

基于灰色关联度的图像混合噪声的自适应滤波算法

黄春艳¹, 张云鹏¹, 黄红艳²

(1 华北水利水电学院, 河南 郑州 450011; 2 辽宁石油化工大学, 辽宁 抚顺 113001)

摘要: 利用中值滤波和灰色关联度的特点, 提出基于中值滤波和灰色关联度相结合的混合噪声图像滤波算法. 算法选取加窗混合噪声图像的中值, 采用灰色关联度自适应地计算各像素的加权系数, 通过加权得到结果. 实验结果表明, 该算法有较好的自适应性, 不但能够有效去除含有高斯噪声和脉冲噪声的图像噪声, 而且能较好地保护图像的细节信息, 提高图像的去噪效果和清晰度.

关键词: 灰色关联度; 混合噪声; 自适应滤波

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)02-0126-03

An Adaptive Filter Approach for Removal of Mixed Noise Based on Grey Relevancy

HUANG Chun-yan¹, ZHANG Yun-peng¹, HUANG Hong-yan²

(1 North China University of Water Conservancy and Electric Power, Zhengzhou 450011, China;

2 Liaoning Shiyou University, Fushun 113001, China)

Abstract: Using the characteristic of median filter and grey relevancy, an algorithm for mixed noise filtering is presented based on median filtering and grey relevancy. A median pixel is determined in the filter window, and the coefficient of the proposed method can be varied adaptively based on degree of the grey relevancy, then the values of the processed pixel can be calculated. Experiment results show that the proposed method can remove mixed Gaussian and impulse noise efficiently preserve the integrity of edge and detail information and remove mixed noise effectively.

Key words: grey relevancy; mixed noise; adaptive filter

1 引言

长期以来, 消除和降低图像中的噪声一直是图像处理领域感兴趣的课题之一. 实际应用中最常见的噪声是高斯白噪声和脉冲噪声两类^[1], 人们根据实际图像的特点、噪声的统计特性和频谱分布的规律, 基本采用低通滤波进行去噪. 大多数噪声消除方法只能较好的去除一种类型的噪声, 如均值滤波、频域滤波、自适应非线性滤波、序统计滤波等. 然而实际图像中包含的噪声并不是单一的, 一般都可以看作是高斯噪声和脉冲噪声的混合物, 因此, 去噪方法必须能够兼顾混合噪声. 同时由于边缘特征是图像

对视觉的最重要特征, 因此在图像去噪的过程中, 应该尽可能对图像的边缘特征进行保护.

对图像进行灰色理论分析是近年来灰度图像处理领域出现的一种新思路, 已经在图像处理方面取得了不错的效果^[2]. 如文献[3]提出了基于灰色关联度的自适应均值滤波算法, 这种算法可以较好的去除高斯噪声, 但对于脉冲噪声或者混合噪声该算法的滤波效果并不理想. 中值滤波可以在较好的去除脉冲噪声的同时保持边缘不受干扰, 但对滤除高斯分布的白噪声的效果并不好. 文中提出一种基于灰色关联度和中值滤波组合的图像混合噪声去噪方法, 利用此方法可以较好地保护图像的边缘特性, 提

收稿日期: 2009-01-15; 修回日期: 2009-03-13

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究项目(2008B120004); 华北水利水电学院青年科研基金(HSQJ2009017)

高图像的清晰度,使去噪后的图像视觉效果更好。

2 自适应滤波算法基础

2.1 中值滤波器

中值滤波^[4]是对一个滑动窗口内的诸像素灰度值排序,用中值代替窗口中心像素原来的灰度值,是一种非线性图像平滑法,它对脉冲干扰及椒盐噪声抑制效果好,在抑制随机噪声的同时能有效保护图像边缘少受模糊。通常窗内像素数为奇数,以便有一个中间像素;若窗内像素数为偶数时,则中间值取中间两像素的平均值。

2.2 灰色关联度

灰色关联度是灰色系统理论进行系统分析的重要方法,它根据系统各因素间的内部联系或发展态势的相似程度来度量各因素之间的关联程度。邓氏关联度的计算方法如下^[5-6]:

$$\gamma_{0,i}^{(k)} = \frac{m + \xi M}{|X_0^{(k)} - X_i^{(k)}| + \xi M} \quad (1)$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

其中, $m = \min_i \min_k |X_0^{(k)} - X_i^{(k)}|$, $M = \max_i \max_k |X_0^{(k)} - X_i^{(k)}|$, 母序列 $X_0 = \{X_0^{(1)}, X_0^{(2)}, \dots, X_0^{(n)}\}$ 表征系统特征变化规律的序列;子序列 $X_i = \{X_i^{(1)}, X_i^{(2)}, \dots, X_i^{(n)}\}$ 用以描绘影响系统各因素的变化。 $\xi \in (0, 1)$ 是分辨率系数。

3 基于灰色关联度的自适应中值滤波算法描述

算法通过滤波窗口内各像素的灰度值与窗口中值的灰关联度确定各个像素点的权重,通过权值的动态改变完成权值的优化过程。计算步骤如下:

(1) 建立母序列和子序列

算法选取图像滤波窗口的中值作为母序列。窗口模板大小可以为 3×3 , 5×5 等,文中选取 3×3 的窗口模板。母序列的元素为 $v = \text{med}\{x_{(i-1)(j-1)}, x_{(i-1)j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{(i+1)(j+1)}\}$, 子序列为窗口内的 9 个像素灰度值: $x_{(i-1)(j-1)}, x_{(i-1)j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{(i+1)(j+1)}$ 。

(2) 数据变换

为了消除数量级大小不同的影响,在计算关联度之前,需对原始序列进行数据处理,处理方法必须满足保大小性、保序性和保差异性的特点。文中采用

均值化变换 $X_i^{(k)} = \frac{X_i^{(k)}}{\bar{X}_i}$, 其中 $\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^{(k)}$ 。

(3) 计算关联度

利用式(1)计算窗口区域内各个像素与母序列的权值,权值满足:①如果区域内的像素的灰度值和这个区域的灰度中值越接近,则其对应的权值越大;反之,如果区域内的像素的灰度值越偏离这个区域的灰度中值,则其对应的权值越小。②权值归一化。

(4) 确定滤波后像素值

在窗口区域内,将各个像素与其对应的权值相乘再相加,将运算结果赋予区域中对应中心位置的像素,即得到滤波后的图像像素值

$$y(i, j) = w_1 x(i-1, j-1) + w_2 x(i-1, j) + \dots + w_8 x(i+1, j) + w_9 x(i+1, j+1) \quad (2)$$

其中, $w_k = \frac{\gamma_{0,i}^{(k)}}{\sum_{i=1}^n \gamma_{0,i}^{(k)}}$ 为权重。

4 仿真试验结果及分析

用 Matlab 对 256×256 的 cameraman 进行仿真处理,比较图像受不同程度不同比例的混合噪声污染时,均值滤波、中值滤波、自适应均值滤波和自适应中值滤波算法的降噪性能。实验中分别采用峰值信噪比 (PSNR)、和均方误差 (MSE) 作为评估算法降噪性能及细节保护特性的客观评价标准。PSNR 和 MSE 分别定义如下^[7]:

$$\text{MSE} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (s_{ij} - y_{ij})^2 \quad (3)$$

$$\text{PSNR} = 10 \times \lg \frac{255^2}{\text{MSE}} \quad (4)$$

其中, M, N 分别表示图像的高度和宽度; s_{ij} 是原始图像; y_{ij} 是滤波输出图像。对于噪声图像经滤波后,若 PSNR 越大,则表明滤波输出图像越接近原始图像。

同理,若 MSE 越小,则说明 $\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (s_{ij} - y_{ij})^2$ 小,表明滤波后噪声被有效地抑制,滤波效果越佳。

表 1 列出了 4 种滤波算法的 PSNR 和 MSE,其中 σ 为高斯噪声方差, P 为脉冲噪声密度。可以看出,在滤除各种混合比例的混合噪声时,文中提出的滤波算法对应的 MSE 值最小,对应的 PSNR 值最大,并且高斯噪声干扰越大,文中提出的滤波算法与其他几种算法的 MSE 和 PSNR 差距越明显,说明自适应中值滤波不仅可抑制脉冲噪声,也能很好地抑制高斯噪声。

图 1 以受脉冲噪声密度为 0.05, 高斯噪声(零均值)方差 0.1 污染的 cameraman 图像为例, 给出了

表 1 不同滤波算法的性能比较

滤波类型	噪声参数	PSNR	MSE
均值滤波	$\sigma = 0.02 P = 0.02$	53.071	317.235
	$\sigma = 0.02 P = 0.05$	50.963	394.342
	$\sigma = 0.10 P = 0.02$	42.857	880.980
	$\sigma = 0.10 P = 0.05$	42.076	962.574
中值滤波	$\sigma = 0.02 P = 0.02$	54.281	281.028
	$\sigma = 0.02 P = 0.05$	53.715	294.048
	$\sigma = 0.10 P = 0.02$	42.830	883.390
	$\sigma = 0.10 P = 0.05$	42.431	929.401
自适应均值滤波	$\sigma = 0.02 P = 0.02$	54.313	280.181
	$\sigma = 0.02 P = 0.05$	53.045	318.523
	$\sigma = 0.10 P = 0.02$	42.863	880.457
文中滤波算法	$\sigma = 0.10 P = 0.05$	42.359	935.993
	$\sigma = 0.02 P = 0.02$	54.898	266.931
	$\sigma = 0.02 P = 0.05$	54.102	318.523
	$\sigma = 0.10 P = 0.02$	43.208	867.851
	$\sigma = 0.10 P = 0.05$	42.991	904.784

不同算法降噪的视觉效果图. 可以看出, 文中算法的处理结果优于其他算法.

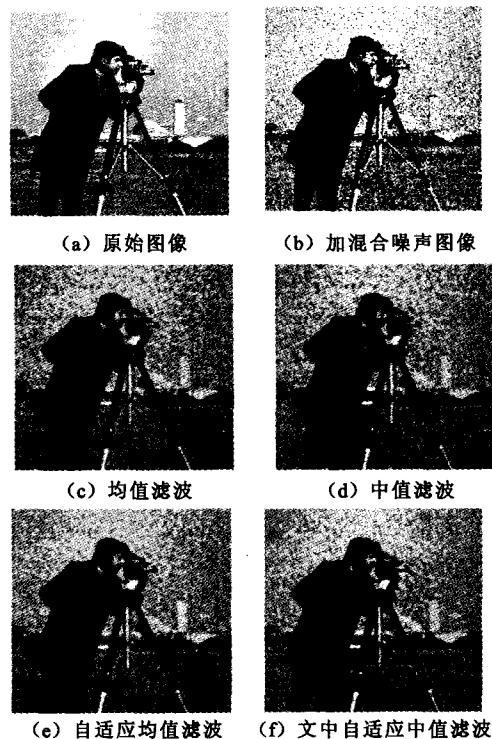


图 1 不同算法降噪的视觉效果

5 结束语

混合噪声的滤除一直是图像处理中的热点和难点问题之一. 文中在灰色关联度分析和中值滤波的基础上, 提出一种新的混合噪声图像的滤波算法. 算法根据图像中各个像素的关联程度自适应地调整滤波系数, 使得滤波系数更加合理, 滤波结果更接近可能的真实值. Matlab 实验结果说明, 该算法有较好的自适应性, 不但能够取有效去除含有高斯噪声和脉冲噪声的图像噪声, 还能很好的保护图像的细节信息, 提高图像的去噪效果和清晰度.

参考文献:

- [1] Toprak A, Guler I. Suppression of impulse noise in medical images with the use of fuzzy adaptive median filter[J].

Journal of Medical Systems, 2006, 30(6): 465 - 471.

- [2] 马苗, 田红鹏. 灰色理论在图像工程中的应用研究进展[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(11): 1943 - 1951.
 [3] 洪俊田, 陶剑锋. 基于灰色关联的数字图像去噪研究[J]. 武汉理工大学学报, 2006, 30(4): 630 - 632.
 [4] 胡学龙, 沈洁. 一种基于中值金字塔的图像融合算法[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(9): 165 - 167.
 [5] 刘法贵, 张愿章, 李湘露. 灰色数学及其应用[M]. 河南: 河南大学出版社, 2002.
 [6] 肖新平, 宋中民. 灰技术基础及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
 [7] 陈大力, 薛定宇. 图像混合噪声的模糊加权均值滤波算法仿真[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(3): 527 - 530.

作者简介:

黄春艳 女, (1979 -), 硕士, 讲师. 研究方向为数字图像处理.