

图象椒盐噪声的非线性自适应滤除

李树涛 王耀南

(湖南大学电气与信息工程学院, 长沙 410082)

(中国科学院自动化研究所模式识别国家重点实验室, 北京 100080)

摘要 为了在滤除图象椒盐噪声的同时能很好地保持图象的细节, 提出了一种新颖的图象椒盐噪声非线性自适应滤除算法. 该方法首先在噪声图象的滤波窗口中去除具有最大和最小灰度值的象素, 然后求取剩余象素的均值, 计算出该均值与对应的象素灰度值的差值, 再通过与阈值相比较, 确定是否用求得的均值代替原噪声图象的灰度值. 阈值由图象的灰度分布自适应地确定. 该算法与已发表的同类算法相比, 具有更好的滤波性能, 尤其在噪声严重时, 其效果明显优于传统的中值滤波算法.

关键词 滤波器 椒盐噪声 图象恢复 非线性 自适应

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2000)12-0999-03

Non-Linear Adaptive Removal of Salt and Pepper Noise from Images

LI Shu-tao, WANG Yao-nan

(Institute of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082)

(National Laboratory of Pattern Recognition, Institute of Automation, CAS, Beijing 100080)

Abstract In order to achieve very good salt and pepper noise cancellation as well as preserving image details, a novel non-linear adaptive algorithm is proposed in this paper. The algorithm is developed by the following main steps. Firstly, pixels with maximum and minimum gray value in filtering window are excluded. Then, mean of the left pixels in filtering window is obtained. Then, difference of the mean and gray value of the corresponding pixel is calculated. Finally, the difference is compared to threshold to decide how to get gray value of output pixel, i. e., if the difference is larger than the threshold, the filtered output of the pixel is the mean, else the filtered output of the pixel is not changed. The threshold is adaptively chosen according distribution of image intensity. The results compared with other published algorithms show that the proposed algorithm can remove almost all the salt and pepper noise pixels while preserve image details very well. Even if the image is highly corrupted, it can still work properly and provide significant improvement over the conventional median filter.

Keywords Filter, Salt and pepper noise, Image restoration, Non-linear, Adaptive

0 引言

在图象处理中, 由图象传感器、信道传输、解码处理等所产生的脉冲噪声, 会在图象中引起黑-白点子, 因而常称为椒盐噪声^[1]. 这种椒盐噪声极大地降低了图象质量, 因而去除噪声在图象处理中占有重要的地位, 它对图象分割、特征提取、图象识别均具有直接的影响. 目前去除噪声的方法主要是进行图象滤波, 而

对图象滤波的要求是既能去除图象以外的噪声, 同时又要保持图象的细节. 传统的滤波算法有以局部平均法为代表的线性滤波和以中值算法为代表的非线性滤波. 其中, 中值滤波法虽能够减小图象中的椒盐噪声, 但效果还不理想, 即充分分散的椒盐噪声虽能被去掉, 而彼此靠近的噪声则会被保留下来, 所以当椒盐噪声比较严重时, 它的滤波效果明显变坏.

1988年, Lin 和 Willson 提出了长度自适应的改进型中值滤波器^[2]; 1994年 Florencio 和 Schafer

提出了利用局部信号统计特性的中值滤波器^[3], 这些滤波器在性能上都比传统的中值滤波器有所改善; 1994年, Hardie 和 Barner 提出了 RCRS 滤波器^[4]; 1996年, Abreu 等人提出了 ROM 滤波器, 其输出为输入信号和 ROM 的加权和^[5]. 接着, Russo 和 Ramponi、Zhang 和 Wang 又分别于 1996 年和 1997 年提出了基于模糊逻辑的滤波器^[6,7], 其滤波效果虽有所增强, 但与其它模糊系统一样, 模糊规则的产生有一定的难度.

本文提出了一种新颖的非线性自适应图象椒盐噪声滤除算法. 该算法与已发表的其它算法相比, 具有更好的滤波性能, 尤其在噪声严重时, 其效果明显优于传统的中值滤波算法.

1 滤波算法

设原始图象为 I , 大小为 $M \times N$ (M 为行数, N 为列数), 带有椒盐噪声的图象为 I' , 滤波后输出图象为 O .

滤除噪声就是对噪声图象由左至右、由上至下地按下述算法进行处理:

(1) 以噪声图象的象素 $I'(i, j)$ 为中心选取象素数为 $n \times n$ 的窗口 (3×3 的窗口, 如图 1 所示), 然后找出窗内的最大灰度值、最小灰度值, 并计算出窗口内所有象素灰度值的和 S

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I'(i, j) \quad (1)$$

$$\begin{matrix} (i-1, j-1) & (i-1, j) & (i-1, j+1) \\ (i, j-1) & (i, j) & (i, j+1) \\ (i+1, j-1) & (i+1, j) & (i+1, j+1) \end{matrix}$$

图 1 3×3 的滤波窗口

(2) 将上述窗口中每一个象素的灰度值分别与最大灰度值和最小灰度值进行比较, 如果相等, 则在 S 中减去该灰度值, 并相应地将象素数 $n \times n$ 减 1, 最后得到窗口内剩余象素的灰度值的和 S' , 且此时窗口中的象素数为 x ;

(3) 求出噪声图象 $n \times n$ 窗口中剩余象素的灰度平均值 M

$$M = S'/x \quad (2)$$

并计算该均值与相应象素灰度值差的绝对值 d

$$d = |M - I'| \quad (3)$$

与设定的阈值 T 相比较, 则得到输出象素的灰度值

$$O(i, j)$$

$$O(i, j) = \begin{cases} M & \text{if } d > T \\ I'(i, j) & \text{if } d \leq T \end{cases} \quad (4)$$

阈值 T 应随着图象灰度分布的不同而自适应地调整, 本文采用如下线性阈值法(如图 2 所示)

$$T = T_1 - \frac{a}{255}(T_1 - T_2) \quad (5)$$

其中

$$a = (O(i-1, j-1) + O(i-1, j) + O(i-1, j+1) + O(i, j-1))/4 \quad (6)$$

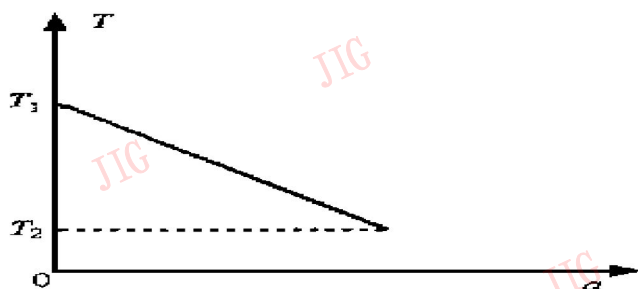


图 2 阈值选取

(4) 如果在第(2)步中, x 为零, 则相应地扩大窗口的尺寸; 如果 x 仍旧为零, 则令

$$O(i, j) = a \quad (7)$$

(5) 对 I' 图象中的所有象素重复(1)到(4)步, 即得到输出图象 O .

2 实验结果

采用图 3(a) 所示的大小为 512×512 个象素、灰度级为 256 的 Lena 图象做实验. 滤波性能用图象的峰值信噪比($PSNR$)来表示, 峰值信噪比的计算公式为

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (O(i, j) - I'(i, j))^2} \quad (8)$$

图 3(b) 是加了密度为 0.2 椒盐噪声的 Lena 图象, 采用本文的算法进行滤波, 首先取 3×3 的窗口, 如果计算得 x 为零, 则取 5×5 的窗口; 如果计算得 x 仍为零, 则按式(7)计算 $O(i, j)$. 图 3(c) 和图 3(d) 分别为传统的中值滤波算法(窗口为 3×3) 和本文算法的输出图象. 改变 T_1 和 T_2 的值, 得到 T_1 、 T_2 与 $PSNR$ 的三维关系图(如图 4 所示).

从图中可以看出, 不同的阈值会对滤波性能有一定的影响, 可以依据 $PSNR$ 为性能指标, 选取最优的阈值.

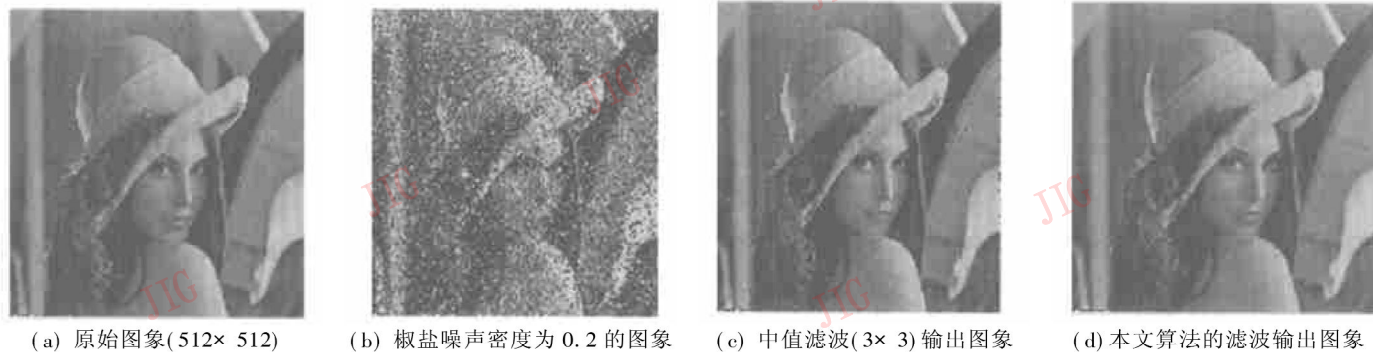


图 3

从表 2 可以看出, 本文的算法优于中值滤波法, 在噪声大于 0.6 时, 更为明显.

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. 北京: 科学出版社, 1985.
- 2 Lin H M, Willson A N. Median filters with adaptive length. IEEE CAS1, 1988, 35(6): 675~ 690.
- 3 Florencio D A F, Schafer R W. Decision-based median filter using local signal statistics. In: Proc SPIE Symp Visual Comm Image Processing, Chicago, 1994, 2308: 268~ 275.
- 4 Hardie R E, Barner K E. Rank conditioned rank selection filters for signal restoration. IEEE IP, 1994, 3(2): 192~ 206.
- 5 Abreu E, Lightone M, Mitra S K *et al.* A new efficient approach for the removal of impulse noise from highly corrupted images. IEEE IP, 1996, 5(6): 1012~ 1025.
- 6 Russo F, Ramponi G. A fuzzy filter with adaptive length. IEEE CAS1, 1988, 35(6): 675~ 690.
- 7 Zhang D, Wang Z. Impulse noise detection and removal using fuzzy techniques. electronics letters, 1997, 33(5): 378~ 379.
- 8 Kim V, Yaroslavskii L. Rank algorithms for picture processing. Comput Vision, Graphics, Image Processing. 1986, 35(2): 234~ 258.
- 9 Mitra S K, Yu T H. A new algorithm for the removal of impulse noise from highly corrupted images. In: Proc IEEE CAS, London, 1994, 3: 17~ 20.

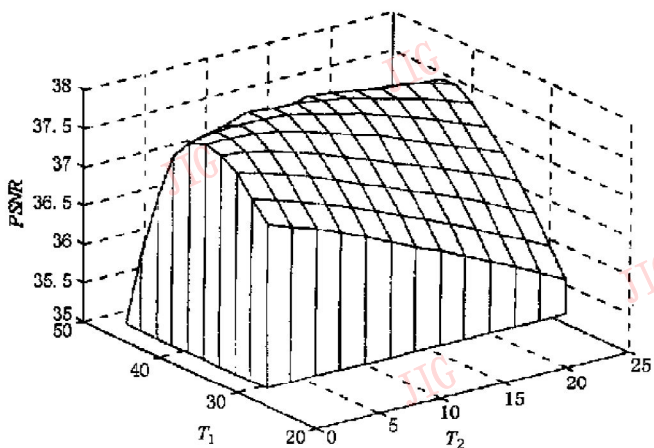


图 4 阈值对滤波性能的影响

表 1 为文献[5]中给出的一些滤波算法和本文算法对带有密度为 0.2 椒盐噪声的 Lena 图象的处理结果, 可以看出, 本文提出的滤波算法优于其它算法.

表 1 本文的滤波算法与其它滤波算法的性能比较

算 法	PSNR(dB)
自适应长度的中值滤波 ^[2] (循环执行)	30.57
Kim 和 Yaroslavskii 算法 ^[8] (采用文献[8]中式(2.8)、(2.14))	30.62
Hardie 和 Barner 算法 ^[4] (非循环执行、窗口为 9×9)	31.36
Mitra 和 Yu 算法 ^[9]	32.28
Florencio 和 Schafer 算法 ^[3] (循环执行)	33.02
Russo 和 Ramponi 模糊算法 ^[6]	34.19
Abreu <i>et al</i> 算法 ^[5] (循环执行、 $M=1296$)	35.70
Zhang 和 Wang 模糊算法 ^[7] (三次迭代)	36.47
本文提出的算法($T_1=36 T_2=1$)	37.92

若将 Lena 图象分别加入密度为 0.1 到 0.9 的椒盐噪声, 再分别用本文的滤波方法和中值滤波法(窗口为 3×3、5×5)进行处理, 其得到的 PSNR 如表 2 所示.

表 2 本文的滤波算法对不同密度噪声的 PSNR(dB)

噪声密度	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
本文算法	40.69	37.92	36.11	34.57	33.10	31.76	30.09	28.16	25.23
中值法(3×3)	33.13	29.01	23.70	18.98	15.35	12.41	10.10	8.18	6.63
中值法(5×5)	30.49	28.95	27.29	25.60	22.92	18.69	14.26	10.47	7.51



李树涛 1972 年生, 1998 年于湖南大学获硕士学位, 现为湖南大学电气与信息工程学院博士研究生. 主要研究方向为数字图象处理、模式识别及计算机智能. 已发表学术论文 20 余篇.



王耀南 1957 年生, 现为湖南大学电气与信息工程学院教授, 博士生导师. 主要研究方向为计算机视觉、图象处理、智能控制理论与应用、计算机 CIMS 等.