

一种基于中值-模糊技术的混合噪声滤波器

王建勇 周晓光 廖启征
(北京邮电大学自动化学院 北京 100876)

摘要 结合中值与模糊滤波技术,提出了一种新的图像混合噪声滤波算法。算法将受混合噪声污染的图像分为脉冲噪声点集与含有高斯噪声的像素点集两部分,首先进行灰度极值检测,进而借助邻域纹理信息准确检测出脉冲噪声,并以中值滤波滤除;对于含有高斯噪声的像素点则采用一种保护细节的模糊滤波器进行处理。实验结果说明算法不仅能有效地滤除脉冲与高斯混合噪声,而且可以较好地保护图像细节。

关键词 图像处理,混合噪声,中值滤波,模糊滤波器,隶属度函数,加权均值滤波器

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2006)05-0901-04

A Mixed Noise Filter Based on Median-Fuzzy Technology

Wang Jian-yong Zhou Xiao-guang Liao Qi-zheng
(School of Automation, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract A new algorithm of mixed noise removal for digital image is presented combining median filter and fuzzy technology. The pixels of an image are divided into two sets: impulse noise points and pixels polluted by Gaussian noise. The min-max operator is used first. Then impulse noise is detected accurately by using image texture and removed by median filter. A detail-preserving fuzzy filter is adopted to reduce Gaussian noise contained in other pixels. Experiments show that the algorithm can remove mixed impulse and Gaussian noise efficiently while protecting image details.

Key words Image processing, Mixed noise, Median filter, Fuzzy filter, Membership function, Weighted average filter

1 引言

噪声滤除是图像处理的重要步骤,脉冲噪声和高斯噪声是图像中最常见的两种噪声。目前已经有很多种降噪算法,这些降噪算法主要是根据噪声的种类进行处理的,如均值滤波主要用于去除高斯噪声,而中值滤波则可以有效地消除脉冲噪声。近年来又出现了很多基于模糊控制技术的非线性滤波器用以消除图像噪声^[1-4]。这类滤波器一般采用加权平均的方法,能更充分地利用图像信息,达到较好的降噪和保护细节的作用。

在很多情况下,脉冲噪声与高斯噪声在图像中往往是同时出现的,被称为混合噪声^[5],混合噪声中的高斯噪声又可分为加性高斯噪声和乘性高斯噪声。脉冲噪声与加性和乘性高斯噪声混合的模型分别用式(1)、式(2)表示。式中 $g(x,y)$ 和 $f(x,y)$ 分别表示受混合噪声污染的图像和原始图像, $n_G(x,y)$ 和 $n_I(x,y)$ 分别表示图像中的高斯噪声和脉冲噪声。

$$g(x,y) = f(x,y) + n_G(x,y) + n_I(x,y) \quad (1)$$

$$g(x,y) = f(x,y) + n_G(x,y) \times f(x,y) + n_I(x,y) \quad (2)$$

对于混合噪声,单独使用均值滤波或中值滤波都得不到

很好的效果,往往需要结合不同的方法,如文献[6]中设计了一种结合中值与均值滤波的混合噪声滤波器;基于模糊技术的混合噪声滤除方法也是近年来常用的方法,如文献[1]提出了结合两种不同模糊滤波器的R2滤波方法来滤除混合噪声,文献[2]则利用像素间的灰度差异设计了一种数据驱动的混合噪声滤波器(NTM滤波器),均取得了较好的效果。

本文提出的算法以文献[1]的模糊算法为基础,结合中值滤波技术,提出了一种新的混合噪声滤波算法。与以往算法相比,本算法深入地分析了噪声特点,充分利用邻域像素间的信息,并有效地结合了中值滤波和模糊技术的优势,在降噪和图像细节保护方面取得了较好的折中,而且整个算法只需要设定一个阈值参数,具有较好的适应性。实验表明,本算法不仅可以有效地滤除混合噪声,而且能较好地保护图像的细节特征。

2 模糊滤波算法

在文献[1]中,Choi等提出了如下的模糊加权均值滤波器,称为平均算子滤波器:

$$I(X_i) = \left[\sum_{j=1}^N \frac{\mu_{ji}}{\beta_j} I(X_j) \right] / \sum_{j=1}^N \frac{\mu_{ji}}{\beta_j} \quad (3)$$

4 实验结果及分析

为验证算法的有效性,本文采用受不同混合噪声污染的‘Lena’图像和‘peppers’图像进行实验,图像大小均为 512×512 的 256 级灰度图,并令 R 表示脉冲噪声的噪声率, σ 表示高斯噪声(零均值)的方差。将本算法的实验结果与中值滤波(MED)、文献[1]中的 R2 滤波器以及文献[2]中的 NTM 滤波器进行了比较,在所有的滤波器中,窗口尺寸均为 3×3 ,其中 R2 滤波器取总体相容度 $TC=0.4$ (即若 $TC<0.4$,则 TC 小),NTM 算法的阈值取 100,本算法取阈值 $T=15$ 。分别利用均方误差 MSE、平均绝对值误差 MAE 作为评估算法降噪性能及细节保护性能的标准。

对于不同噪声污染程度、不同的图像,各算法降噪的 MSE, MAE 数据如表 1~表 3 所示。

表 1,表 2 分别给出了受加性混合噪声污染的‘Lena’,‘peppers’图像的降噪效果比较。由表可以看出,R2 算法和 NTM 算法的降噪性能相当,优于 MED 算法,本算法由于在脉冲噪声检测滤除阶段采取了边缘保护措施,而且选用保护细节的模糊滤波器滤除高斯噪声,因而能更有效地滤除混合噪声,其性能优于 MED, R2 和 NTM 算法。

由于本算法采用了数据驱动的方法,依靠像素的灰度值及相邻像素间的灰度差值进行滤波,因而对乘性混合噪声也具有一定的抑制能力,表 3 列出了各算法对乘性混合噪声的降噪性能比较。由表可知,虽然噪声污染较轻时 NTM 滤波算法滤波的 MSE 值与本算法相当,但其 MAE 值逊于本算法,而且随噪声污染程度增加,本算法的优势更加明显,因此可以说本算法具有更好的降噪性能。

图 2 和图 3 给出了不同算法降噪的视觉效果图。图 2 为各算法对受 15%脉冲噪声、方差为 0.02 的加性高斯噪声(零均值)污染的标准测试图像‘peppers’的降噪效果图,图 3 为各算法对受 15%脉冲噪声、方差为 0.02 的加性高斯噪声(零均值)污染的真实拍摄图像‘飞标盘’(dartboard)的降噪效果图。由图可以看出,与其它几种算法相比,本文算法具有较好的降噪视觉效果。

另外在运算速度方面,采用 Matlab 编程,各算法的运算时间分别为: MED 算法: 5.8s, R2 算法: 16.5s, NTM 算法: 17s, 本算法: 17.1s。MED 算法最为简洁,但滤波效果也最差, R2, NTM 算法以及本算法的运算时间相当,而本算法具有更好的降噪效果。

表 1 各算法对含有加性混合噪声‘Lena’图像降噪的 MSE, MAE 比较

Table 1 MSE and MAE of different algorithms for ‘Lena’ image with additive mixed noise

噪声污染程度	MSE				MAE			
	MED	NTM	R2	本算法	MED	NTM	R2	本算法
$R=5\%, \sigma=0.01$	169	136	149	132	10.0	8.5	8.9	7.8
$R=10\%, \sigma=0.02$	342	245	258	215	14.2	11.5	11.5	9.7
$R=15\%, \sigma=0.02$	399	283	295	243	15.2	12.1	12.2	11.4
$R=15\%, \sigma=0.04$	710	447	461	328	20.6	15.8	15.6	12.3

表 2 各算法对含有加性混合噪声‘peppers’图像降噪的 MSE, MAE 比较

Table 2 MSE and MAE of different algorithms for ‘peppers’ image with additive mixed noise

噪声污染程度	MSE				MAE			
	MED	NTM	R2	本算法	MED	NTM	R2	本算法
$R=5\%, \sigma=0.01$	163	128	135	128	9.8	8.1	8.3	7.6
$R=10\%, \sigma=0.02$	339	237	251	215	14.0	11.2	11.3	9.8
$R=15\%, \sigma=0.02$	402	271	288	248	15.1	11.7	11.9	10.3
$R=15\%, \sigma=0.04$	713	424	463	340	20.5	15.3	15.5	12.5

表 3 各算法对含有乘性混合噪声‘Lena’图像降噪的 MSE, MAE 比较

Table 3 MSE and MAE of different algorithms for ‘Lena’ image with multiplicative mixed noise

噪声污染程度	MSE				MAE			
	MED	NTM	R2	本算法	MED	NTM	R2	本算法
$R=10\%, \sigma=0.02$	160	128	144	139	9.3	7.5	8.2	7.4
$R=10\%, \sigma=0.05$	331	194	255	196	13.7	9.7	11.4	9.2
$R=15\%, \sigma=0.05$	378	228	284	224	14.6	10.5	12.0	9.7
$R=20\%, \sigma=0.1$	788	430	506	344	21.2	15.0	16.2	12.4

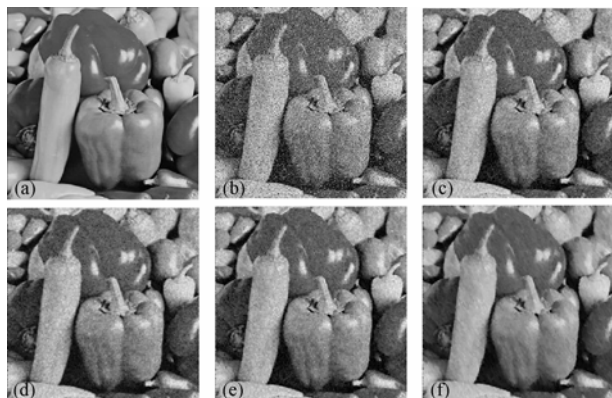


图2 ‘peppers’图像降噪视觉效果比较

(a)peppers 原图 (b)含噪图像 (c)MED 滤波
(d)NTM 滤波 (e)R2 滤波 (f)本算法滤波

Fig. 2 Filtering results of different algorithms for ‘peppers’

(a)‘peppers’ (b)noisy image (c)MED filter
(d)NTM filter (e)R2 filter (f)the proposed filter

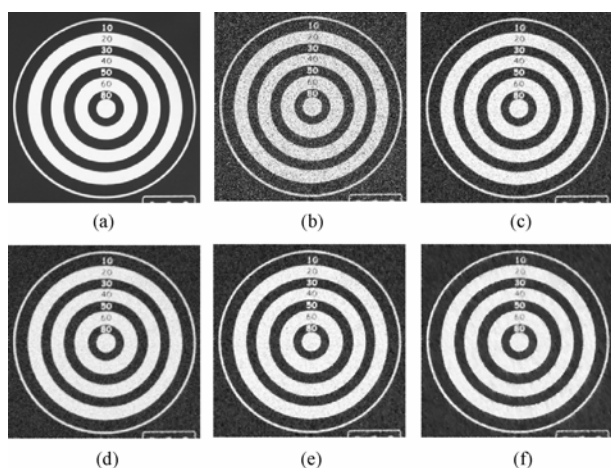


图3 ‘飞标盘’图像降噪视觉效果比较

(a)‘飞标盘’图像 (b)含噪图像 (c)中值滤波
(d)NTM 滤波 (e)R2 滤波 (f)本算法滤波

Fig. 3 Filtering results of different algorithms for ‘dartboard’

(a)‘dartboard’ (b)noisy image (c)MED filter
(d)NTM filter (e)R2 filter (f)the proposed filter

5 结束语

混合噪声是图像中的常见现象，而在滤除噪声的同时保护图像细节一直是研究的热点问题。本文结合中值与模糊技术，提出了一种有效的混合噪声滤除算法。算法深入分析了噪声的特点，通过极值判断并充分利用图像纹理信息，准确地检测出脉冲噪声，避免了对强边界点进行滤波；对于含高斯噪声的像素采用一种有效的模糊滤波器进行处理，其优化

的权值能更准确地反映像素间的关系。另外，算法只需设定一个参数，具有较好的适应性。实验结果表明，本算法对图像中脉冲与加性高斯噪声、脉冲与乘性高斯噪声的混合均有较好的滤波效果，并能有效地保护图像细节特征。

参考文献

- [1] Choi Y, Krishnapuram R. A robust approach to image enhancement based in fuzzy logic. *IEEE Trans on Image Processing*, 1997, 6(6): 808 – 825.
- [2] Taguchi A. Removal of mixed noise by using fuzzy rules. Second International Conf. On Knowledge-Based Intelligent Electronic Systems. Australia, 1998: 176 – 179.
- [3] Muneyasu M, Asou K, Wada Y J, *et al.*. An edge-preserving fuzzy filter based on differences between pixels. *IEEE Proc. on Circuits and Systems*, Orlando, FL, 1999, 5: 363 – 366.
- [4] Nachttegaal M, Van der Weken D, Van De Ville D, *et al.*. An overview of fuzzy filters for noise reduction. The 10th IEEE Conf. on Fuzzy Systems, Melbourne, 2001, 1: 7 – 10.
- [5] Li Rui, Zhang Yu-Jin. A hybrid filter for the cancellation of mixed Gaussian noise and impulse noise. *Proceedings of the 2003 Joint Conference of the Fourth International Conference on Information, Communications and Signal Processing, and the Fourth Pacific Rim Conference on Multimedia (ICICS-PCM 2003)*, Singapore, 2003, 1: 508 – 512.
- [6] 李向吉, 丁润涛, 蔡靖. 基于区域生长的噪声图像细节保护滤波器. *电子测量与仪器学报*, 1999, 13(1): 7 – 11.
- [7] Wang Jung-Hua, Lin Lian-Da. Improved median filter using minmax algorithm for image processing. *IEEE Electronics Letters*, 1997, 33(16): 1362 – 1363.
- [8] Xu Haixiang, Zhu Guangxi, Peng Fuyuan, *et al.*. Adaptive fuzzy switching filter for images corrupted by impulse noise. 2004 International Conference on Communications, Circuits and Systems (ICCCAS 2004), Chengdu 2004, 2: 792 – 795.

王建勇：男，1973年生，博士生，从事图像处理与图像系统、计算机视觉等领域的研究。

周晓光：男，1957年生，教授，从事信息处理、计算机控制等领域的研究。

廖启征：男，1947年生，教授，博士生导师，从事机器人学、信号与信息处理等领域的研究。