

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 **1**
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年1月 第17卷 第1期(总第189期)

目 次

综述

压缩感知基本理论:回顾与展望 邵文泽, 韦志辉(1)

图像处理和编码

完全质量保持的 AVS 视频可逆信息隐藏算法 郭宝安, 陈彪, 张飏, 于志强, 张卫明(13)

多成分正则化约束的断层图像重建算法 王丽艳, 韦志辉, 李星秀(20)

基于单幅图像景深和大气散射模型的去雾方法 郭珈, 王孝通, 胡程鹏, 徐晓刚(27)

结合 NSS 和小波变换的无参考图像质量评价 金波, 李朝锋, 吴小俊(33)

结合区域分割和双边滤波的图像去噪新算法 杨学志, 徐勇, 方静, 卢洁, 左美霞(40)

种子像素滤波法去除随机脉冲噪声 单建华(49)

基于纹理和亮度感知特性的率失真优化策略 俞力克, 代锋, 张勇东, 林守勋(54)

单通道散焦模糊置换图像的盲分离 王伟, 方勇(62)

侧扫声呐图像的 3 维块匹配降斑方法 范习健, 李庆武, 黄河, 王敏(68)

新适应模型的提出及分类扩散 李彦宝, 姜广峰, 王治强, 刘薇(75)

图像分析和识别

从神经切片图像中识别功能束类型的研究 钟映春, 罗鹏(82)

融合 SPA 遮挡分割的多目标跟踪方法 丁欢, 张文生(90)

目标识别中的稳定图像特征组合发掘 姜永兵, 彭启民(99)

基于结构特征的高分辨率 TerraSAR-X 图像船舶识别方法研究 殷雄, 王超, 张红, 吴樊(106)

图像理解和计算机视觉

机器人的混合特征视觉环境感知方法 杨俊友, 马乐, 白殿春, 东俊光(114)

纹理分布分析的快速图像修复算法 张晴, 林家骏(123)

计算机图形学

圆的整数反走样生成算法 贾银亮, 张焕春, 经亚枝(130)

遥感图像处理

SAR 图像的快速核主成分分析识别方法 于红芸, 姜涛, 关键 (137)

基于图像内容层次表征的遥感图像分割方法 张学良, 肖鹏峰, 冯学智 (142)

地理信息技术

保持几何模式的城市道路路网简化方法 杨必胜, 张云菲, 栾学晨 (150)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健 月刊(1996 年创刊)

第 17 卷 第 1 期

2012 年 1 月 16 日出版

主管单位 中国科学院
主 办 中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会

北京 9718 信箱 邮编 100101

电子信箱: jig@irsa. ac. cn

电话: 010-68407995 010-82614429

网 址: www. cjig. cn

印刷装订 北京北林印刷厂

广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司

(中国国际书店)

(北京 399 信箱 邮编 100044)

Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Institute of Remote Sensing Application,
CAS China Society of Image and Graphics
Institute of Applied Physics and Computational
Mathematics
Chief editor LI Xiaowen
Editor, Publisher Editorial and Publishing Board
of Journal of Image and Graphics
(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)
E-mail: jig@irsa. ac. cn
Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers
and Journals
Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading Corporation
(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)
Printed by Beijing Beilin Printing House

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 1 January 2012

Contents

Review

Advances and perspectives on compressed sensing theory *Shao Wenze, Wei Zhihui*(1)

Image Processing and Coding

Complete video quality-preserving reversible data-hiding based on AVS *Guo Bao'an, Chen Biao, Zhang Biao, Yu Zhiqiang, Zhang Weiming*(13)

Morphological component analysis for tomography reconstruction *Wang Liyan, Wei Zhihui, Li Xingxiu*(20)

Single image dehazing based on scene depth and physical model *Guo Jia, Wang Xiaotong, Hu Chengpeng, Xu Xiaogang*(27)

No-reference image quality assessment based on natural scene statistics and wavelet *Jin Bo, Li Chaofeng, Wu Xiaojun*(33)

New filter based on region segmentation and bilateral filtering *Yang Xuezhi, Xu Yong, Fang Jing, Lu Jie, Zuo Meixia*(40)

Removal of random-valued impulse noise based on seed pixels filter *Shan Jianhua*(49)

Novel rate distortion optimization strategy based on perceptual properties of texture and luminance *Yu Like, Dai Feng, Zhang Yongdong, Lin Shouxun*(54)

Blind separation of single-channel permuted defocus blurred image *Wang Wei, Fang Yong*(62)

Side-scan sonar image despeckling based on block-matching and 3D filtering *Fan Xijian, Li Qingwu, Huang He, Wang Min*(68)

New well-posed model and classified diffusion *Li Yanbao, Jiang Guangfeng, Wang Zhiqiang, Liu Wei*(75)

Image Analysis and Recognition

Type recognition of fascicular groups from nerve slice image *Zhong Yingchun, Luo Peng*(82)

Multi-target tracking approach combined with SPA occlusion segmentation *Ding Huan, Zhang Wensheng*(90)

The mining of stable image feature-compositions in object recognition *Jiang Yongbing, Peng Qimin*(99)

Vessel recognition with high resolution terraSAR-X image based on structure feature *Yin Xiong, Wang Chao, Zhang Hong, Wu Fan*(106)

Image Understanding and Computer Vision

Robot vision environmental perception method based on hybrid features *Yang Junyou, Ma Le, Bai Dianchun, Toshimitsu Higashi*(114)

Fast image inpainting algorithm using color texture distribution analysis *Zhang Qing, Lin Jiajun*(123)

Computer Graphics

Integral algorithm for circle anti-aliasing *Jia Yinliang, Zhang Huanchun, Jing Yazhi*(130)

Remote Sensing Image Processing

SAR images recognition based on kernel principal component analysis *Yu Hongyun, Jiang Tao, Guan Jian*(137)

Remotely sensed imagery segmentation based on the hierarchical representation of image content *Zhang Xueliang, Xiao Pengfeng, Feng Xuezhi*(142)

Geoinformatics

Pattern preserving method for grid simplification in road networks *Yang Bisheng, Zhang Yunfei, Luan Xuechen*(150)

中图法分类号: TP391.41 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2012)01-0049-05

论文引用格式: 单建华. 种子像素滤波法去除随机脉冲噪声 [J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(1): 49-53

种子像素滤波法去除随机脉冲噪声

单建华

安徽工业大学机械工程学院, 马鞍山 243032

摘要: 为了在去除图像高密度随机脉冲噪声的同时最大程度地保护图像边缘和细节, 提出一种新方法。该方法首先利用图像局部灰度相似性, 提取种子像素; 然后只对种子像素进行开关中值滤波, 去除误判的种子像素, 采用自适应变窗口尺寸; 最后利用种子像素先探测漏选的种子像素, 接着重构非种子像素。实验结果表明, 与其他方法相比, 该方法是综合性能最优之一。

关键词: 图像去噪; 随机值脉冲噪声; 噪声率; 噪声探测

Removal of random-valued impulse noise based on seed pixels filter

Shan Jianhua

Department of Mechanical Engineering, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243032, China

Abstract: In this paper, a new method is proposed for removing and restoring random-valued impulse noise in images in order to preserve fine details. At first, based on a similar neighbor criterion, seed pixels are extracted. Then switch median filter is applied to the seed pixels for removing the misjudged seed pixels with an adaptive window size. Lastly, the missing seed pixels are probed firstly and then the noise pixels are restored both using the seed pixels. Compared with other well-known methods, this technique achieves superior performance.

Key words: image denoising; random-valued impulse noise; noise ratio; noise detection

0 引言

在数字图像的获取和传输过程中, 传感器和传输通道经常会产生噪声^[1]。噪声的存在极大地降低了图像质量, 使得图像的后期处理如分割、特征提取和目标识别等变得困难, 因此对噪声图像进行滤波很重要。去除脉冲噪声, 就是使未被噪声污染的像素在尽可能保持不变的前提下抑制噪声。脉冲噪声分两种: 固定值和随机值脉冲噪声, 本文研究随机值脉冲噪声, 且在 $[0, 255]$ 范围内均匀分布^[2]。

中值滤波广泛用于去除脉冲噪声, 然而中值滤波对图像所有像素都不加区别地进行处理, 使未被噪声污染的像素灰度值也改变, 会导致图像细节结构的过

平滑。许多基于中值滤波的改进算法通过使用阈值来区分污染像素和源像素, 只对污染像素进行处理以提高性能, 如 PSM (progressive median)^[1], TSM (tri-state median)^[3], 但这些算法都存在着最优阈值难于选取的问题, 因为最优阈值随着噪声概率密度和图像的变化而变化, 难以确定, 且对图像细节结构的保护能力较弱, 会滤除图像中的边缘和纹理等重要细节, 其在噪声密度较大时, 表现得尤为明显^[8]。

最新去噪方法如 EMROAD (efficient method based on the ROAD)^[4], PWMAD (pixel-wise MAD)^[5], UNR (universal noise removal)^[6], SNC (similar neighbor criterion)^[7], GS (几何结构法)^[8]等, 在噪声密度较高时, 性能变差, 特别是当密度大于 20% 时, 或者数据计算量大, 处理速度慢。因为在高噪声污染的图

收稿日期: 2010-12-1; 修回日期: 2011-03-31

基金项目: 高等学校省级优秀青年人才基金项目(2010SQRL036ZD); 安徽省优秀青年科技基金项目(10040606Y23)

第一作者简介: 单建华(1979—), 男, 副教授, 2007年于中国科学技术大学获精密仪器专业博士学位, 主要研究方向为数字图像研究。

E-mail: saintdavidshan@gmail.com

像中,窗口中存在太多的污染像素,这些像素的灰度随机分布,它们与测试像素点的灰度差难以真实反映强度差。而且存在大量的噪声簇,它们的灰度相似,与测试像素点的灰度差很小。这样基于像素强度差的方法,会把这些噪声点误判为源像素,导致在高噪声密度下性能变差。

为了克服上述困难,提出一种对“种子像素”进行再滤波的方法减小和消除误判,分3步。即首先根据窗口内灰度相似原理提取“种子像素”;然后对“种子像素”进行过滤,去除误判像素点;最后由“种子像素”两步重构污染像素点。此方法对参数不敏感,能适应各种噪声密度和各种图片类型,且数据计算量小处理速度快,与现有方法相比,具有明显优势。

1 种子像素提取

1.1 种子像素探测

源图像在局部范围内,灰度近似相等,除了边缘和细节处。噪声污染图像中 3×3 窗口内,噪声由于灰度随机,与周围像素灰度差别大,而源像素与周围像素灰度差别小。利用这个性质,可以提取源像素。设像素 y 为以像素 x 为中心的 3×3 窗口内周围8个像素中任一个,如果像素 y 满足

$$|x - y| \leq g_1 \quad (1)$$

g_1 为强度差阈值,则称像素 y 满足灰度相似条件 G 。如果像素 x 窗口内满足条件 G 的像素个数大于或等于 N ,则称像素 x 为“种子像素”。

$$C(x, G) \geq N \quad (2)$$

C 为满足条件 G 的像素个数。种子像素大部分是源像素或者噪声,但其灰度值与源像素接近,小部分是噪声簇。种子像素的探测受参数 g_1, N 的影响。实验得出,最佳参数受噪声密度和图片类型的影响很小,具有适应性。

如前所述,此方法提取的种子像素有误判和漏判。污染图像可以看做是在源图像背景上叠加了随机噪声,噪声构成前景。由于噪声的灰度和位置均随机,故噪声点易于聚集形成噪声簇(类似斑点),噪声簇内像素灰度近似,像素个数一般大于3个。故噪声簇内像素能满足式(2),会被误判为种子像素。噪声簇数量随噪声密度的增加而增加,故在高噪声密度时,会造成大量误判。由于噪声簇是前景,灰度不同于背景,则重构图像在误判种子像素处会出现亮斑或暗斑,严重影响视觉效果和图像质量,如

同文献[7]所示,故必须去除这些误判的种子像素,本文通过改进中值滤波方法对种子像素进行过滤,能去除绝大部分伪种子像素,特别是能显著地去除由噪声簇引起的伪种子像素。

在源图像均匀区域,如果没有噪声污染,则满足条件 G 的像素个数大于 N ,会正常判为种子像素,但受噪声污染后,满足条件 G 的像素会被噪声污染,变成不满足条件 G ,满足条件 G 的像素个数会小于 N ,造成漏判。在图像边缘和细节处灰度变化大,即使图像未受噪声污染,满足条件 G 的像素也很少,难以满足式(3),造成漏判。重构过程如果不能有效识别出漏判的源像素,则会使边缘和细节模糊,影响图像质量和视觉效果。本文重构分两步,第1步探测漏判的种子像素;第2步重构噪声像素。该方法正是由于上述两点,其性能优于其他方法。

1.2 误判种子像素滤除

伪种子像素就是误判的种子像素,对灰度与周围种子像素差别较大的伪种子像素必须去除,否则严重影响去噪效果。伪种子像素满足式(2),与窗口内像素具有相似性,使用窗口内所有像素进行滤除,则难达目的。但是伪种子像素与周围种子像素的灰度差别大,故可在种子像素集中进行滤除,具体可借鉴开关中值滤波方法,可以保护真正的种子像素不被改变。开关中值滤波方法关键是窗口尺寸的选择,本文采用自适应窗口尺寸。由于种子像素密度受噪声密度影响很大,当噪声密度小时,种子像素密度大, 3×3 窗口内有足够种子像素数量进行中值滤波;而当噪声密度大时,种子像素密度小, 3×3 窗口中没有足够的种子像素数量进行中值滤波,必须增加窗口尺寸。如果算法统一采用大窗口,低密度噪声,那么过多的种子像素会被窗口中值代替,造成图像模糊,细节丢失,也增加了算法的处理时间。故窗口尺寸从 3×3 开始,如果窗口内种子像素数目超过 N_s ,则进行滤波;否则增加窗口尺寸,直至窗口内种子像素数目超过 N_s 。

$$C(x, seed) \geq N_s \quad (3)$$

C 为中心像素 x 窗口内种子像素数目, N_s 为个数阈值。当噪声密度小于60%时,这种方法十分理想,几乎可去除所有由噪声簇引起的伪种子像素;但当密度再提高时,效果不是很理想,需考虑其他方法。

2 图像重构

经过误判种子像素滤除后,剩下的种子像素可

认为是源像素,重构时保留其灰度值不变。由于存在漏判,漏判的源像素必须检测出,以减小图像边缘和细节的损失,可由已探测源像素进行检测。

2.1 漏判源像素探测

设 n 为非种子像素, 3×3 窗口 W 内如果存在种子像素,且种子像素的灰度平均值和 n 相近,则 n 为源像素,重构时灰度值保持不变。

$$C(S_w) > 0 \&\& |n - \text{mean}(S_w)| \leq g_2 \quad (4)$$

S_w 为窗口 W 内种子像素, C 为个数, mean 为平均值, g_2 为强度差阈值。检测原理与种子像素探测原理相同,根据图像灰度局部相似性,误判率低。

2.2 噪声重构

剩下的像素几乎都是噪声,其重构过程十分简单。设 n 为非种子像素,用 3×3 窗口内所有种子像素灰度平均值代替,可达理想效果。其他复杂重构算法,如高斯、中值、加权平均等,效果会更好,但计算量大,处理时间增加。

3 实验与结果分析

以 8 bit 的 512×512 各种图片为例,与各种算法进行比较,来验证本算法的优势。采用峰值信噪比 PSNR 作为衡量的客观标准。算法使用的参数为 $g_1 = 20, N = 3, N_s = 5, g_2 = 15$ 。

3.1 去噪效果

表 1 给出了各种算法和本文算法对不同噪声密度下 Lena 噪声图像进行处理后的峰值信噪比,可以

看出,噪声密度小于 50% 时,本算法是综合性能最好的;噪声密度在 50% 到 70% 之间,性能仅次于 SNC 方法;噪声密度大于 80% 时,性能急剧下降,因为此时噪声密度很大,本算法的种子像素提取结果不理想。

表 1 不同算法 Lena 图像去噪后 PSNR 比较
Table 1 Comparison for various methods in PSNR

	噪声密度/%							
	20	30	40	50	60	70	80	
PSM ^[1]	29.74	28.03	26.92	26.05	24.99	24.13	23.49	
MSM ^[2]	34.34	31.13	28.01	25.30	23.19	21.35	19.81	
TSM ^[3]	31.54	27.51	24.12	21.52	19.63	18.09	16.74	
EM ^[4]	34.78	32.25	29.92	27.60	25.56	23.45	21.72	
PWMAD ^[5]	30.9	26.45	22.65	20.08	18.06	16.43	15.33	
UNR ^[6]	33.30	31.21	28.57	26.12	23.65	21.41	19.81	
SNC ^[7]	33.98	32.29	30.93	29.95	29.11	28.34	27.19	
GS ^[8]	32.73		27.92					
本文算法	34.12	32.54	30.85	29.17	27.14	24.48	18.16	

图 1 给出 Lena 图像在不同噪声密度下去噪效果,没有亮斑或暗斑,边缘和细节保护良好如帽沿处,只是在假发处有细节模糊;而其他算法在噪声密度为 60% 时都存在亮斑或暗斑^[7],也存在细节模糊,本算法优于它们,如图 2 给出了其他算法在噪声密度为 60% 时对 Lena 图像的去噪效果,存在大量斑点,严重影响图像主观质量。图 3 给出不同图片在噪声密度为 40% 时的去噪效果,上排为原图,下排为恢复图像。本算法完全抑制住了噪声,保护了边缘和细节,具有图像适应性。

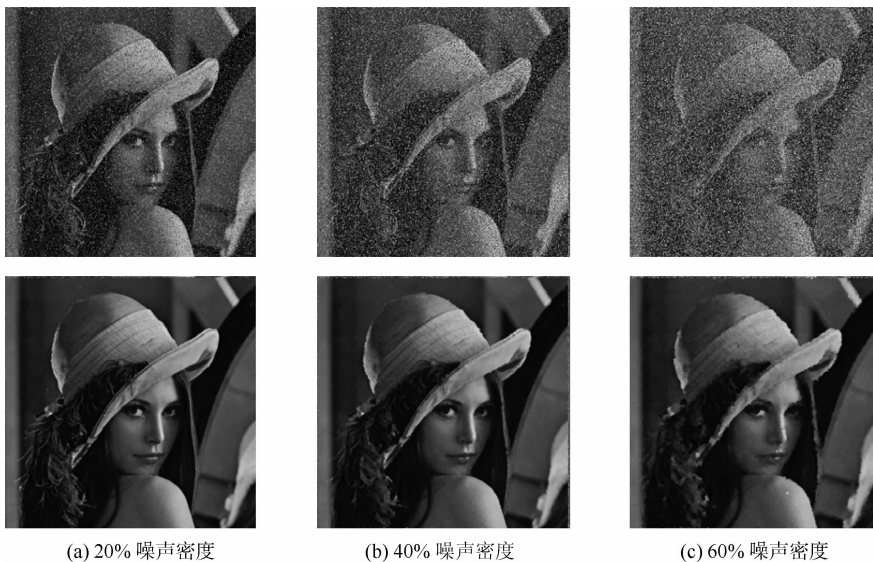


图 1 不同噪声密度下 Lena 去噪结果

Fig. 1 Restoration performances of Lena image with different noise rate

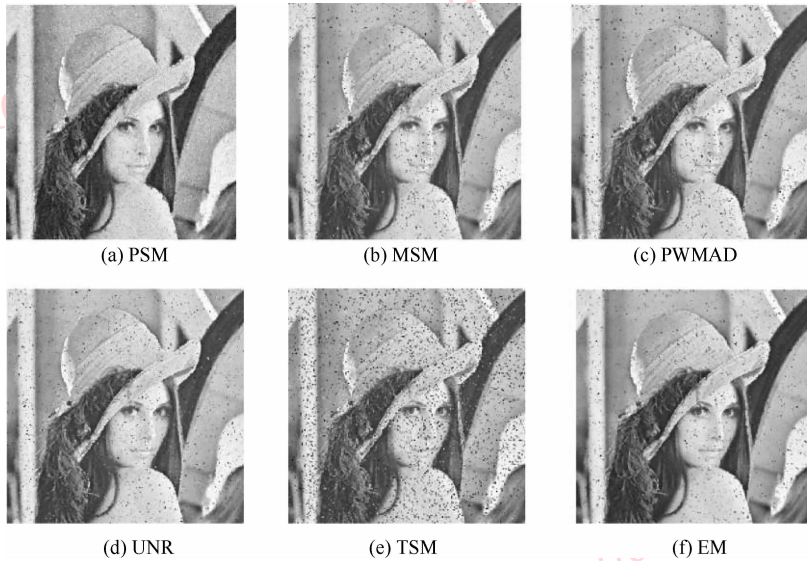


图 2 噪声密度为 60% 时各种算法对 Lena 去噪效果比较^[7]

Fig. 2 Comparison between different methods for restoring Lena image with 60% impulse noise rate

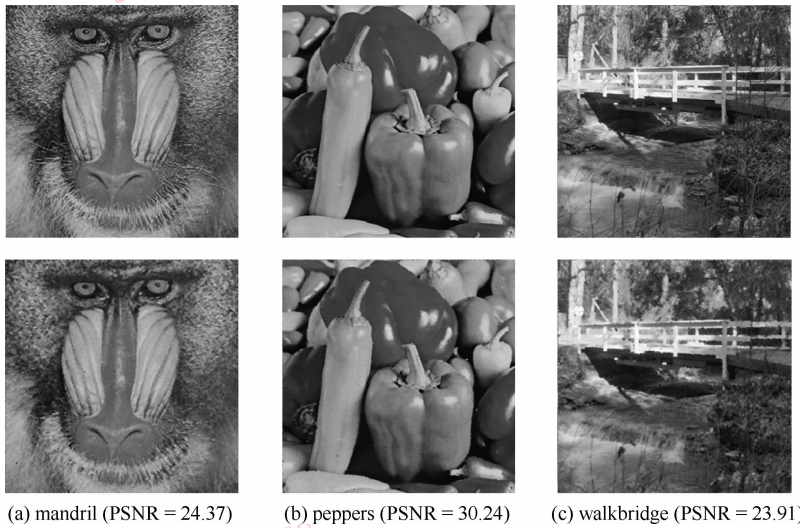


图 3 噪声密度为 40% 时不同图片去噪效果

Fig. 3 Restoration for corrupted images with 40% noise rate

3.2 种子像素提取结果

图 4 给出了受 60% 噪声污染的 Lena 图像探测和经滤波后的种子像素,为了便于观察,把非种子像素灰度设置为 0,种子像素灰度不变。图 4(a) 显示整个图像较均匀地分布着伪种子像素(较亮点或暗点),它们多由噪声簇引起。伪种子像素呈离散态,以簇聚集,每簇的像素点很少,少则一个,多则四五个,但总数约占整个种子像素的 12%。伪种子像素如不去除,则在重构后都会变成亮斑或暗斑,严重影响去噪效果。图 4(b) 显示滤除后的种子像素图像,可见,伪种子像素基本被全部滤除(无亮点或暗

点),达到预期效果。

表 2 给出了不同噪声密度下 Lena 图像种子像素提取结果,第 1 行 SP 表示探测到的种子像素占图像整个像素的百分比;第 2 行 FSP 表示误判种子像素占图像整个像素的百分比;第 3 行 TSP 为两者之差,即提取到的源像素比例。从表中 FSP 可看出,随着噪声密度增加,误判的种子像素的比例也增加,密度在 50% 之前增加缓慢,从 50% 到 60% 突然增加很多;从 TSP 可以看出,噪声密度在 50% 以前,提取到的源像素比例和真实源像素比例之间的误差在 1% 以内,噪声密度大于 60% ,它们之间的误差则大

于4%。这就解释了本算法在噪声密度小于50%时,去噪效果十分理想,大于60%时效果变差,因为

此时误判种子像素增多,探测到的源像素比例明显小于源像素真实比例。



(a) 探测到种子像素



(b) 滤波后的种子像素

图4 噪声密度为60%时Lena图像种子像素

Fig. 4 Seed pixel of Lena images with 60% noise rate

表2 Lena图像种子像素提取结果

Table 2 Seed pixel for Lena image

	噪声密度/%					
	30	40	50	60	70	80
SP	72.69	63.09	52.40	41.23	29.66	19.76
FSP	1.88	2.33	2.77	4.91	5.28	5.60
TSP	70.81	60.76	49.63	36.32	24.38	14.16

3.3 处理时间

采用1.80 GHz 时钟频率的CPU,1 GB 内存的笔记本电脑, MATLAB 7.5 运行算法,表3给出了不同算法处理Peppers图像的时间^[7]。本算法处理时间是SNC的50%左右,具有明显优势,比其他算法更具优势。

表3 不同算法Peppers图像处理时间

Table 3 Processing times in seconds for different methods

	噪声密度/%				
	30	40	60	70	80
MSM ^[7]	38.39	37.84	38.58	38.28	38.35
PWMAD ^[7]	53.10	53.18	53.18	53.21	53.22
SNC ^[7]	29.12	29.24	29.63	29.66	29.88
本文算法	16.19	16.20	15.71	15.31	14.62

4 结论

提出一种新的基于误判种子像素滤除的去噪方法,一个像素必须同时满足与窗口内所有像素和窗口内种子像素相似,才能认为是源像素。与现有算法相比,本算法是综合性能最优之一,在噪声密度小

于60%时,客观标准PSNR处于第1或第2位;主观上去噪后图像没有亮斑或暗斑,优于其他所有方法;处理速度更是远远快于其他方法。

参考文献 (References)

- [1] Wang Z, Zhang D. Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems II, 1999, 46(1):78-80.
- [2] Chen T, Wu H R. Space variant median filters for the restoration of impulse noise corrupted images [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems II, 2001, 48(8):784-789.
- [3] Chen T, Ma K K, Chen L H. Tri-state median filter for image denoising[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1999, 8(12):1834-8.
- [4] Luo W, Dang D. An efficient method for the removal of impulse noise [C]// Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing. Atlanta, GA, 2006;2601-2604.
- [5] Cmojevic V, Senk V, Trpovski Z. Advanced impulse detection based on pixel-wise MAD [J]. IEEE Signal Processing Letters 2004, 11(7):589-592.
- [6] Garnett R, Huegerich T, Chui C, et al. A universal noise removal algorithm with an impulse detector [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14(11):1747-1754.
- [7] Ali S A, Hong M. Similar neighbor criterion for impulse noise removal in images [J]. Int. J. Electron. Commun. (AEU), 2010, 64(5):904-915.
- [8] Shang Z L, Shui P L, Wang X L. Removal of random valued impulse images using detection geometric structure [J]. Journal of Image and Graphics of China, 2008, 13(7):1292-1297. [商泽利,水鹏朗,王小龙.利用几何结构检测去除图像中的随机值脉冲噪声[J].中国图象图形学报,2008,13(7)1292-1297.]