

基于自适应窗口的裁剪中值滤波方法

黄燕¹ 雷涛^{1,2} 樊养余¹ 卢西盼¹

(西北工业大学电子信息学院 西安 710129)¹ (兰州交通大学电子与信息工程学院 兰州 730070)²

摘要 基于决策的非对称裁剪中值滤波方法(MDBUTMF)能有效复原被高密度椒盐噪声污染的彩色图像,然而该方法采用固定大小的滤波窗口并利用均值替代中心像素,因此导致算法鲁棒性较低,对部分图像滤波失效。针对该问题,提出了一种基于自适应窗口的裁剪中值滤波方法,通过增加对单色区域的判断,有效解决了已有算法对单色区域滤波失效的问题,使得新方法具有较高的鲁棒性和实用性;并采用自适应窗口解决了 MDBUTMF 采用单一 3×3 窗口易导致滤波效果差的问题。实验数据表明,与经典的多种矢量以及标量的中值滤波方法相比,提出的裁剪中值滤波方法不仅具有较高的 PSNR,而且具有较低的 MAE 和 NCD,在抑制椒盐噪声的同时能有效保护图像的色调和细节。

关键词 彩色图像处理,自适应滤波,裁剪中值滤波器,鲁棒性

中图分类号 TP391.4 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.1.067

Adaptive Decision-based Unsymmetric Trimmed Median Filter

HUANG Yan¹ LEI Tao^{1,2} FAN Yang-yu¹ LU Xi-pan¹

(School of Electronics & Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)¹

(School of Electronic & Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)²

Abstract The decision-based unsymmetric trimmed median filter, which is efficient in restoring images contaminated by high-level pepper-salt noise, is however only effective to certain type of images due to its size-fixed filter window and the replacement of centre pixel using mean value of pixels in the window. Aiming at those drawbacks, this paper proposed an adaptive decision-based unsymmetric trimmed median filter. An estimation of homochromatic area is presented to solve the filter problem of original algorithm in homochromatic area. The noise restrain performance of MDBUTMF is improved by adopting adaptive size of filter window. Therefore, the proposed method is more robust and practical than original algorithm. It shows higher PSNR and also lower MAE and NCD in simulation comparing with some classic vector median filters and high-level noise restrain algorithms, restrains pepper-salt noise and retains image hue and details effectively in the meantime.

Keywords Color image processing, Adaptive filtering, Trimmed median filter, Robustness

1 引言

成像技术的飞速发展对图像处理提出了更高的要求,彩色图像处理也逐渐成为了当前信息领域的研究热点。图像在传输阶段都会不同程度地受到噪声的污染,不利于感兴趣信息的提取以及后续的处理。因此,图像滤波是图像处理领域最基本也最为重要的一个问题。彩色图像滤波的最终目标是降低噪声的同时有效保护图像的细节信息^[1],为此学者们提出了大量的彩色图像滤波方法。其中,最为经典的方法有矢量中值滤波器(VMF)^[2]及其改进方法,例如矢量方向滤波(BVDF)^[3]、方向距离滤波(DDF)^[4]以及混合方向滤波器(HDF)^[5]。虽然各类改进的矢量中值滤波器相较于 VMF 性能有所提高,但由于在滤波时引入了最大程度的平滑,它们在

边缘和细节保持方面的性能仍需要进一步的提高。学者们致力于这一方面的研究,提出了大量的改进算法,这些算法大致可以分为两类:加权的矢量中值滤波器和开关型矢量中值滤波器。

加权的矢量中值滤波器根据邻域像素对待处理像素的影响的大小,对其赋予不同的权值,从而使算法的性能得到提升,其中最为经典的为 Lukac 等人提出的选择加权的矢量中值滤波器(SWVF)^[6]。Smolk 提出的改进的中心加权矢量中值滤波方法(CWVMF)^[7],在计算滑动窗口中心像素与其邻域像素差距时进行加权,能更好地保持中心像素,应用十分广泛。将模糊理论应用到图像滤波中能提升算法区分噪声和图像细节的能力,Fore 等通过使用模糊理论估计噪声,提出了一种改进的模糊矢量中值滤波器^[8]。Joan-Gerard 等人提出

到稿日期:2014-03-25 返修日期:2014-06-08 本文受国家自然科学基金项目(61202314, 61261029),中国博士后科学基金项目(2012M521801),陕西省博士后基金项目资助。

黄燕(1990-),女,硕士生,主要研究方向为图像处理、模式识别等, E-mail: katerina1900@163.com;雷涛(1981-),男,博士后,副教授,主要研究方向为图像处理、数学形态学等;樊养余(1960-),男,博士后,教授,主要研究方向为图像处理、信号处理、虚拟现实技术等;卢西盼(1990-),女,硕士生,主要研究方向为图像处理。

了一种基于模糊逻辑的脉冲噪声检测方法^[9],该方法首先使用模糊矩阵估计图像中的脉冲噪声,然后利用等级顺序差异统计(ROD)对矢量进行排序,最后进行VMF滤波。

基于加权的矢量中值滤波方法对图像的所有像素进行无差别滤波,易导致图像的过平滑现象,即图像细节容易被损坏。而开关理论在处理噪声之前,首先估计待处理像素是否为噪声,从而能有效保护图像细节,并在一定程度上降低算法的计算复杂度。矢量开关滤波中较为常用的方法有向量LUM滤波(VLUM)^[10]、自适应矢量中值滤波(AVMF)^[11]和快速对等体组滤波(FPGF)^[12]。金良海等提出了基于CIELAB颜色空间的开关中值滤波方法(LABVMF)^[13],该方法首先将彩色图像从RGB空间变换到CIELAB空间,然后根据laplacian算子的基本原理,构建了改进的开关型矢量中值滤波方法。Geng等人提出了四元数开关中值滤波方法(QSF)^[14],该方法以四元数的形式表示两个彩色像素之间的差值,计算中心像素与其邻域像素的四元数差,利用差值大小判断噪声。更多关于矢量中值滤波的研究可参见文献[15-17]。

此外,还有很多其他类型的滤波方法不断地涌现。金良海等人设计了一种改进的双边滤波器^[18],并结合VMF对彩色图像进行滤波,不仅可以移除混合噪声,而且能够同时移除脉冲噪声和加性噪声。Gallegos-Funes等人使用向量排序M类L滤波器(VRML)^[19]来抑制彩色图像中的脉冲噪声,通过不同的影响函数将中值M类(MM)和AM(Ansari-Bradley-Siegel-Tukey M-type)估计量应用到L-滤波器中,提升了滤波方法的鲁棒性。

尽管上述方法能不同程度地改进VMF的性能,但当噪声密度较高时,所有改进方法的性能迅速降低,甚至低于VMF。开关滤波的优势在于在滤波之前对像素进行判断,在噪声较高的情况下,其优势并不明显,反而降低了算法的执行效率。为了解决各类矢量中值滤波器在低密度噪声情况下性能较低的问题,Srinivasan等人提出了基于决策的滤波算法(DBA)^[20],该算法虽然克服了开关滤波的缺陷,但重复使用邻域像素作为输出导致了严重的拖尾效应。由Esakkirajan等人提出的改进的基于决策的裁剪中值滤波器(MDBUTMF)^[21],利用固定 3×3 窗口计算各分量的中值和均值,来代替非极值点像素,得到了较好的滤波效果,滤波器的性能远高于VMF和DBA等方法。然而,我们发现:(1)MDBUTMF方法在出现大面积单色情况下效果非常恶劣;(2)随着噪声密度的增加, 3×3 的固定窗口难以有效抑制噪声。

为了解决上述问题,提出了一种基于自适应窗口裁剪中值滤波方法。首先该方法提出了单色区域判断方法,解决了MDBUTMF对单色区域求均值而滤波结果较为恶劣的问题;其次,采用了自适应窗口,提升了MDBUTMF在高密度噪声情况下的滤波性能。实验结果证明,本文方法在低密度和高密度噪声条件下均表现出较好的滤波性能,具有较高的应用价值和广阔的应用前景。

2 基于决策的非对称裁剪中值滤波器

针对高密度脉冲噪声污染的彩色图像滤波,Esakkiraja

等人提出了一种基于决策的非对称裁剪中值滤波方法^[21],在基于决策的非对称裁剪中值滤波器(DBUTMF)^[22]的基础上,以椒盐噪声的特点为理论依据,增加了噪声检测机制。该方法将RGB彩色图像分成3个通道分别处理,使用 3×3 滤波窗口,假设待处理的像素点为 P_{ij} ,若 $0 < P_{ij} < 255$,则认为 P_{ij} 为非噪声点,其保持不变;若 $P_{ij} = 0$ 或 255 ,则认为 P_{ij} 为噪声点。对于已经确认为噪声点的像素进行滤波,若滤波窗口中所有元素的值都为0或255,则使用窗口中所有元素的均值来取代 P_{ij} ;若窗口中并非所有的元素值都是0或者255,移除所有0值和255值像素点,用剩余像素的中值来代替中心像素 P_{ij} 。该滤波器在低密度噪声情况下滤波性能优良,在高密度噪声情况下也明显优于已有的多种中值滤波器,是一种滤波性能好、实用性高的中值滤波器。然而,在中值滤波方法中,窗口尺寸的选取对于滤波性能有着至关重要的作用。MDBUTMF采用了固定的 3×3 窗口,因此在高密度噪声情况下(窗口内超过一半的像素都受到了噪声污染),其抑制噪声的性能仍然有提升的空间。此外,当滤波窗口中所有像素为0和255时,对窗口中的所有元素取均值的做法会引入更多新的彩色像素,导致单色区域出现大面积错误滤波,如图1(g)所示(7×7 的矩阵对应彩色图像的G通道)。

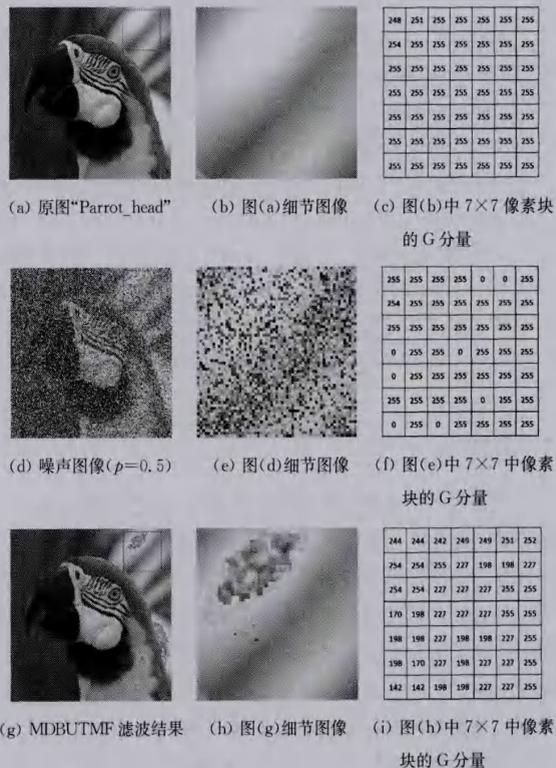


图1 利用MDBUTMF方法对“Parrot_head”的滤波结果

由图1可以看出,MDBUTMF方法在图1(h)所示区域出现错误滤波。结合图1(i)容易看出,虽然被椒盐噪声污染的像素得到了复原,但其他未受椒盐噪声污染的像素点的值也被改变了,图像中被引入了新的彩色像素点。该问题归因于以下两点:首先,MDBUTMF对滤波窗口中元素均为0或255的情况做取均值的处理,因此无法正确恢复单色区域中的像素;其次,MDBUTMF将所有的0或255判断为噪声像

素,从而导致滤波过程中,单色像素点易被当作噪声像素而进行滤波处理。因此在单色区域,MDBUTMF方法常常失效。

3 基于自适应窗口的裁剪中值滤波方法

针对第2节中提出的MDBUTMF的单色区域滤波问题,我们在进行图像的单通道滤波之前,增加了对单色区域的判断,从而有效解决了该问题。对于RGB彩色图像,首先取三维的 3×3 滤波窗口 $\Gamma_{i,j}$,设窗口中像素为 $f(i,j,k)$, k 表示像素点所在维度。

$$D = \sum_{1 \leq i,j,k \leq 3} F(i,j,k) \quad (1)$$

其中

$$F(i,j,k) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(i,j,k) = 0 \text{ or } 255 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

根据这一判断条件,我们将图像划分为单色区域和非单色区域。当 $D=27$ 时,表明 $\Gamma_{i,j}$ 中所有的像素均取0或255,判断该区域为单色区域;若 $D \neq 27$,判断该区域为非单色区域。然后我们对这两类区域分别采用不同的方法进行滤波。

i) 单色区域的滤波

图像中或多或少含有单色区域,即区域中所有像素点的灰度值都为0和255的组合。被椒盐噪声所污染的像素,其灰度值取0或255,因此在单色区域,MDBUTMF的噪声判定条件失效。本文方法对单色区域进行区别滤波。在一般情况下,单色区域的边缘细节信息较少,因此,新方法对单色区域的滤波采用了较大尺寸的滤波窗口。若判断为单色区域,则增大滤波窗口为三维 7×7 窗口 $\Gamma'_{i,j}$,再分为3个通道分别进行处理,对每个通道取中值来代替中心元素作为输出,即:

$$\begin{cases} G(i,j,k) = \text{median}(\Gamma'_{i,j}(k)), k=1,2,3 \\ G(i,j) = (G(i,j,1), G(i,j,2), G(i,j,3)) \end{cases} \quad (3)$$

其中, $\Gamma'_{i,j}(k)$ 表示三维的 7×7 滤波窗口 $\Gamma'_{i,j}$ 的第 k 通道的元素的集合, $G(i,j)$ 为滤波输出结果。比较图3(a)和图1(g)可以看出,本文方法很好地解决了MDBUTMF在单色区域失效的问题。

ii) 非单色区域滤波

针对MDBUTMF使用固定的滤波窗口导致其在高密度噪声情况下滤波性能较低的问题,我们引入了自适应滤波窗口来对算法进行改进。自适应理论研究已经非常成熟,众所周知,增大窗口尺寸能够有效提升中值滤波器的性能,但它是牺牲图像的细节信息为代价的,且该方法容易陷入局部死循环,导致方法计算复杂度较高^[23]。本文方法采用自适应理论,并根据算法自身特点做了一定的调整,算法中窗口的尺寸只采用了 $3 \times 3, 5 \times 5, 7 \times 7$ 这3种,结合MDBUTMF的开关判断条件,让窗口尺寸根据噪声密度自适应增大。在第二步滤波中,将第一步滤波时所取的三维 3×3 滤波窗口分成3个通道分别进行判断。首先,对二维 3×3 的滤波窗口 $\Gamma_{i,j}(k)$ 内的元素进行判断,若所有元素的值均为0或255,则增大窗口尺寸为 5×5 ,取中值作为输出;否则,去除窗口中0元素和255元素,对剩余的像素取中值作为输出。相对于MDBUTMF对窗口中所有元素取均值的做法,取中值不会产生新色彩,窗口尺寸的增大能使我们在高密度噪声情况下得到更准确的输出。

图2为本文方法的流程图。方法的具体步骤如表1所列。图3为本文方法对图1(d)的滤波结果。对比图3(a)~(c)与图1(g)~(i)可以看出,本文方法保留并增强了MDBUTMF的优点,在高密度噪声的情况下,能够抑制图像中的大部分噪声,并且对单色区域和非单色区域进行区别滤波,很好地解决了MDBUTMF对单色区域滤波失效的问题。对比图3(c)与图1(c)可以看出,所选 7×7 色块中的像素值得到了很好的还原。

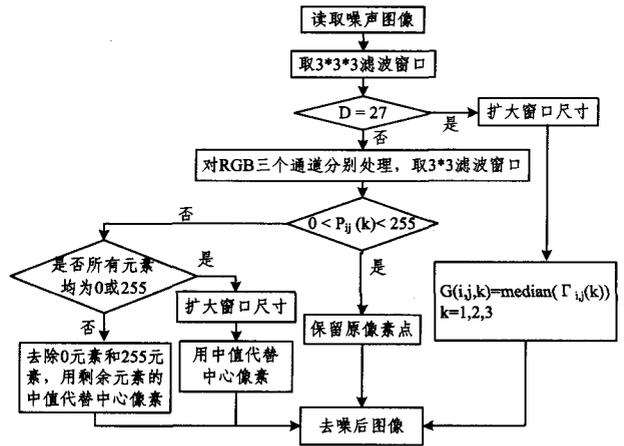
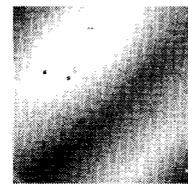


图2 本文方法流程

表1 本文方法的具体步骤

基于自适应窗口的裁剪中值滤波方法	
步骤	
(1)	选择三维 3×3 滤波窗口,对窗口中所有的元素进行判断。
(2)	若窗口中所有元素都取0或255,判断为单色区域,转到步骤(3);若窗口中并非所有的元素都为0或255,判断为非单色区域,转到步骤(4)。
(3)	单色区域滤波:扩大窗口尺寸,直到窗口中出现值不为0或255的点为止。然后分别对每个通道取中值,结合3个通道的输出作为矢量输出。
(4)	非单色区域滤波:将三维 3×3 滤波窗口 $\Gamma_{i,j}$ 分为3个通道分别进行处理。设二维 3×3 滤波窗口 $\Gamma_{i,j}(k)$ 的中心像素为 $P_{ij}(k)$,若 $0 < P_{ij}(k) < 255$,认为 $P_{ij}(k)$ 为非噪声点,保持不变。若 $P_{ij}(k) = 0$ 或255,则认为 $P_{ij}(k)$ 为噪声点: (a)若滤波窗口中所有元素的值都为0或255,则将窗口尺寸扩大为 5×5 。取中值来代替中心像素 $P_{ij}(k)$ 。 (b)若窗口中并非所有的元素值都是0或者255,移除所有0值点和255值点,用剩余元素的中值来代替中心像素 $P_{ij}(k)$ 。
(5)	重复步骤(1)~(4)直到图像中所有的像素点都处理完毕。



244	244	242	249	251	252
254	254	255	255	255	255
254	254	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255

(a) 本文方法滤波结果 (b) 图(a)细节图像 (c) 图(b) 7×7 中像素块的G分量

图3 利用本文方法对“Parrot_head”的滤波结果

4 实验结果及分析

本文方法的仿真测试在matlab 2012a环境下完成。我们采用了图像“butterfly”(737×737,32位RGB)以及“kid”(780×504,24位RGB)作为测试图像,并采用了一些经典的以及最近开发的具有代表性的滤波器与本文方法进行对比,如表2所列。对两幅测试图像加入不同等级的椒盐噪声,使用表2中方法和本文方法进行滤波,实验结果如图4、图5所示。

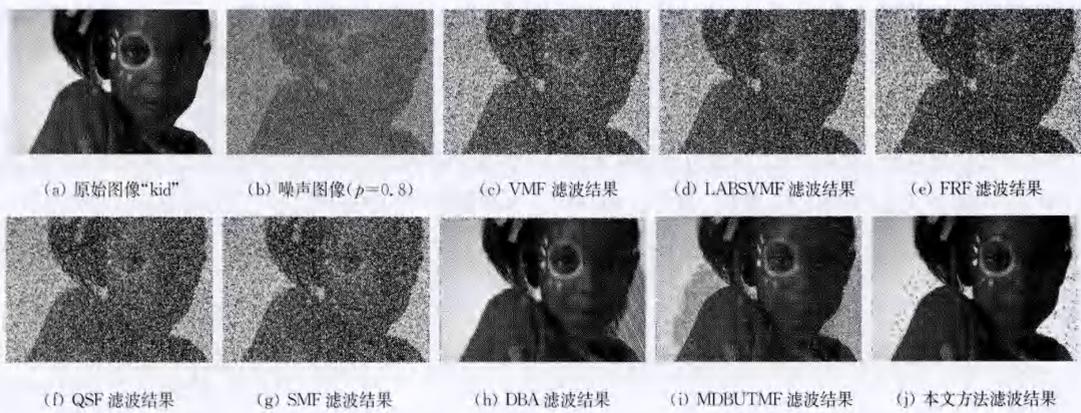


图4 各类滤波器对“kid”的滤波结果

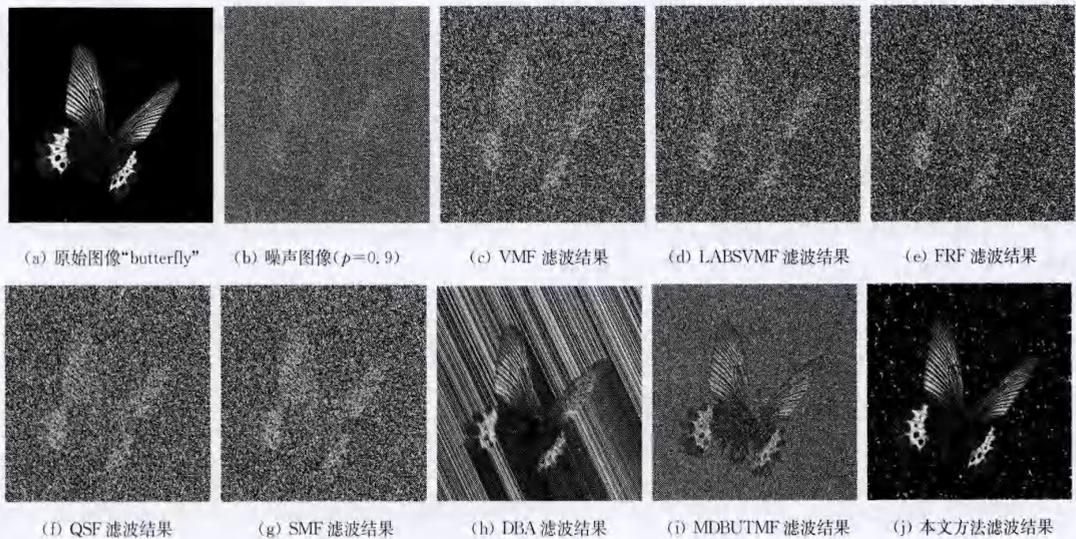


图5 各类滤波器对“butterfly”的滤波结果

表2 对比所用方法

缩写	全称	所属文献
VMF	Vector median filter	[2]
LABSVMF	Switching vector median filter in CIELAB color space	[13]
FRF	Fuzzy rank ordered differences filter	[9]
QSF	Quaternion switching filter	[14]
SMF	Adaptive median filter	[1]
DBA	Decision-based unsymmetric trimmed median filter	[20]
MDBUTMF	Modified decision-based unsymmetric trimmed median filter	[21]

图4为本文方法和对比方法对所选图像“kid”加入80%椒盐噪声后图像的滤波结果。图5为本文方法和对比方法对所选图像“butterfly”加入90%椒盐噪声后图像的滤波结果。由图4可以看出,在噪声等级为80%时,矢量中值滤波已经难以有效滤除噪声,QSF、FRF和LABSVMF的滤波效果甚至不如VMF;标准中值滤波同样性能较低;DBA虽然噪声抑制能力较好,但拖尾效应十分严重,严重损坏了原图像的细节和边缘;而MDBUTMF在单色区域的滤波基本失效,并且造成了图像色调的严重损坏;本文方法不但能够移除绝大部分的噪声,而且能同时保护图像的色调和边缘细节信息,在彩色图像滤波的3个标准中达到了一个较好的平衡,优越性明显。如图4(j)所示,本文算法移除了图像中大部分的噪声,图像恢复程度很高。在噪声密度高达90%时,本文方法仍能够较好地恢复图像,如图5(j)所示。

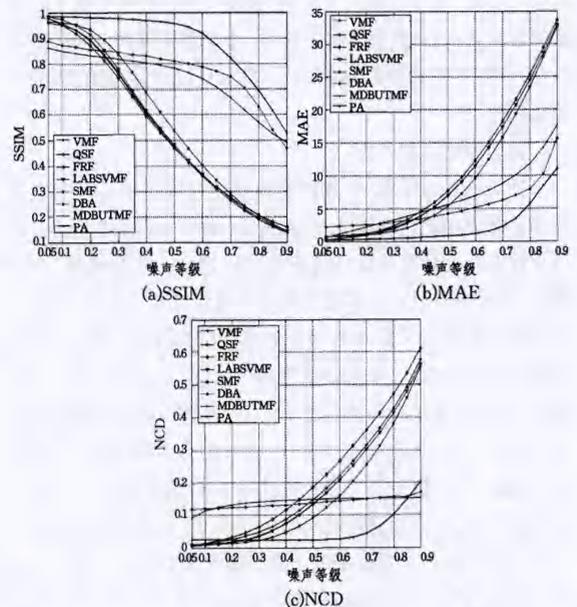


图6 各方法的评估数据比较

为了客观评价各个滤波方法的性能,我们选取了平均绝对误差(MAE)、归一化色差(NCD)和结构相似性参数(SSIM)3个常用的评估参数,并选用了标准图像库中的50幅图像作为测试图像,利用表2中的多种滤波方法对测试图

像滤波,分别计算每一幅图像的 MAE、NCD 和 SSIM 值,最后取平均值,实验数据如图 6 所示。

可以看出,本文提出的基于自适应窗口的裁剪中值滤波方法在高密度噪声的移除上具有明显的优势,在低密度噪声情况下,抑制噪声的性能不但明显优于几种标量中值滤波方法,而且优于几种矢量中值滤波方法。显然,本文方法在抑制噪声、复原图像方面具有更为优越的性能。由图 6(c)可以看出,本文方法的 NCD 值在噪声密度较高时,低于其他对比方法,并且在噪声密度较低时,接近于几种矢量中值滤波方法,这表明本文方法在色调保持方面鲁棒性较高。本文方法的 MAE 值在低密度和高密度噪声情况下均较低,由此表明本文方法在细节信息保持方面优于现有的多种滤波方法。

结束语 尽管 MDBUTMF 的滤波性能较 DBA 有很大改进,但其在单色区域的滤波和色调保持方面性能较差。本文分析了各类滤波算子的特性,结合自适应中值滤波的优点,针对高密度椒盐噪声的移除问题,提出了一种基于自适应窗口的裁剪中值滤波方法。采用了自适应的滤波窗口,在高密度噪声情况下得到更好的图像滤波结果;增加了对于单色区域的判断,有效解决了 MDBUTMF 方法在单色区域失效的问题。仿真实验的数据表明,本文方法的去噪性能优于现有的多种中值滤波方法,并且能有效保持图像的色调和细节信息。

参考文献

- [1] Plataniotis K N, Venetsanopoulos A N. Color image processing and applications[M]. Springer, 2000
- [2] Astola J, Haavisto P, Neuvo Y. Vector median filters[J]. Proceedings of the IEEE, 1990, 78(4): 678-689
- [3] Trahanias P E, Venetsanopoulos A N. Vector directional filters—a new class of multichannel image processing filters[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1993, 2(4): 528-534
- [4] Karakos D G, Trahanias P E. Generalized multichannel image-filtering structures[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1997, 6(7): 1038-1045
- [5] Gabbouj M, Cheikh F A. Vector median-vector directional hybrid filter for color image restoration[C]//Proceedings of the European Signal Processing Conference. Trieste, Italy, 1996: 879-881
- [6] Lukac R, Plataniotis K N, Smolka B, et al. Generalized selection weighted vector filters[J]. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 1990, 2004(12): 1870-1885
- [7] Smolka B. Efficient modification of the central weighted vector median filter[J]. Pattern Recognition, 2002, 24(9): 166-173
- [8] Hore E S, Qiu B, Wu H R. Improved vector filtering for color

images using fuzzy noise detection[J]. Optical Engineering, 2003, 42(6): 1656-1664

- [9] Camarena J G, Gregori V, Morillas S, et al. Two-step fuzzy logic-based method for impulse noise detection in colour images[J]. Pattern Recognition Letters, 2010, 31(13): 1842-1849
- [10] Lukac R. Vector LUM smoothers as impulse detector for color images[C]//Proceedings of European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD). Espoo, Finland, 2001: 137-140
- [11] Lukac R. Adaptive vector median filtering[J]. Pattern Recognition Letters, 2003, 24(12): 1889-1899
- [12] Smolka B, Chydzinski A. Fast detection and impulsive noise removal in color images[J]. Real-Time Imaging, 2005, 11(5): 389-402
- [13] 金良海, 李德华. 基于 CIELAB 空间的开关型矢量中值滤波器[J]. 小型微型计算机系统, 2007, 28(9): 1700-1704
- [14] Geng Xin, Hu Xiao-guang, Xiao Jin. Quaternion switching filter for impulse noise reduction in color image[J]. Signal Processing, 2012, 92(1): 150-162
- [15] 金良海, 李德华. 基于四元数旋转的开关型矢量中值滤波器[J]. 中国图象图形学报, 2008, 12(12): 2089-2095
- [16] 钟灵, 章云. 对等组的快速开关型矢量中值滤波[J]. Computer Engineering, 2010, 36(22): 20-21
- [17] 钟灵, 章云. 双阈值开关型矢量中值滤波[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(6): 2367-2369
- [18] Jin L, Xiong C, Liu H. Improved bilateral filter for suppressing mixed noise in color images[J]. Digital Signal Processing, 2012, 22(6): 903-912
- [19] Gallegos-Funes F J, Rosales-Silva A J, Toledo-Lopez A. Multi-channel image processing by using the Rank M-type L-filter[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2012, 23(2): 323-330
- [20] Srinivasan K S, Ebenezer D. A new fast and efficient decision-based algorithm for removal of high-density impulse noises[J]. Signal Processing Letters, IEEE, 2007, 14(3): 189-192
- [21] Esakkirajan S, Veerakumar T, Subramanyam A N, et al. Removal of high density salt and pepper noise through modified decision based unsymmetric trimmed median filter[J]. Signal Processing Letters, IEEE, 2011, 18(5): 287-290
- [22] Aiswarya K, Jayaraj V, Ebenezer D. A new and efficient algorithm for the removal of high density salt and pepper noise in images and videos[C]//Second International Conference on Computer Modeling and Simulation, 2010 (ICCMS'10). IEEE, 2010, 4: 409-413
- [23] Hwang H, Haddad R. Adaptive median filters; new algorithms and results[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1995, 4(4): 499-502

(上接第 275 页)

- [12] 科技日报. 火眼金睛识别红黑网络信息[EB/OL]. <http://www.stdaily.com/>
- [13] 贾自艳, 何清, 张海俊, 等. 一种基于动态进化模型的事件探测和追踪算法[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(7): 1273-1280

- [14] Zeitoff T. Using Social Media to Measure Conflict Dynamics[J]. Journal of Conflict Resolution, 2011, 55(6): 938-969
- [15] http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/index_downloading.html