

文章编号:1001-9081(2009)09-2418-02

基于噪声特征和矢量中值滤波的彩色图像去噪算法

韩金玉¹,王守志^{2,3}

(1. 威海职业学院 信息工程系, 山东 威海 264210; 2. 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 威海职业学院 机电工程系, 山东 威海 264210)

(wszokok@163.com)

摘要:为了有效去除彩色图像噪声,同时保留图像细节信息,并提高处理速度,在分析彩色图像噪声特征的基础上,探索了基于噪声点的距离测度特性的判别算法,并结合改进的矢量中值滤波(VMF)算法对检测出的噪声点予以降噪处理。试验结果表明:该方法能够较好地抑制噪声,有效地保留了图像细节信息,且所用时间仅为传统矢量中值滤波算法的1/2左右。

关键词:彩色图像;图像去噪;噪声特征;矢量中值滤波

中图分类号:TP391.4 **文献标志码:**A

Color image denoising based on noise characteristic and vector median filtering

HAN Jin-yu¹, WANG Shou-zhi^{2,3}

(1. Department of Information Engineering, Weihai Vocation College, Weihai Shandong 264210, China;

2. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

3. Department of Mechanical and Electronic Engineering, Weihai Vocation College, Weihai Shandong 264210, China)

Abstract: In order to effectively denoise the color image, while preserving image detail information, and increase processing speed, a new noise pinpointing method based on noise characteristic was proposed according to the analysis of noise characteristic of color images. Combined with the modified Vector Median Filtering (VMF) algorithm, the detected noise was denoised. Experimental results show that the algorithm can preserve the detail of image very well when restraining noise effectively, and its computation time is only half of the classical vector median filtering algorithm.

Key words: color image; image denoising; noise characteristic; Vector Median Filtering (VMF)

0 引言

由于彩色图像在多媒体、生物医学、农学等领域中的广泛应用,彩色图像感知与处理正越来越为人们所重视^{[1]1937}。彩色图像滤波技术作为彩色系统中的一个重要环节,已广泛应用于多媒体信号处理,压缩与传输和彩色计算机视觉系统中。在现有的彩色图像滤波中,基于有序统计的非线性滤波技术能较好地滤除脉冲噪声并保持图像细节^{[1]1937}。其中,具有代表性的是 Astola 等人提出的矢量中值滤波器(Vector Median Filter, VMF)^[2]。但 VMF 是对所有像素采用统一处理的方法,因此在去除噪声的同时也造成了图像的模糊。对此,Eng 和 Ma 提出了噪声自适应软开关中值滤波算法^[3],它是一种软阈值的噪声点判断和滤波方法,虽然该算法自适应性较强,但它仅适用于二值图像,对彩色图像的去噪能力比较弱。R. Lukac 等人提出了一种改进的彩色图像矢量滤波法^[4]和一种采用遗传算法进行彩色图像滤波^[5]的方法,得到较好的效果,但存在个别图像色彩点变形和模糊的情况。因此,对于中值滤波器来说,有效的噪声判断有助于噪声快速滤除和边界的保持,以得到较好的滤波效果。

鉴于上述,为了在有效去除彩色图像噪声的同时,保留图像细节信息,并提高处理速度,本文基于噪声点的距离测度特性,探索出一种彩色图像噪声点判别算法,结合矢量中值滤波算法对彩色图像进行降噪处理,并通过实验对该方法的滤波特性和运算速度进行验证。

1 矢量中值滤波原理

设 n 个 w 维矢量的集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $X \subset R^w$, 则其矢量中值 x_m 满足下式^[6-7]:

$$\sum_{i=1}^n \|x_i - x_m\| \leq \sum_{i=1}^n \|x_i - x_j\|; j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中: $x_m \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$; $\|\cdot\|$ - 范数,常用 L2 范数,也可用其他范数距离测度替代。

由式(1)可见,矢量中值滤波就是在滤波窗口中寻找一个与其他像素矢量距离最近的像素,然后以此像素替代窗口中心的像素。

2 改进矢量中值滤波算法

2.1 噪声判别准则

图像的噪声可理解为灰度变化剧烈且孤立的像素点,从某种意义上看,它们等于所允许的最大值或最小值。当图像受到噪声污染后,含噪图像就可以看成是原始无噪图像与噪声集合的混合^[8-9]。对于自然图像,相邻像素的灰度之间大多具有相关性,即使边缘也有同样的特性。也就是说,一幅图像中大多数像素与相邻像素的灰度差别不大。

由上分析可认为,彩色图像的像素分布在三维空间的一平滑曲面上,而噪声点是平滑曲面上的一些奇异点,即噪声点到空间原点的距离测度表征为极值。

在空间 R^w 中,点 s 为 R^w 空间原点 $x_s = (0, 0, \dots, 0)$, 则任

收稿日期:2009-03-26;修回日期:2009-05-23。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(30471138)。

作者简介:韩金玉(1978-),女,河北邢台人,讲师,硕士,主要研究方向:计算机图形图像处理;王守志(1977-),男,山东邹城人,讲师,博士研究生,主要研究方向:生物图像、计算机视觉。

意矢量 x_k 到点 s 的距离测度为:

$$L_k = \|x_k - x_s\| = \sum_{i=1}^w \|x_{ki} - x_{si}\| \quad (2)$$

其中: $x_k \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, w 为矢量的维数。

鉴于 L2 范数计算量较大,本文选取绝对值距离测度为任意矢量 x_k 与 x_s 的范数,即 L1 范数:

$$L_k = \|x_k - x_s\| = \sum_{i=1}^w |x_{ki} - x_{si}| = \sum_{i=1}^w |x_{ki}| \quad (3)$$

在彩色图像处理中,式(3)可改写为:

$$L_k = \sum_{i=1}^w |x_{ki}| = |R_k + G_k + B_k| = \sqrt{3} \times \left(\frac{R_k + G_k + B_k}{\sqrt{3}} \right) = \sqrt{3} \times I_k \quad (4)$$

其中: R_k, G_k, B_k 是第 k 个像素点的三基色值, I_k 是第 k 个像素点的亮度。

由式(4)可知,任一像素点到参考矢量 x_s 的距离测度是图像亮度的一种变化形式,即利用式(4)判断彩色图像的噪声点其实质与灰度图像的 Maximum-Minimum 算子相同,则根据式(4)即可判别噪声点。

2.2 改进的矢量中值滤波算法

从 2.1 节可知,传统矢量中值滤波是同等对待图像的所有像素,即对图像的所有像素都进行矢量中值滤波,在滤除噪声的同时,也改变了图像信号点的值,滤波后对图像质量有一定影响。

结合 2.1 节所述算法识别可能的噪声像素,对于识别出的噪声像素,用本文改进的矢量中值对应的像素进行替换,算法描述如下。

1) 如果滤波窗口中心的亮度值小于其滤波窗口内的亮度极大值,同时大于滤波窗口内亮度极小值,则认为该像素未被噪声污染,直接输出。

2) 如果采样中心点像素的亮度值等于其滤波窗口内的最大值或最小值,说明该像素点可能被噪声污染,则用亮度中值所对应的矢量替换为窗口中心像素点矢量,即由 $\text{median}(L_i)$ 可求出亮度中值所处的位置 (i, j) , 用原图像在位置 (i, j) 上的矢量替换窗口中心像素点矢量。

改进的矢量中值是根据彩色图像亮度中值寻求矢量近似中值进行滤波,而亮度分量与图像的彩色信息无关,那么由亮度中值求得的矢量近似中值与矢量中值相比,更符合人的感觉系统,理论上将得到视觉效果更好的滤波结果。

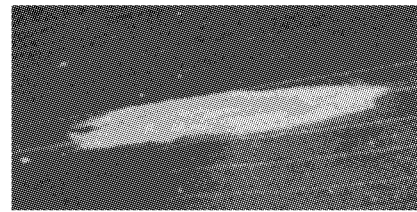
3 试验及结果

为了验证本文图像降噪方法的有效性,选取玉米叶片病害彩色图像(448 × 224),分别施加噪声水平为 $\delta = 1, \delta = 5, \delta = 10, \delta = 15, \delta = 20$ 和 $\delta = 30$ 的椒盐噪声、高斯噪声和斑点噪声,如图 1 所示。

本文算法及传统矢量中值滤波算法均在 VC++6.0 编程环境中编写实现,在配置为 T2080, 2.5 GHz 的微机上进行实验,窗口选用 3 × 3 窗口。图 2 给出矢量近似中值滤波的部分结果。

从视觉效果上看,在噪声水平 $\delta < 30$ 时,本文算法滤波效果优于传统矢量中值滤波算法。对于椒盐噪声,在噪声水平 $\delta < 30$ 时,本文算法滤波效果与矢量中值滤波相比,优势较大,如图 2 所示;在滤波结果的峰值信噪比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)和均方误差(Mean Square Error, MSE)对比中,本文算法滤波也明显优于矢量中值滤波,见表 1、图 3 和图 4。这是由于在降噪的过程中,后者是对所有像素同等

处理,非噪声点也进行了矢量中值滤波处理,因此在降噪的同时,也损失了图像细节信息。而本文方法在对噪声点特征判断的基础上,仅对噪声点进行矢量中值滤波处理,从而在保护图像细节信息的同时,进一步提高了降噪图像的 PSNR,降低了降噪图像的 MSE。

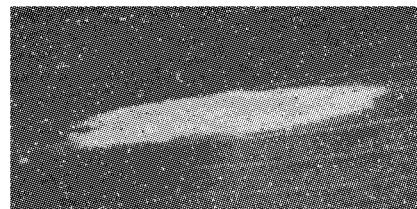


(a) 原图像

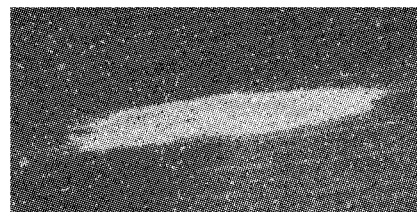


(b) 椒盐噪声图像($\delta=15$)

图 1 玉米叶片病害原图像及加噪图像



(a) 对椒盐噪声图像本文算法降噪结果



(b) 对椒盐噪声图像传统算法降噪结果

图 2 降噪图像

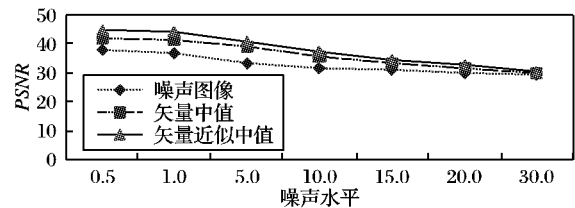


图 3 两种算法对椒盐噪声图像滤波后的 PSNR 比较

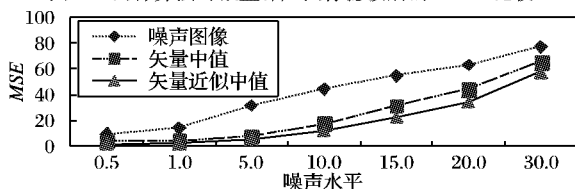


图 4 两种算法对椒盐噪声图像滤波后的 MSE 比较

对于高斯噪声和斑点噪声,本文算法滤波效果略优于矢量中值滤波,PSNR 和 MSE 对比折线图,限于篇幅,不再给出。

另外,从表 1 中不难发现,本文算法所用时间仅为传统矢量中值滤波算法的 1/2 左右。这是因为在降噪过程中,后者对所有像素都进行运算量极大的矢量中值滤波,而本文算法的噪声点判定运算量较小,尤其是仅对噪声点进行时间复杂度较低的矢量近似中值滤波,从而大大降低了算法的运算量,提高了算法的运算速度。(下转第 2423 页)

对算法的性能影响。结果表明:与指数增长算法相比,混合增长算法在改善平均能耗指标的同时,极大地降低了平均响应

时间,具有更显著优势;平均响应时间随 T_{\min} 和 T_{\max} 减小而减小,平均能耗随 T_{\min} 减小而减小,随 T_{\max} 减小而增大。

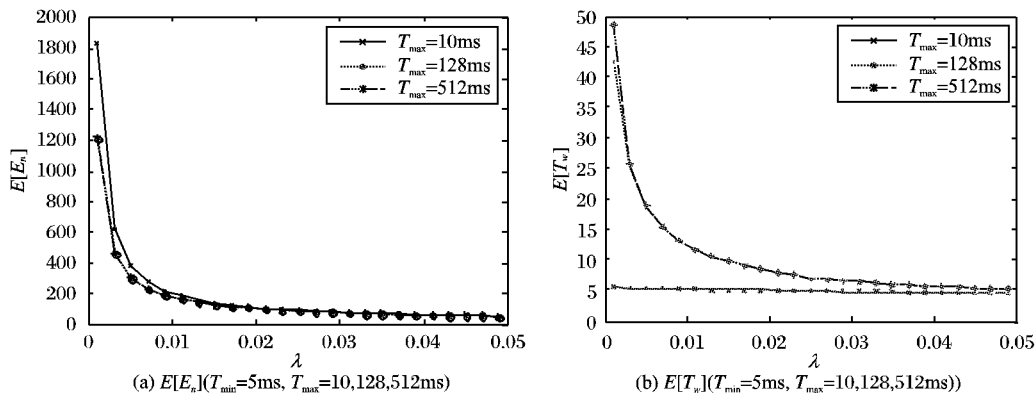


图 3 相同 T_{\min} 下不同 T_{\max} 的 AEC 和 AWT

参考文献:

[1] IEEE802.16e/D5-2004, Part 16: Air interface for fixed and mobile broadband wireless access system-amendment for physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed bands [S], 2004.

[2] XIAO YANG. Energy saving mechanism in the IEEE802.16e wireless MAN [J]. IEEE Communications Letters, 2005, 9(7): 595 - 597.

[3] HAN S H, CHOI S H. Performance analysis of sleep mode operation in IEEE802.16e mobile broadband wireless access systems [C]// 2006 IEEE 63rd Vehicular Technology Conference. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 1141 - 1145.

[4] XIAO YANG. Performance analysis of an energy saving mechanism in the IEEE802.16e wireless MAN [C]// Proceedings of the 3rd IEEE Consumer Communications and Networking Conference. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 406 - 410.

[5] XIAO J F, ZOU S H, REN B, et al. WLC17-6: An enhanced energy saving mechanism in IEEE 802.16e [C]// Proceedings of the 2006 IEEE Global Telecommunications Conference. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 1 - 5.

[6] SEO J B, LEE S Q, PARK N H, et al. Performance analysis of sleep mode operation in IEEE802.16e [C]// IEEE 60th Vehicular Technology Conference. Los Angeles: IEEE Computer Society, 2004: 1169 - 1173.

[7] CHOS S K, KIM Y. Improving power savings by using adaptive initial-sleep window in IEEE802.16e [C]// IEEE 65th Vehicular Technology Conference. Dublin, Ireland: IEEE Computer Society, 2007: 1321 - 1325.

(上接第 2419 页)

表 1 以玉米病害叶片图像为测试对象的滤波性能比较

施加噪声	噪声水平	本文算法			传统算法		
		PSNR	MSE	t/s	PSNR	MSE	t/s
高斯噪声	1	34.67	22.16	0.70	34.31	24.09	1.35
	5	34.07	25.43	0.69	33.78	27.23	1.44
	10	32.85	33.73	0.70	32.69	34.97	1.35
	15	31.68	44.14	0.69	31.58	45.17	1.25
	20	30.69	55.41	0.69	30.62	56.38	1.25
椒盐噪声	30	29.15	79.17	0.69	29.11	79.81	1.34
	1	44.95	2.08	0.69	41.83	4.27	1.34
	5	44.39	2.36	0.69	41.62	4.47	1.36
	10	40.64	5.61	0.69	39.27	7.69	1.37
	15	37.27	12.17	0.70	35.69	17.55	1.38
斑点噪声	20	34.62	22.46	0.70	33.17	31.32	1.42
	30	32.79	34.21	0.69	31.67	44.23	1.28
	1	38.98	8.22	0.69	38.34	9.53	1.29
	5	35.58	18.01	0.69	35.18	19.70	1.31
	10	34.06	25.49	0.69	33.74	27.36	1.38
斑点噪声	15	33.20	31.09	0.70	32.90	33.32	1.26
	20	32.63	35.45	0.69	32.33	38.02	1.31
	30	31.78	43.14	0.69	31.54	45.66	1.36

4 结语

在分析彩色图像噪声特征的基础上,运用噪声点的距离测度特性,探索了噪声点判断算法和对噪声点像素进行矢量中值滤波方法,结论如下。

1)探索了基于噪声点的距离测度特性的判别算法,试验

结果表明,该算法可有效地判定噪声点。

2)提出了结合噪声点判别算法和矢量中值滤波算法的彩色图像滤波方法,试验结果表明,该方法在较好地抑制噪声同时,比传统矢量中值滤波算法更好地保留了图像细节信息,获得更好的图像恢复的质量、更高的 PSNR 和更低 MSE 值,且极大降低了算法的运算量,提高了算法的运算速度。

参考文献:

[1] 蒋刚毅,郁梅,郁伯康.自适应彩色图像滤波新方法[J].科学通报,1999,18(9): 1937 - 1942.

[2] ASTOLA J, HAAVISTO P, NEUVO Y. Vector median filter [J]. Proceedings of the IEEE, 1990, 78(4): 678 - 689.

[3] ENG H L, MA K K. Noise adaptive soft-switching median filter [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(2): 242 - 251.

[4] LUKAC R, PLATANIOTIS K N, SMOLKA B. Color image filtering and enhancement based on genetic algorithms [C]// ISCAS'04: Proceedings of the 2004 International Symposium on Circuits and Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 913 - 916.

[5] LUKAC R, PLATANIOTIS K N, SMOLKA B, et al. A statistically switched adaptive vector median filter [J]. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2005, 42(4): 361 - 391.

[6] 李文举,唐双童,孙美乔.一种快速的彩色图像矢量中值滤波算法[J].微电子学与计算机,2005,22(10): 179 - 181.

[7] 李永峰,丁润涛,国澄明.一种彩色图像滤波的改进矢量中值滤波算法[J].数据采集与处理,2003,18(3): 361 - 364.

[8] 陈静,徐丹.一种去除灰度及彩色图像椒盐噪声的新方法[J].云南大学学报:自然科学版,2008,30(6): 564 - 568.

[9] 冯冬竹,阎杰.一种基于灰关联分析的红外图像滤波算法[J].西北工业大学学报,2006,24(6): 709 - 712.