

强噪声彩色图像空域恢复方法

王建卫

(东北林业大学 机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为了解决基于RGB颜色模型的强噪声彩色图像空域恢复方法的丢失细节问题,依据分解彩色图像得到的三个分量在相关处理后可合成为彩色图像的理论,采用图像的基于像素点的空域处理理论,研究了受强噪声污染的彩色图像的点处理恢复方法。设计了基于RGB颜色模型的彩色图像分量的点处理恢复算法,给出了根据噪声强度调用该算法依次恢复 R 分量、 G 分量和 B 分量的过程。实验结果表明,与经典的空域滤波器比较,基于像素点的空域处理具有保持图像细节的优点,适用于解决基于RGB颜色模型的强噪声彩色图像的恢复问题。

关键词:彩色图像;噪声强度;空域;图像恢复

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)05-0061-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.05.015

A Restoration Method of Color Image with Strong Noise

WANG Jian-wei

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract:In order to solve the missing details problem on restoration method of color image based on RGB color model with strong noise, according to the theory that decomposing color image to be processed can be composed to new color image, using the theory of spatial processing based on pixel for image, research the point processing restoration approach polluted by the strong noise for color image. The color image component restoration algorithm is designed based on RGB color model. And the algorithm on R , G and B is given by call the above algorithm according to the noise intensity. The experimental results show that the algorithm has the advantage of keeping more details. Compared with the classical spatial filters, it is applicable to solve the restoration problem of color image based on RGB color model with strong noise.

Key words:color image; noise intensity; spatial domain; image restoration

0 引言

强噪声彩色图像的恢复问题是图像处理领域中一个重要的研究问题^[1],恢复方法的分类原则^[2]有处理域、与灰度图像恢复方法的依赖关系和颜色模型三种。下面根据这三个原则分别说明彩色图像的恢复问题的基本原理。

按照图像处理的域,分为基于空域的处理和基于频域的处理^[3]。在基于空域的处理中按照图像处理像素点的数目,可分为基于点的处理和基于模板的处理两种形式^[4],优点是在空域处理中,目前图像恢复的处理是以模板处理为基本操作,由于模板操作的操作对象是以具有一定的位置关系的像素集合,缺点是在恢复时不可避免地会丢失图像的细节信息^[5]。

按照对灰度图像恢复方法的依赖程度,彩色图像

的恢复问题可分为两大类。第一类是彩色图像灰度化后按照灰度图像恢复,再转换为彩色图像,优点是灰度恢复方法的应用,缺点是没有考虑颜色模型。第二类是将彩色图像分解为不同的分量,给出恢复分量结果,然后合成为彩色图像,优点是不会丢失颜色,缺点是需要颜色模型的转换时间、空间。

按照彩色图像恢复时应用的颜色模型的分量相关性,可分为基于颜色分量相关的彩色图像处理和基于颜色分量不相关的彩色图像处理两大类。第一类是基于颜色分量相关的彩色图像恢复,分解该模型的分量,分别对三个分量恢复,然后合成为彩色图像,优点是考虑了颜色模型,缺点是三分量相关,算法复杂度高。第二类是将基于分量相关的颜色模型的彩色图像转换为基于分量不相关的颜色模型的彩色图像,按照

收稿日期:2013-07-15

修回日期:2013-10-27

网络出版时间:2014-02-11

基金项目:黑龙江省教育科学技术研究项目(12521101,12533020)

作者简介:王建卫(1973-),女,山东烟台人,博士,副教授,研究方向为信号与信息处理、数据库理论及应用。

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140211.1453.029.html>

图像恢复方法去除强度分量的噪声,再转换为彩色图像,优点是考虑了颜色模型,只处理一个分量,缺点是三分量不相关,易颜色失真^[6]。

综上所述,可见恢复问题研究内容主要集中在较低强度污染的灰度和彩色图像的恢复算法^[7],因此文中研究了强噪声污染的彩色图像的恢复问题,提出了分解基于 RGB 模型彩色图像,得到三个分量并逐个分量恢复,根据均方信噪比是否小于等于给定的阈值选择合成部分恢复的分量的算法过程。

1 彩色图像恢复的空间滤波器

典型的空域滤波器可被应用到灰度图像的恢复问题中,图像恢复效果优劣在于应用的空域滤波器的数学模型^[8],常用的空域滤波器有算术均值滤波器、几何均值滤波器、中值滤波器、最大值滤波器和最小值滤波器等^[9]。

文中应用空域滤波器到彩色含噪图像的恢复中,下面以 RGB 图像为例,含噪彩色图像 CGN 的三个分量是 R_n, G_n 和 B_n , 设 CGN 的像素数是 $N \times M, S_{ij}$ 是大小为 $m \times n$ 且像素中心在 (i, j) 的矩形窗口,则 R_n, G_n 和 B_n 的算术均值滤波器的计算公式分别为:

$$R(i, j) = \frac{1}{mn} \sum_{(s, t) \in S_{ij}} R_n(s, t)$$

$$G(i, j) = \frac{1}{mn} \sum_{(s, t) \in S_{ij}} G_n(s, t)$$

$$B(i, j) = \frac{1}{mn} \sum_{(s, t) \in S_{ij}} B_n(s, t)$$

含噪彩色图像 CGN 的算术均值滤波器的计算公式为:

$$CG(i, j) =$$

$$\begin{cases} \text{COMPOSE}(R(i, j), G_n(i, j), B_n(i, j)) & 0 < n \leq t_1 \\ \text{COMPOSE}(R(i, j), G(i, j), B_n(i, j)) & t_1 < n \leq t_2 \\ \text{COMPOSE}(R(i, j), G(i, j), B(i, j)) & t_2 < n \leq t_3 \end{cases}$$

其中, COMPOSE 是分量合成为彩色图像操作; n 是噪声强度, t_1, t_2 和 t_3 是合成操作中的三个值。

文中通过实验给出了 t_1, t_2 和 t_3 的数值决定的均方信噪比。与此类似,可以得到含噪彩色图像的其他空域滤波器的计算公式。

2 彩色图像恢复的客观质量评价准则

如何评价恢复图像的质量是判断恢复算法性能优劣的主要指标^[10], 由于含噪图像的部分像素的像素值与理想图像的相应像素的像素值是不同的^[11], 因此在灰度图像恢复研究中应用总误差、均方误差和均方信噪比为主的客观评价标准已经成为主要的评价标准。

文中修改了上述的计算公式应用到含噪彩色图像

的恢复评价中。下面以 RGB 模型的图像为例, 给出彩色图像的恢复效果的客观质量评价的计算公式。理想彩色图像 CGD 的三个分量是 R_1, G_1 和 B_1 , 恢复后彩色图像 CG 的三个分量是 R_2, G_2 和 B_2 , 设 CG 的像素数是 $N \times M$, 则 R 分量的误差计算公式为:

$$e_R = |R_1(i, j) - R_2(i, j)|$$

总误差计算公式为:

$$e_{\text{RGB}} = |R_1(i, j) - R_2(i, j)| + |G_1(i, j) - G_2(i, j)| + |R_1(i, j) - R_2(i, j)| + |B_1(i, j) - B_2(i, j)|$$

R 分量的总误差计算公式为:

$$E_R = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [|R_1(i, j) - R_2(i, j)|]$$

总的误差计算公式为:

$$E_{\text{RGB}} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [|R_1(i, j) - R_2(i, j)| + |G_1(i, j) - G_2(i, j)| + |B_1(i, j) - B_2(i, j)|]$$

R 分量的均方误差公式为:

$$\text{MSE}_R = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [R_1(i, j) - R_2(i, j)]^2$$

均方误差公式为:

$$\text{MSE}_{\text{RGB}} = \frac{1}{3NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \{ [R_1(i, j) - R_2(i, j)]^2 + [G_1(i, j) - G_2(i, j)]^2 + [B_1(i, j) - B_2(i, j)]^2 \}$$

分量的均方信噪比的计算公式为:

$$\text{MSNR}_R = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [R_1(i, j)]^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [R_1(i, j) - R_2(i, j)]^2}$$

$$\text{MSNR}_G = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [G_1(i, j)]^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [G_1(i, j) - G_2(i, j)]^2}$$

$$\text{MSNR}_B = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [B_1(i, j)]^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M [B_1(i, j) - B_2(i, j)]^2}$$

总的均方信噪比的计算公式为:

$$\text{MSNR}_{\text{RGB}} = (\text{MSNR}_R + \text{MSNR}_G + \text{MSNR}_B) / 3$$

3 彩色图像的强噪声恢复算法

彩色图像的强噪声恢复算法的前提是噪声类型的分析^[12]。文中以影响图像的视觉效果最明显的脉冲噪声为例, 研究了彩色图像的强噪声恢复算法。椒盐噪声的概率密度函数为^[13]:

$$p(z) = \begin{cases} P_a & z = a \\ P_b & z = b \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

通常情况下椒盐噪声总是数字化为允许的最大值或最小值,所以负脉冲以黑点(胡椒点)出现在图像中,正脉冲以白点(盐点)出现在图像中^[14]。

文中彩色图像恢复算法的原理是首先分解彩色图像为 R 、 G 、 B 三个分量,接着对三个分量依次逐像素点分析为确定的噪声点、像素点为最大值或最小值可能为噪声点、非噪声点三种情况并分别计算为空域滤波器输出和保持像素值不变,最后合成为新的彩色图像。根据图像分量恢复算法原理,分量像素值用 8 bit 表示,噪声值为 255 或 0,算法过程如下:

Algorithm $g = \text{NOISE_RESTROATION}(g_n)$

Input: 强噪声图像分量 $g_n(i, j)$ ($i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$);

Output: 恢复图像分量 $g(i, j)$ ($i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$)。

Step1: 输入强噪声图像分量 $g_n(i, j)$ ($i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$), 且 $g(i, j) = g_n(i, j)$;

Step2: 读取像素点 $P(i, j)$ ($i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$) 的像素值 $g_n(i, j)$;

Step3: 如果 $g_n(i, j)$ 不是最大值或最小值, 保持 $g(i, j)$ 不变, 转到步骤 6;

Step4: 计算像素点 $P(i, j)$ 的 $N \times N$ ($N = 3, 5, 7$) 邻域内的最大值和最小值的数目 c ;

Step5: 如果 $c \geq \text{TH}$, 用 $P(i, j)$ 的中值滤波器的输出代替 $g(i, j)$, 否则保持 $g(i, j)$ 不变, 转到步骤 6;

Step6: 如果所有的像素点都扫描完成, 输出图像分量 $g(i, j)$ ($i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$), 否则转到步骤 2。

在 Step5 中, TH 是自适应阈值, 与空域滤波器比较, 几乎没有模板操作, 显然执行时间比空域滤波器短。

强噪声彩色图像的恢复算法的原理是对分解彩色含噪图像得到的 R 、 G 、 B 三个分量, 依次输入 R 、 G 、 B 三个含噪声分量调用 NOISE_RESTROATION 算法, 根据分量均方信噪比是否小于等于均方信噪比的阈值, 决定合成恢复图像的分量个数。

文中恢复算法 COLOR_RESTROATION 的算法过程如下:

Algorithm $\text{CG} = \text{COLOR_RESTROATION}(\text{CGN})$

Input: 彩色含噪图像 $\text{CGN}(i, j, k)$ ($i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M, k = 1, 2, 3$);

Output: 彩色恢复图像 $\text{CG}(i, j, k)$ ($i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M, k = 1, 2, 3$)。

Step1: 输入含噪彩色图像 CGN ;

Step2: 分解 CGN 为分量 R_n, G_n 和 B_n ;

Step3: $R = \text{NOISE_RESTROATION}(R_n)$;

Step4: 计算 MSNRR ;

Step5: 如果 $\text{MSNRR} \leq \text{thMSNRR}$, 合成 R, G_n 和 B_n 为结果图像 CG , 转到 Step12;

Step6: $G = \text{NOISE_RESTROATION}(G_n)$;

Step7: 计算 MSNRG ;

Step8: 如果 $(\text{MSNRR} + \text{MSNRG})/2 \leq \text{thMSNRR}$, 合成 R, G 和 B_n 为结果图像 CG , 转到 Step12;

Step9: $B = \text{NOISE_RESTROATION}(B_n)$;

Step10: 计算 MSNRB 和 $\text{MSNR} = (\text{MSNRR} + \text{MSNRG} + \text{MSNRB})/3$;

Step11: 合成 R, G 和 B 为结果图像 CG ;

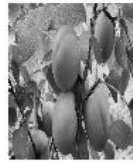
Step12: 输出结果图像 CG 。

在 Step5 和 Step8 中, thMSNRR 是给定的阈值。与传统的彩色图像处理比较, 算法中没有颜色模型的转换。但噪声强度较低时, 只需处理一个含噪分量 R_n ; 随着噪声强度的增加, 需要处理含噪分量 R_n 和 G_n ; 但噪声强度达到一定的限度时, 恢复图像由三个恢复分量合成, 客观质量评价结果是确定。

显然, 算法的执行时间取决于噪声强度和合成的分量个数。

4 实验结果

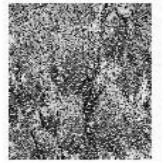
实验的硬件环境是 CPU 为 Intel T2400 1.83 GHz, 内存为 2 GB。在 Windows XP 系统 Matlab 7.0 环境下编写自定义函数和 M 文件实现上述的 3 节中的算法。



(1)原始图像



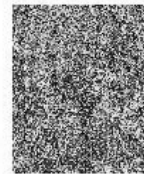
(2)含噪图像(0.2)



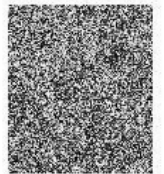
(3)含噪图像(0.4)



(4)含噪图像(0.5)



(5)含噪图像(0.6)



(6)含噪图像(0.8)

图1 理想图像和含有不同强度噪声的图像

实验中理想图像为 525×1024 个像素, 颜色值为 256^3 的真彩色图像, 噪声类型为椒盐噪声, 图1是理想图像和含不同强度噪声的图像的效果图。图2是应用中算法、中值滤波器、算术均值滤波器和几何均值滤波器得到的恢复图像。可见, 文中算法优于其他三种滤波器。

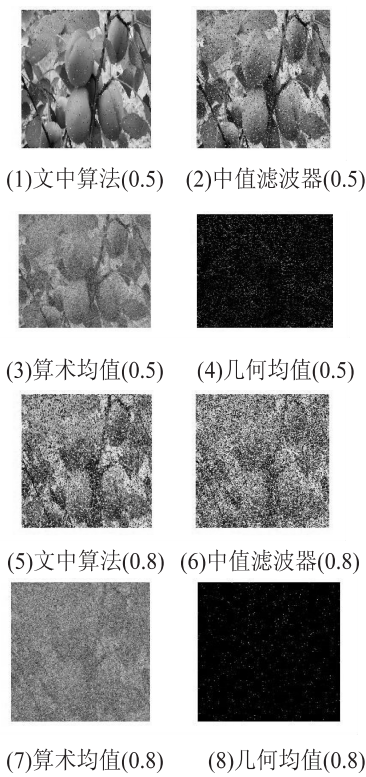


图 2 文中算法与经典滤波器的恢复图像

图 3 的结果图像是图 1(3) 的噪声强度为 0.5 的图像应用文中算法的恢复图像,在调用算法 NOISE_RESTROATION 时,分别使用 3×3、5×5 和 7×7 的方形邻域作为中间值的计算模板。

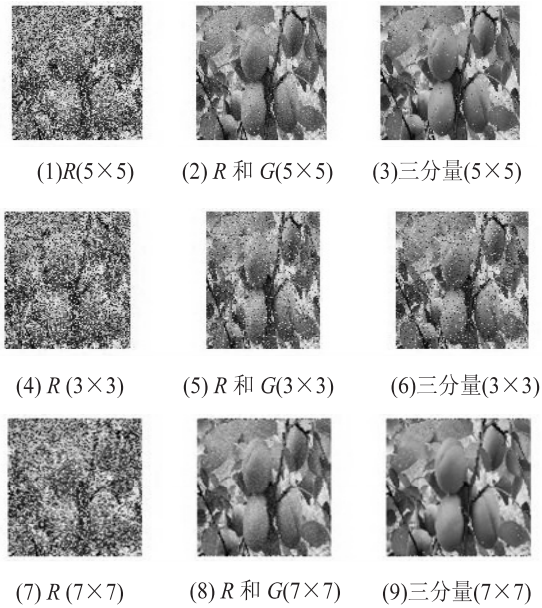


图 3 恢复图像(噪声强度为 0.5)

同理,可得到图 1(6) 的噪声强度为 0.8 的恢复图像(略),但由表 1 可知质量比图 3 差。

由表 1 可知,噪声强度等于 0.5 是必须采用三分量的恢复分量合成彩色恢复图像的临界点;均方信噪比均值小于等于 5 时,只需 R 和 G 两个分量的恢复图像合成为恢复图像的视觉效果较好,能够满足一定的

要求;在同一噪声强度下,算法 NOISE_RESTROATION 的模板越大,恢复效果越好,但会使边界和细节信息变得模糊。

表 1 不同噪声强度的恢复图像的均方信噪比

噪声强度	邻域模板类型	R_n 分量	R_n 和 G_n 分量	R_n 、 G_n 和 B_n 分量
0.2	3×3	433.437 6	8.905 9	0.998 9
0.4	3×3	234.186 3	4.795 6	1.015 6
0.5	3×3	176.974 5	3.9912	1.038 8
0.6	3×3	150.258 3	3.463 5	1.082 3
0.8	3×3	110.654 1	2.920 3	1.268 6
0.2	5×5	433.437 3	8.905 4	0.996 8
0.4	5×5	234.180 4	4.783 8	0.998 5
0.5	5×5	176.961 7	3.965 2	1.003 8
0.6	5×5	150.234 3	3.415 7	1.020 0
0.8	5×5	110.609 1	2.830 5	1.157 3
0.2	7×7	433.437 5	8.905 6	0.996 5
0.4	7×7	234.180 3	4.783 6	0.997 4
0.5	7×7	176.960 2	3.962 3	0.998 8
0.6	7×7	150.228 1	3.403 7	1.003 4
0.8	7×7	110.582 6	2.777 7	1.090 8

5 结束语

为了研究强噪声彩色图像空域恢复问题,文中设计了基于 RGB 颜色模型的彩色图像的分量的点处理恢复算法,通过大量的实验证明了根据噪声强度可以依次处理 R 分量、G 分量和 B 分量的部分分量的过程。实验结果表明,与经典的空域滤波器比较,文中算法适用于基于 RGB 颜色模型的强噪声彩色图像的恢复问题;均方信噪比的均值小于等于 0.5 时可用两个分量图像合成视觉效果较好的恢复图像。

参考文献:

[1] Gijssenij A, Gevers T, van de Weijer J. Computational color constancy: survey and experiments[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(9): 2475–2489.

[2] 吕文阁, 涂晓斌, 成思源, 等. 基于 TRIZ 的含噪声图像目标边缘检测算法[J]. 计算机集成制造系统, 2013, 19(2): 399–403.

[3] 谢正祥, 王志芳, 熊兴良, 等. 基于视觉感知噪声模型的彩色图像质量评价和彩色图像质量最佳化[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(10): 1454–1464.

[4] 陈华杰, 吴香伟. 强噪声背景下基于非网格 MRF 的 SAR 图像快速分割方法[J]. 光电工程, 2010, 37(12): 75–82.

[5] 戴得德, 孙华燕, 宋丰华, 等. 强噪声条件下激光光斑图像预处理方法研究[J]. 计算机应用, 2009, 29(1): 60–62.

[6] Lin Tzu-Chao, Yu Pao-Ta. Salt-pepper impulse noise detection and removal using multiple thresholds for image res-

(下转第 69 页)

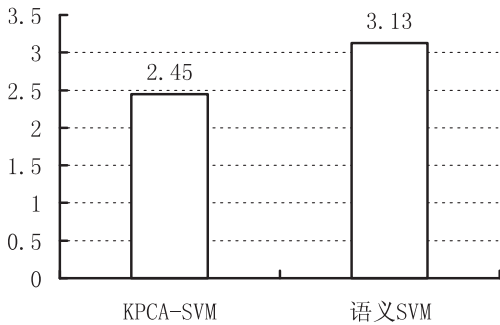


图3 基于SVM的垃圾标签检测模型的检测时间对比

然后首次将数据降维的思想引入到垃圾标签检测领域,用KPCA降维算法优化此检测模型,克服原始模型处理高维数据时结果不理想、训练时间长等缺点。最后,在来源于UCI的EailSpam数据集上进行垃圾标签检测实验,并与语义SVM检测模型作对比,实验结果表明,文中提出的垃圾标签检测模型具有更快速高效的检测效果,且检测性能良好。虽然基于KPCA-SVM的垃圾标签检测模型拥有较好的检测性能,但是目前的技术环境下,该模型在处理大规模数据时需要占用较多内存和计算大规模矩阵,当样本点数目多、维度高时,数据处理速度不理想。因此,如何解决大规模数据处理速度慢的问题将是未来的研究方向。

参考文献:

[1] 刘丹.近年来国外Folksonomy的改进研究进展[J].图书情报工作,2010,54(8):55-59.

[2] Kim Chanju,Hwang Kyu-Baek. Naive Bayes classier learning with feature selection for spam detection in social bookmarking [C]//Proc of Europe conf on machine learning and principles and practice of knowledge discovery in databases. [s.l.]:[s. n.],2008.

[3] Krestel R,Chen L. Using co-occurrence of tags and resources to identify spammers[C]//Proc of machine learning and principles and practice of knowledge discovery. [s.l.]:[s. n.],2008.

[4] Madkour A,Hefni T,Hefny A,et al. Using semantic features to detect spamming in social bookmarking systems[C]//Proc of ECML PKDD discovery challenge workshop. [s.l.]:[s. n.],2008.

[5] 覃希,苏一丹.用双层减样法优化大规模SVM垃圾标签检测模型[J].计算机应用研究,2011,28(6):2095-2098.

[6] Osuna E,Freund R,Girosi F. Training support vector machines:An application to face detection[C]//Proceedings of computer vision and pattern recognition'97. [s.l.]:[s. n.],1997:130-136.

[7] 丁鸿弼,阮俊.基于KPCA-SVM的入侵检测模型研究[J].科技创新导报,2011(1):33-33.

[8] 覃希,夏宁霞,苏一丹.基于支持向量机的垃圾标签检测模型[J].计算机应用研究,2010,27(10):3893-3895.

[9] 张新伦,苏一丹,惠刚刚.核K-Means聚类在Folksonomy标签模糊和冗余中的应用[J].计算机应用,2011,31(3):680-682.

[10] 王英.Folksonomy与传统分类法的比较分析及其完善研究[J].图书馆学研究,2010(3):45-47.

[11] 邓乃阳,田英杰.数据挖掘中的新方法-支持向量机[M].北京:科学出版社,2004.

[12] 吴崇明,王晓丹,白冬婴,等.利用KKT条件与类边界包向量的SVM增量学习算法[J].计算机工程与设计,2010,31(8):1792-1794.

[13] 袁柳,张龙波.个性化搜索中的用户特征模型研究[J].计算机工程与应用,2011,47(15):19-24.

[14] Platt J C. Sequential minimal optimization:A fast algorithm for training support vector machines[R]. [s.l.]:[s. n.],1999.

(上接第64页)

toration[J]. Journal of Information Science and Engineering,2006,22:189-198.

[7] Rodríguez-Cuenca B,Malpica J A,Alonso M C. A spatial contextual postclassification method for preserving linear objects in multispectral imagery[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,2013,51(1):174-183.

[8] Gonzalez R C,Woods R E. Digital image processing[M]. 2nd ed. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2009.

[9] Bar L,Sochen N,Kiryati N. Image deblurring in the presence of salt-and-pepper noise[J]. Lecture Notes in Computer Science,2005,3459:107-118.

[10] Yu Qian,Kang Zhang,Fang Qiu. Spatial contextual noise removal for post classification smoothing of remotely sensed images[C]//Proceedings of the ACM symposium on applied computing. Santa Fe,New Mexico,USA:[s. n.],2005:524-528.


[11] Kong N S P,Ibrahim H. Color image enhancement using brightness preserving dynamic histogram equalization [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics,2008,54(4):1962-1968.

[12] 金良海,李德华.基于噪声检测的图像去噪算法[J].模式识别与人工智能,2008,21(3):298-302.

[13] Farbman Z,Fattal R,Lischinski D,et al. Edge-preserving decompositions for multi-scale tone and detail manipulation[J]. ACM Transactions on Graphics,2008,27(3):1-10.

[14] Kao Wen-Chung,Chen Yingju. Multistage bilateral noise filtering and edge detection for color image enhancement [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics,2005,51(4):1346-1351.

强噪声彩色图像空域恢复方法

作者: [王建卫](#), [WANG Jian-wei](#)
作者单位: [东北林业大学 机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨, 150040](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014(5)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201405015.aspx