用统一的处理方法, 使得在改变噪声点像素值的同时也改变了信号点的像素值, 因而模糊了图像的边缘、拐角以及细线等细节信息。一些学者提出了许多中值滤波器的改进方法, 如加权中值滤波(WM)<sup>[3]</sup>、中心加

权滤波(CWM)<sup>[4]</sup>、开关中值滤波(SM)<sup>[5]</sup>、递进开关滤波(PSM)<sup>[6]</sup>、自适应中值滤波(AM)<sup>[2]</sup>、极值滤波(EM)<sup>[7]</sup>、基于排序阈值的开关中值滤波(OTSM)<sup>[8]</sup>等。这些方法在改善中值滤波器的性能方面做出了重要的贡献, 但在实际使用中仍然需要进一步改进。SM在噪声密度较低时效果较好, 但其性能随着输入图像信噪比的降低逐渐接近标准中值滤波; PSM算法是循环操作, 执行时间较长, 而且需要经验参数; EM虽然在一定程度上减少了误差的累计传播, 但细节模糊问题仍然存在; WM和CWM通过加权, 降低了细节的损失, 但去噪性能同时下降了。相比之下, AM具有较为优秀的滤波性能, 但随噪声密度增加, 滤波时间迅速增长, 同时, 滤波性能下降较快。OTSM方法参数较多, 且自适应性较差, 在噪声密度较高时, 处理效果不够理想。

文中提出了一种新的图像椒盐噪声的非线性滤波算法。该算法首先按照极值滤波的方法把图像像素分

收稿日期: 2007-03-05

基金项目: 安徽省青年教师科研资助计划项目(2006jq1156); 安徽工程科技学院青年教师基金项目(2005YQ004)

作者简介: 卢桂馥(1976-), 男, 浙江人, 讲师, 硕士, 研究方向为图像处理和计算机视觉。

为信号点和可能的噪声点,然后利用方向信息、均方差来判断可能的噪声点是否为边缘点,如果不是边缘点,再利用自适应阈值的方法来判断是否为真正的噪声点,并且对边缘点和真正的噪声点采取不同的方法进行滤波。

实验表明,该算法能有效地滤除椒盐噪声,且较好地保留图像边缘细节信息。

## 1 算法描述

设原始图像为  $I$ , 大小为  $M \times N$ , 带有椒盐噪声的图像为  $X$ , 滤波后的图像输出为  $O$ 。滤除噪声就是对噪声图像由左至右、由上至下地按下述算法进行处理:

(1) 以噪声图像的像素  $X(i, j)$  为中心选取像素数为  $n \times n$  ( $n$  为奇数) 的窗口, 然后找出窗口内的最大像素值、最小像素值。

(2) 对于每一个  $X(i, j)$ , 如果其等于窗口内的最大像素值或等于窗口内的最小像素值, 那么  $X(i, j)$  是个可能的噪声点, 则需对  $X(i, j)$  进行进一步处理:

a. 判断  $X(i, j)$  是否为边缘。定义以  $X(i, j)$  为中心的 4 个子窗口(如图 1 所示):

$$W_1(i, j) = \{X(i, j-l), -n \leq l \leq n\}$$

$$W_2(i, j) = \{X(i-l, j), -n \leq l \leq n\}$$

$$W_3(i, j) = \{X(i+l, j-l), -n \leq l \leq n\}$$

$$W_4(i, j) = \{X(i-l, j-l), -n \leq l \leq n\}$$

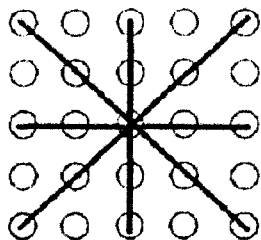


图 1 4 个子窗口

显然,  $W_1, W_2, W_3, W_4$  分别表示沿水平、垂直、与水平成  $45^\circ$  和  $135^\circ$  的一维窗口。然后计算这 4 个一维窗口的均方差。找出这 4 个窗口中均方差最小的窗口  $W_{\min}$  和最大的窗口  $W_{\max}$ , 如果两者之差大于某一阈值  $\sigma$  ( $\sigma$  的值与噪声密度相关, 如果噪声密度小, 则  $\sigma$  的值较大; 否则,  $\sigma$  较小。文中实验时取  $\sigma$  为 100), 这说明此时  $X(i, j)$  位于边缘且均方差最小的窗口即为边缘的方向, 则此时选择均方差最小的窗口对  $X(i, j)$  进行中值滤波。这样就能有效地保护边缘信息。

b. 判断  $X(i, j)$  是否为真正的噪声。如果  $X(i, j)$  不是处于边缘区, 则判断其是否为真正的噪声点。记  $\overline{x_{ij}^n}$  为噪声滤波窗口  $n \times n$  内去掉所有极大值和极小值之后的平均值, 计算  $\overline{x_{ij}^n}$  与相应像素灰度值差的绝对值

$d = |\overline{x_{ij}^n} - X(i, j)|$ , 将  $d$  与设定的阈值  $T$  相比较, 如果  $d$  大于  $T$  则此时  $X(i, j)$  为噪声, 需对  $X(i, j)$  进行滤波, 滤波后的输出  $O(i, j)$  等于  $\text{median}(x_{ij}^n)$  ( $\text{median}(x_{ij}^n)$  表示滤波窗口  $n \times n$  内去掉所有极大值和极小值之后剩余像素点的中值)。

阈值  $T$  应随着图像灰度分布的不同而自适应地调整, 依据人眼视觉的对数特性, 文中采用如下方法自适应确定阈值(如图 2 所示):

$$T = 2 \times \log_2 \left( \frac{256}{1 + |\overline{x_{ij}^n} - 128|} \right) - 1$$

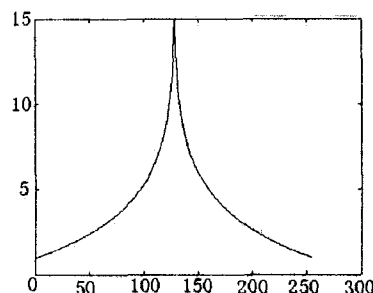


图 2 阈值选取

如果求得的  $\overline{x_{ij}^n}$  为 0, 则相应得扩大滤波窗口的尺寸; 如果仍为 0, 则用如下的方法确定  $X(i, j)$  是否为噪声点。如果  $X(i, j)$  为极大值, 且窗口内极大值像素点的数目小于极小值像素点的数目, 则  $X(i, j)$  为噪声点,  $X(i, j)$  用窗口内的极小值代替; 如果  $X(i, j)$  为极小值, 且窗口内极小值像素点的数目小于极大值像素点的数目, 则  $X(i, j)$  为噪声点,  $X(i, j)$  用窗口内的极大值代替。

c. 如果  $X(i, j)$  不属于上述两种情况, 则  $X(i, j)$  为信号点, 对  $X(i, j)$  不做处理。

(3) 对  $X$  图像中的所有像素重复上述(1)、(2)两步, 即得到输出图像  $O$ 。

## 2 实验结果与分析

为了验证文中算法的有效性, 在这里给出了用文中算法、中值滤波算法及极值滤波算法对大小为  $256 \times 256$ 、灰度级为 256 的标准 lena 图像进行滤波的结果(如图 3 所示)。从图中可以看出, 文中算法的主观视觉效果明显优于其它两种算法, 不仅滤除了所有的噪声, 且在边缘细节的保持上有优势。

若将 lena 图像分别加入密度为 0.1 到 0.9 的椒盐噪声, 再分别用文中滤波算法、中值滤波算法和极值滤波算法进行处理, 其得到的 PSNR 如表 1 所示。PSNR 的计算公式为:

$$\text{PSNR} = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (O(i, j) - I(i, j))^2}$$



图 3 lena 图像滤波结果比较

表 1 不同滤波算法对不同密度噪声的 PSNR

噪声密度	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
文中算法	34.33	32.50	29.63	26.88	23.34	20.30	17.41	15.01	11.56
中值滤波	29.01	26.66	21.86	17.78	14.48	11.57	9.28	7.41	6.01
极值滤波	34.87	30.59	24.08	19.67	15.95	12.74	10.17	8.03	6.31

从表中可以看出,在所有情况下,文中算法的滤波

效果都要明显好于中值滤波算法。而同极值滤波算法比较,除了在噪声密度为 0.1 时文中算法的信噪比接近于极值滤波算法外,在其余情况,文中算法的滤波效果都要好于极值滤波算法。

#### 参考文献:

- [1] 黄煦涛. 二维数字信号处理 II - 变换与中值滤波器[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [2] Gonzalez R C, Woods R E. Digital Image Processing(影印版)[M]. 2nd ed. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] Brownings D. The weighted median filter[J]. Commun Assoc Computer, 1984, 27(8): 807 - 818.
- [4] Kos J, Neuvo Y. Center weighted median filters and their applications to image enhancement[J]. IEEE Trans Circuits Syst, 1991, 15: 984 - 993.
- [5] Sun T, Neuro Y. Detail - preserving median based filters in image processing[J]. Pattern Recognition Letters, 1994, 15: 341 - 347.
- [6] Wang Zhou, Zhang D. Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images[J]. IEEE Trans Circuits and Systems II: analog and digital signal processing, 1999, 46(1): 78 - 80.
- [7] 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(6A): 533 - 536.
- [8] 秦 鹏, 丁润涛. 一种基于排序阈值的开关中值滤波方法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(4): 412 - 416.

(上接第 89 页)

## 4 结论与未来工作

讨论了一种新的基于聚类的数据流离群数据挖掘方法——O-Squeezer 聚类算法,它可以较好地发现局部离群数据,并可以对局部离群阈值进行实时更改。试验结果显示,O-Squeezer 算法能够准确地发现离群数据。但是对于如何消除算法的效果和效率受参数  $P$ ,  $T$  的取值的影响,将是下一步工作的方向。

#### 参考文献:

- [1] Han J, Kamber M. Data Mining[M]. New York: Morgan Kaufmann, 2001.
- [2] HE Zengyou, XU Xiaofei. Squeezer: An Efficient Algorithm for Clustering Categorical Data[J]. Comput. Sci. & Technol, 2002, 17(5): 611 - 624.
- [3] Gibbons P B, Matias Y. New sampling - based summary statistics for improving approximate query answers[C]//Proc of the ACM SIGMOD Int'l Conf on Management of Data. Seattle: ACM Press, 1998: 331 - 342.

- [4] Hawkins D. Identification of Outliers[M]. London: Chapman and Hall, 1980.
- [5] 蒋盛益, 李庆华, 李 新. 数据流挖掘算法研究综述[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(5): 1130 - 1132.
- [6] O'Callaghan L, Mishra N, Meyerson A. Streaming - data algorithms for high - quality clustering[C]//Proc of IEEE International Conference on Data Engineering. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2002.
- [7] Guha S, Mishra N, Motwani R. Clustering data streams[C]//Proc of IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS'00). Redondo Beach: IEEE Computer Society, 2000: 71 - 80.
- [8] Guha S, Meyerson A, Mishra N. Clustering data streams: Theory and practice[J]. Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions, 2003, 15(3): 515 - 528.
- [9] Portnoy L, Eskin L, Stolfo S J. Intrusion detection with unlabeled data using clustering[C]//Proc of ACM CSS Workshop on Data mining Applied to Security(DMSA - 2001). Philadelphia: ACM Press, 2001.