

快速高效去除图像椒盐噪声的均值滤波算法

何海明, 齐冬莲, 张国月, 张建良
(浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:针对常见滤除椒盐噪声算法需要使用阈值、运算时间长、去除噪声效果不理想等缺陷,提出了一种快速高效去除图像椒盐噪声的均值滤波算法。新算法对滤波窗口下的疑似噪声像素,有针对性地选择少数信号像素构成信号像素集合,取集合中的元素均值对疑似噪声像素进行滤波。实验结果表明,对于噪声密度为1%到99%的图像,新算法均具有良好的去除噪声能力和保持细节能力,而且整个算法耗费时间很少,因而具有较大的实用性。

关键词:图像处理;均值滤波;滤波窗口;椒盐噪声;保持细节

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2014.04.025

Fast and efficient mean filtering algorithm for removing the salt and pepper noise

HE Hai-ming, QI Dong-lian, ZHANG Guo-yue, ZHANG Jian-liang
(Electrical Engineering College, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract:Fast and efficient mean filter algorithm is proposed to overcome the drawbacks of some classic algorithms. For the suspected noise pixel, the algorithm firstly create a set composed of signal pixels selected from the borders of 3×3 filtering window, then noise is removed by means of mean filtering if the set composed of signal pixels is not empty; else the image is restored based on the method mentioned above by enlarging filtering window until the set composed of signal pixels is not empty. The experimental results show that this algorithm has excellent filtering performance for all noise ratios from 1% to 99%, besides, the algorithm can preserve the details of the image very well and the computation time is very short, it is useful in practical application.

Key words:image processing; mean filtering; filtering window; salt and pepper noise; detail-preserving

1 引言

图像在采集、传输和接收过程中,受到外界环境、传感器元件质量等因素干扰,不同类型的噪声会被引入导致图像质量的下降,椒盐噪声便是其中之一。因此,能否有效地去除椒盐噪声对图像分割、图像特征识别等后续处理有着重要的影响。

传统处理椒盐噪声的方法是中值滤波法,该方法在去除噪声像素时的同时也会修改非噪声像素的灰度值,导致恢复后的图像在细节、边缘保持等方面难以令人满意。为了解决此问题,近年来有学者提出了开关滤波策略,即先检测出图像中的噪声像素,再对噪声像素进行滤波,而非噪声像素保持不变,代

表算法有:自适应中值滤波算法(AMF)^[1],递进开关中值滤波算法(PSMF)^[2],文献[3]中的算法(DBA),文献[4]中的算法(NAFSMF)等。这些算法在加强去噪能力的同时,可以获得比中值滤波更好的细节及边缘保持能力,但仍存在以下不足:(1)使用与图像有关的参数来检测或滤除噪声,如文献[5]和[6];(2)去除高密度噪声的效果不理想,如文献[7];(3)算法计算时间较长,如文献[8]和[9]。

基金项目:国家自然科学基金项目(No. 61171034)资助。

作者简介:何海明(1988-),男,硕士研究生,主要研究方向是计算机视觉。E-mail:hehaiming@zju.edu.cn

收稿日期:2013-08-22; **修订日期:**2013-09-24

为了解决上述问题,本文提出了一种快速高效去除图像椒盐噪声的均值滤波算法:对滤波窗口下的疑似噪声像素,有针对性地选择少数却很高效的信号像素构成信号像素集合,再取集合中的元素均值对疑似噪声像素进行滤波,且整个算法不需设定阈值,去除高密度椒盐噪声和保持细节的能力都比较强,此外,新算法运算时间很短,具有较强的实用性。

2 快速高效去除图像椒盐噪声的均值滤波算法

2.1 算法步骤

在8位灰度图像中,椒盐噪声像素的灰度值一般为0或者255,设被噪声污染的图像为 X ,滤波处理后的图像为 Y ,按照以下步骤对 X 进行滤波:

(1)初始滤波窗口的大小 W 设为3,若滤波窗口的中心像素 $x(i,j)=0$ or $x(i,j)=255$,则认为该像素为疑似噪声像素,否则为信号像素。

(2)若 $x(i,j)$ 为疑似噪声像素,即图1中的黑色小正方形,根据与中心像素距离越近的像素,其与中心像素的灰度值差值越小的准则,从滤波窗口的边界(图1的四根线段围成的黑色加粗部分)像素中取信号像素构成集合 Ω ,即满足:

$$\Omega = \{ \{ x(m,n) \mid i - (W-1)/2 \leq m \leq i + (W-1)/2, n = j - (W-1)/2 \} \cup \{ x(m,n) \mid i - (W-1)/2 \leq m \leq i + (W-1)/2, n = j + (W-1)/2 \} \cup \{ x(m,n) \mid j+1 - (W-1)/2 \leq n \leq j-1 + (W-1)/2, m = i - (W-1)/2 \} \cup \{ x(m,n) \mid j+1 - (W-1)/2 \leq n \leq j-1 + (W-1)/2, m = i + (W-1)/2 \} \} \cap \{ x(m,n) \mid x(m,n) \neq 0 \} \cap \{ x(m,n) \mid x(m,n) \neq 255 \} .$$

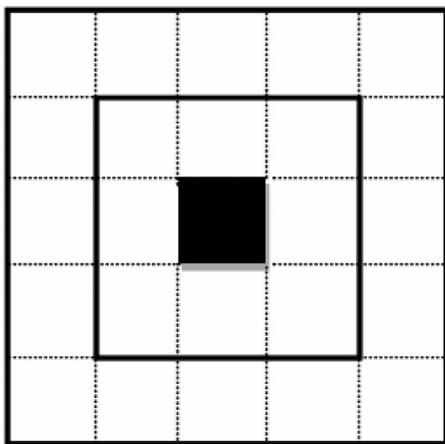


图1 疑似噪声像素的滤波窗口

Fig. 1 Filtering windows for the suspected noise pixel

(3)若集合 Ω 为空集,则扩大滤波窗口 $W=W+2$ 按照步骤(2)构造集合 Ω ,直至 Ω 不为空集。

(4)若集合 Ω 为非空集合,则滤波后的图像 Y

对应像素 $y(i,j)$ 等于集合 Ω 中的元素均值,即 $y(i,j) = \text{mean}(y(m,n), y(m,n) \in \Omega)$ 。

(5)转到下一个疑似噪声像素,重复步骤(1)到(4),直至完成所有疑似噪声像素的滤波处理,得到输出图像 Y 。

2.2 算法分析

新算法的第一步只对疑似噪声像素进行滤波,避免了无谓的计算和细节的损失;第二步、第三步中参与滤波的像素有效性较高,个数较其他算法要少,在一定程度上减少了计算量;第四步取信号像素的均值作为输出,对于特高强度的噪声滤波效果非常好,且未对信号像素进行排序操作,进一步减小了计算量,此外整个算法不需要设定阈值,实现了图像的自适应处理。

3 实验结果与分析

为了证明本文算法的有效性,选择 512×512 大小的256灰度级图像 Couple, Pepper 作为测试图像,给每张测试图像分别加入20%,40%,60%,80%,90%,95%的椒盐噪声,再和PSMF, DBA, NAFSMF这三种去除噪声效果良好的算法进行对比,并用PSNR(dB)来衡量算法去除噪声的能力,测试结果如表1和表2所示,可以看出:当噪声密度较低时,本文算法稍大于NAFSM和DBA,但至少比PSMF大5dB;当噪声密度较高时,本文算法要比PSMF至少大14dB,比DBA平均大5dB,比NAFSMF平均大3dB,当噪声强度很大如95%时,本文算法要远大于其他三种算法。

表1 图像 Couple 的测试结果

Tab. 1 Tests for image Couple by four algorithms

| 算法 | 图像中的噪声密度 | | | | | |
|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 0.95 |
| PSMF | 29.45 | 23.84 | 12.30 | 8.14 | 6.68 | 6.06 |
| DBA | 33.65 | 29.02 | 25.38 | 21.49 | 18.76 | 16.82 |
| NAFSM | 31.39 | 28.32 | 26.27 | 24.03 | 21.70 | 16.60 |
| 本文 | 35.00 | 31.41 | 28.60 | 25.34 | 23.30 | 21.56 |

表2 图像 Pepper 的测试结果

Tab. 2 Tests for image Pepper by four algorithms

| 算法 | 图像中的噪声密度 | | | | | |
|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 0.95 |
| PSMF | 32.22 | 25.21 | 16.56 | 7.97 | 6.55 | 5.87 |
| DBA | 30.76 | 29.08 | 26.10 | 22.02 | 18.38 | 16.04 |
| NAFSM | 34.84 | 31.19 | 29.16 | 26.22 | 23.13 | 16.59 |
| 本文 | 37.50 | 33.62 | 30.59 | 27.59 | 25.16 | 23.41 |

图2和图3分别是图像 Couple, Pepper 的噪声密度为 90% 时,四种算法滤波后的图像;图4到图8是图像 Baboon 的噪声密度分别为 95%, 96%, 97%, 98%, 99% 时,四种算法滤波后的图像。在每个图例中,从左到右依次为:带有噪声的图像,PSMF 算法恢复后的图像、DBA 算法恢复后的图像、NAFSM 算法恢复后的图像,本文算法恢复后的图像,可以看出:当图像中的噪声强度大于 90% 时,PSMF 算法已经失效,DBA 算法能保留原图像的部分细节,但滤波后的图像变得很模糊,因此恢复效果不好;NAFSM 算法保持图像的细节能力良好,但去除噪声不彻底,因此恢复图像的效果也不太理想;本文算法保留了原图像的多数细节,且去除噪声的效果也比以上三种算法要好,尤其是去除特高强度的噪声时,恢复图像的效果令人满意。

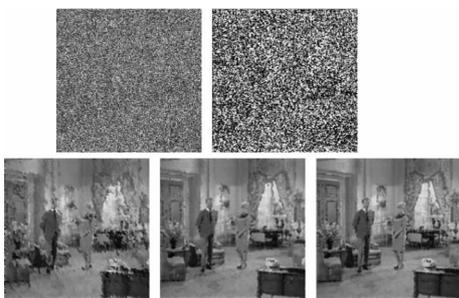


图2 90%的噪声图像 Couple 及四种算法对其滤波后的结果
Fig. 2 Couple with 90% noise and the results after filtering by four algorithms

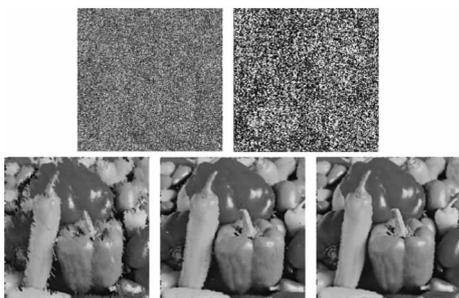


图3 90%的噪声图像 Pepper 及四种算法对其滤波后的结果
Fig. 3 Pepper with 90% noise and the results after filtering by four algorithms

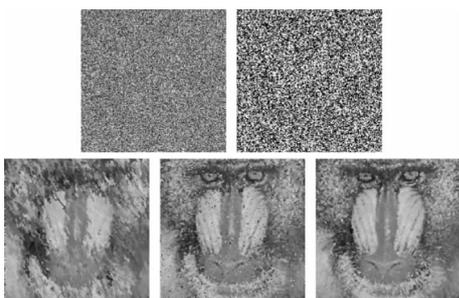


图4 95%的噪声图像 Baboon 及四种算法对其滤波后的结果
Fig. 4 Baboon with 95% noise and the results after filtering by four algorithms

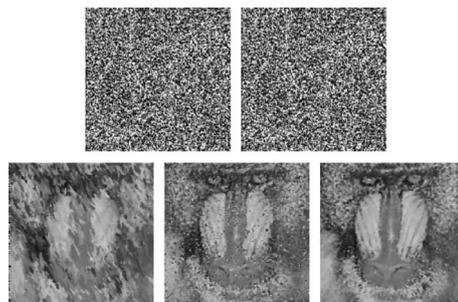


图5 96%的噪声图像 Baboon 及四种算法对其滤波后的结果
Fig. 5 Baboon with 96% noise and the results after filtering by four algorithms

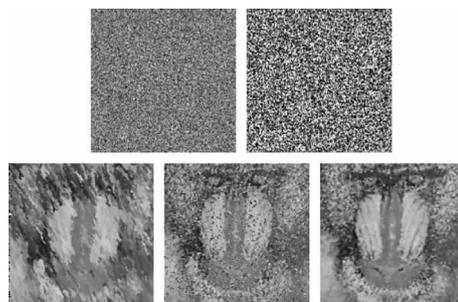


图6 97%的噪声图像 Baboon 及四种算法对其滤波后的结果
Fig. 6 Baboon with 97% noise and the results after filtering by four algorithms

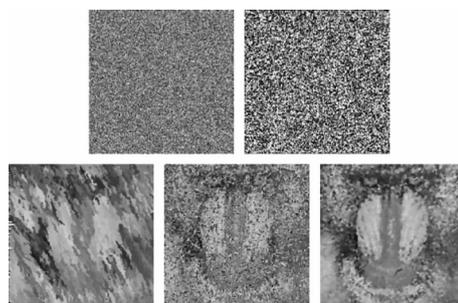


图7 98%的噪声图像 Baboon 及四种算法对其滤波后的结果
Fig. 7 Baboon with 98% noise and the results after filtering by four algorithms

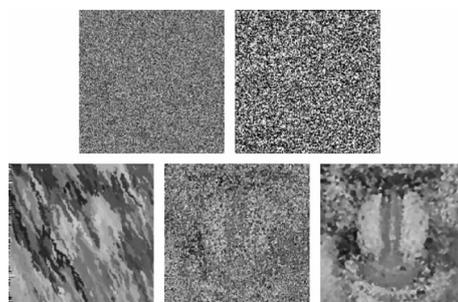


图8 99%的噪声图像 Baboon 及四种算法对其滤波后的结果
Fig. 8 Baboon with 99% noise and the results after filtering by four algorithms

从运算时间看,PSMF 算法检测、滤除噪声需要多次循环,对信号像素进行了排序;DBA 算法对所有像素进行了排序求取中值的操作;NAFSMF 算法对信号像素进行了排序求取中值和模糊函数计算两

大操作,本文算法只对部分信号像素进行了均值操作,因此本文算法的运算时间要远远小于其他三种算法。四种算法的运算时间如表3所示:测试图像为90%的噪声图像 Baboon,采用MALAB 7平台,计算机CPU为Intel Core2 2.2GHz,内存2G。

表3 四种算法的运算时间

Tab. 3 Computation time for image Man with 90% noise by four algorithms

| 算法 | PSMF | DBA | NAFSM | 本文 |
|------|-----------|----------|----------|----------|
| 时间/s | 17.954627 | 0.051887 | 0.167728 | 0.042815 |

4 结论

针对常见去除椒盐噪声算法的不足,提出了一种快速高效去除图像椒盐噪声的均值滤波算法。该算法未使用任何阈值,参与滤波的信号像素个数虽少却比较高效,也未对信号像素进行排序操作,因此本文算法能在较短的时间内取得非常好的去噪效果,特别当图像受到高强度噪声污染时,本文算法依然能有效恢复图像并保留原图像的细节,因此具有很强的实用性。

参考文献:

- [1] HWANG H, Haddad R A. Adaptive median filters: new algorithms and results [J]. IEEE Transaction on Image Processing, 1995, 4(4): 499 - 502.
- [2] WANG Zhou, David Zhang. Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images [J]. IEEE Transaction on Circuits and Systems, 1999, 46(1): 78 - 80.
- [3] K S Srinivasan, D Ebenezer. A new fast and efficient decision-based algorithm for removal of high-density impulse noise [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2007, 14(3): 189 - 192.
- [4] Kenny KVT, Nor A M Isa. Noise adaptive fuzzy switching median filter for salt and pepper noise reduction [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2010, 17(3): 281 - 284.
- [5] NIE Rencan, YAO Shaowen, ZHOU Dongming, et al. Salt & pepper noise image filtering method using PCNN [J]. Laser & Infrared, 2013, 43(6): 689 - 693. (in Chinese) 聂仁灿, 姚绍文, 周冬明, 等. 基于脉冲耦合神经网络的椒盐噪声滤波 [J]. 激光与红外, 2013, 43(6): 689 - 693.
- [6] SHAN Jianhua. Removal of impulse noise based on peer neighbor group [J]. Journal of Image and Graphics, 2011, 16(12): 2112 - 2116. (in Chinese) 单建华. 相似邻居数目图像脉冲噪声滤波算法 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(12): 2112 - 2116.
- [7] Ko S J, Lee Y H. Center weighed median filters and their application to image enhancement [J]. IEEE Transactions on Circuits System, 1991, 38(9): 984 - 993.
- [8] LI Yingchun, SUN Jiping. Progressive filtering algorithm using adaptive long-range correlation for removal of impulse noise from images [J]. Computer engineering and design, 2007, 28(1): 103 - 105. (in Chinese) 李迎春, 孙继平. 图像脉冲噪声的自适应长距离相关迭代滤波法 [J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(1): 103 - 105.
- [9] QU Yanfeng, XU Jian, LI Weijun, et al. New effective filtering algorithm for the removal of impulse noise from image [J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(4): 397 - 401. (in Chinese) 曲延峰, 徐健, 李卫军, 等. 有效去除图像中脉冲噪声的新型滤波算法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(4): 397 - 401.