

# 基于米字型子窗口中值加权的滤波算法

沈德海, 侯建, 鄂旭, 张龙昌, 阎琦  
(渤海大学信息科学与技术学院, 辽宁锦州 121013)

**摘要:**传统的中值滤波和均值滤波算法分别对脉冲噪声和高斯噪声有良好的抑制作用,但当图像中同时含有这两类噪声时,它们的滤波效果均不理想。为了抑制图像中混有的脉冲噪声和高斯噪声,提出了一种基于米字型子窗口中值加权的滤波算法。该算法借鉴多级中值滤波的思想将 $3\times 3$ 滤波窗口划分米字型四个子窗口,通过统计各子窗口内非脉冲噪声像素点来计算这些像素点的中值,采用归一化方法计算这些中值点的权值,并将各子窗口的中值及对应的权值进行加权运算,运算结果作为中心点的滤波输出。实验结果表明,所提出的算法对混有脉冲噪声和高斯噪声的图像去噪能力较强,且较好地保持了图像的边缘等细节,滤波效果优于传统中值滤波算法、传统均值滤波算法和多级中值滤波 MLM 算法,且具有一定的应用价值。

**关键词:**滤波;混合噪声;米字型;加权

中图分类号:TN391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)09-0078-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.09.017

## Median Weighted Filtering Algorithm Based on UK-flag Shaped Sub-windows

SHEN De-hai, HOU Jian, E Xu, ZHANG Long-chang, YAN Qi

(College of Information Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China)

**Abstract:** Traditional median filter and mean filter algorithms can eliminate the impulse noise and Gauss noise in an image respectively, but when the image contains these two types of noise at the same time, their filtering effect are not ideal. In order to suppress the impulse noise and Gauss noise mixed in the image, a median weighted filtering algorithm based on UK-flag shaped sub-windows is proposed, which uses the ideas of the multistage median filtering to divide  $3\times 3$  filtering window into UK-flag shaped sub-windows and then non-impulse noise pixels and their medians is calculated. The normalized method is employed to calculate the weights of these median pixels so that each median pixel in sub-window and its corresponding weight is weighted. The results have been acquired via filtering output of center pixel in the filtering window. Experimental results indicate that it has good filtering performance for mixed noise images and keeps the image edge details fare well and that the filtering effects are superior to the traditional median filtering algorithm, mean filtering algorithm and MLM algorithm, which displays certain practical value.

**Key words:** filter; mixed noise; UK-flag shaped; weightd

## 0 引言

数字图像在形成、传输和记录的过程中,由于受到各种因素的影响,图像中会混进一些噪声,导致所获得的图像和被测对象的原始图像产生了一定程度的差别<sup>[1]</sup>,影响了图像的视觉效果,使得图像在后续的图像分割、边缘检测、特征提取及模式识别等处理过程中产生很大偏差。图像滤波的主要目的就是消除噪声或减小噪声的干扰,尽量保持图像的细节信息,提高后续处

理的精度。

图像中常见的两种噪声是高斯噪声和椒盐噪声。高斯噪声的主要特点是噪声强度波动范围较大,被干扰的像素点多,干扰程度随机<sup>[2]</sup>。均值滤波算法<sup>[3-6]</sup>对高斯噪声具有较好的平滑作用;椒盐噪声属于脉冲噪声,其主要特点是噪声点的灰度值与邻域像素点明显不同,在图像中表现为白点或黑点。中值滤波<sup>[7-10]</sup>对抑制脉冲噪声具有不错的效果,且能较好地保持图

收稿日期:2016-10-27

修回日期:2017-02-16

网络出版时间:2017-07-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61473045);辽宁省自然科学基金项目(2014020141);辽宁省社会科学规划基金项目(L14BTJ002, L16BJY001);辽宁省教育科学“十二五”规划2015年度立项课题(JG15DB028)

作者简介:沈德海(1978-),男,硕士,副教授,研究方向为图像处理。

网络出版地址:cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170711.1456.070.html

像的细节信息。

在实际的数字图像处理过程中,图像往往同时受到高斯噪声和椒盐噪声的干扰,如果仅采用上述某一种方法,很难同时抑制两种噪声的干扰。因此许多学者将中值滤波和均值滤波以及一些新的理论进行结合,提出了一些抑制混合噪声的滤波算法<sup>[11-15]</sup>,取得了较好的滤波效果。为此,结合中值滤波和均值滤波的优点,借鉴多级滤波算法子窗口划分的思想,提出了基于米字型子窗口中值加权的滤波算法并对其进行了实验验证。

### 1 传统均值和中值滤波算法

均值滤波算法也叫邻域平均法,是一种局部空域平滑滤波算法。该算法把图像看成是多灰度匀称的小块的集合,相邻像素间的空间关联度较高,噪声是统计独立的<sup>[16]</sup>,算法思想是把图像中待处理的像素灰度值用该像素邻域内所有像素的灰度均值来替换,较好地去除了图像中孤立的噪声点。

算法对于滤除零均值的高斯噪声效果较好。但缺点是在滤除噪声点的同时,也平滑了图像中的边缘及细节信息,使图像变得模糊。

中值滤波算法也是一种局部空域平滑滤波算法,其基本思想是将图像中待处理的像素点的灰度值用该像素邻域内所有像素点的灰度中值来替换,即将滤波窗口内所有像素点按照灰度值大小进行排序,取位于中间位置的像素灰度值作为滤波输出。中值滤波算法对受脉冲噪声干扰较小的图像的滤波效果较好,但当滤波窗口中的脉冲噪声密度较高时,一些脉冲噪声点不能滤除,使滤波性能有所下降。

### 2 多级中值滤波算法

多级中值滤波算法是对传统中值滤波算法的一种扩展<sup>[17]</sup>,算法对于图像的边缘细节保持较好,而且对于滤除高斯噪声和脉冲噪声均有较好的效果。多级中值滤波算法中定义的多向中值滤波器 MLM 子窗口的定义如下:

$$\begin{cases} W_1(n_1, n_2) = \{F(n_1 + k, n_2), -N < k < N\} \\ W_2(n_1, n_2) = \{F(n_1, n_2 + k), -N < k < N\} \\ W_3(n_1, n_2) = \{F(n_1 + k, n_2 + k), -N < k < N\} \\ W_4(n_1, n_2) = \{F(n_1 + k, n_2 - k), -N < k < N\} \end{cases} \quad (1)$$

其中,滤波窗口为方形窗,尺寸则为  $(2N + 1) \times (2N + 1)$ ,  $F(x, y)$  表示数字图像信号,窗口  $W_i(n_1, n_2)$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) 是滤波窗口划分的四个一维窗口,呈“米”字型,分别代表水平、垂直和对角方向,如图 1

所示。

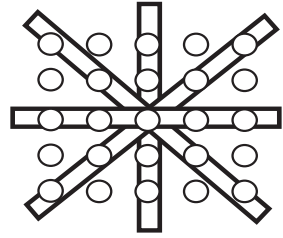


图 1 滤波子窗口

滤波器的输出  $Y_{MLM}(n_1, n_2)$  如下:

$$Y_{MLM}(n_1, n_2) = \text{med}[Y_{\max}(n_1, n_2), Y_{\min}(n_1, n_2), F(n_1, n_2)] \quad (2)$$

其中,  $Y_{MLM}$  为滤波输出;  $Y_{\max}$ 、 $Y_{\min}$  分别为各子窗口像素中值集合中的最大值和最小值。

算法先找出各子窗口像素的灰度中值,然后计算这些中值中的最大值和最小值,再取最大值、最小值和窗口中心像素点灰度值的中值,替换滤波窗口中心点的灰度值。多级中值滤波能够较好地抑制脉冲噪声,尤其对图像中的边缘细节保持较好,而且对于高斯噪声也有一定的抑制能力。

### 3 文中算法

采用多级中值滤波划分的米字型子窗口的方法,结合中值滤波和均值滤波的优点,提出了一种基于米字型子窗口中值加权的滤波算法。算法采用  $3 \times 3$  大小的滤波窗口,采用改进的加权算法对含有高斯噪声和椒盐脉冲噪声的图像进行处理。步骤如下:

#### 3.1 子窗口划分

设数字图像  $F(i, j)$ , 算法采用  $3 \times 3$  大小的滤波窗口,按照多级中值滤波算法的方式将滤波窗口划分为水平 ( $Z_1$ )、垂直 ( $Z_2$ ) 和对角 ( $Z_3$ 、 $Z_4$ ) 四个方向的一维子窗口,如图 2 所示。

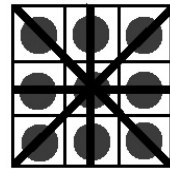


图 2 米字型子窗口

#### 3.2 子窗口中值计算

为了排除椒盐噪声的干扰,先将各子窗口中像素值为 0 或 255 的椒盐噪声点去除,统计各子窗口中剩余像素的中值,存入集合  $N$  中,如式(3):

$$N = \{x \in \text{Median}(Z_k [F(i, j)]) \mid F(i, j) \neq 0 \text{ 或 } F(i, j) \neq 255, k = 1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

当椒盐噪声密度较高时,可能会使某一子窗口中所有的像素点均为噪声点,此时,将中值标记为 0,不

参与后面的权值计算及加权平均计算。式(3)中  $n$  表示中值为非 0 值的个数。

### 3.3 权值计算

计算集合  $N$  中所有中值(中值为 0 的除外)的平均值  $v$ , 然后再用集合  $N$  中每个非 0 值的中值  $M_k$  分别与平均值  $v$  做差取绝对值  $Fa_k$ , 如式(4):

$$Fa_k = |M_k - v| = |\text{Median}(Z_k[F(i,j)]) - \text{Mean}(M_k)| \quad (4)$$

采用式(5)的方法计算相应中值的归一化权值。

$$w_k(i,j) = \frac{1/(1 + \text{Max}(Fa_k, TH))}{\sum_{k=1}^n 1/(1 + \text{Max}(Fa_k, TH))} \quad (5)$$

其中,  $w_k$  为各子窗口中值对应的权值; TH 为一个阈值, 是所有  $Fa_k$  的平均值, 即  $\text{Mean}([Fa_k])$ 。

算法采用阈值优化的方法计算权值, 如果集合  $N$  中某一非 0 中值与该集合均值差的绝对值  $Fa_k$  大于阈值 TH, 则  $Fa_k$  参与权值计算, 否则 TH 参与权值计算。

### 3.4 加权滤波输出

将集合  $N$  中所有非 0 中值与它们对应的权值进行加权, 结果作为滤波窗中心点的输出, 如式(6)所示。

$$F(i,j) = \sum_{k=1}^n M_k w_k \quad (6)$$

## 4 算法性能分析

算法性能优势主要体现在三点: 采用多级中值滤波的思想划分子窗口; 在加权像素点的使用和加权系数的计算上排除了椒盐噪声的干扰; 最优化方法计算权值。

由于滤波过程中算法选取的滤波窗口形状在一定程度上会影响图像边缘等细节信息的保持, 采用多级

中值滤波算法提出的“米”字型窗口, 且参与加权运算的像素点是各子窗口的中值点, 使得图像的轮廓更加清晰。

在混有高斯噪声和椒盐噪声的图像中, 椒盐噪声参与加权运算会扩大噪声的影响, 由于椒盐噪声是比较容易判断的, 为了减少椒盐噪声对滤波效果的影响, 算法在选取各子窗口中值点之前, 采用式(3)对椒盐噪声点进行了检测和排除, 避免了椒盐噪声点参与加权运算和加权系数的计算。

在权值的计算上, 由式(5)可知, 算法选取  $Fa_k$  和 TH 二者的最大值参与计算, 降低了受噪声影响大的中值像素点对滤波结果的影响。由于用受噪声影响大的中值点计算出来的  $Fa_k$  可能要比 TH 大, 如果直接采用 TH 参与计算, 式(5)权值系数的计算结果会增大, 噪声影响也会被扩大。

## 5 实验及效果分析

为了验证算法对抑制混合噪声的性能, 采用 Matlab 2010 软件编程进行实验。将文中算法与传统中值滤波算法、传统均值滤波和 MLM 算法进行了比较。实验中以  $256 \times 256$  的 8 位标准灰度图像 Lena 作为测试对象, 2 次实验对图像分别加入了不同密度的混合噪声, 滤波效果对比如图 3 和图 4 所示, 峰值信噪比 (PSNR) 如表 1 所示。

从图 3 可以看出, 对于较低强度混合噪声污染的图像, 这四种方法均能较好地抑制噪声, 传统均值滤波算法的图像质量稍差些, 传统中值滤波算法、MLM 算法和文中算法的滤波效果较好, 图像比较清晰, 边缘及细节保持较好。



噪声图像 传统中值滤波图像 传统均值滤波图像 MLM+算法图像法 文中算法图像

图 3 方差 0.01 高斯噪声和密度 10% 的椒盐噪声实验效果图



噪声图像 传统中值滤波图像 传统均值滤波图像 MLM+算法图像法 文中算法图像

图 4 方差 0.06 高斯噪声和密度 40% 的椒盐噪声实验效果图

从图 4 可以看出, 随着噪声浓度的增大, 传统中值滤波算法、传统均值滤波算法及 MLM 算法对噪声抑制

能力下降较快, 而文中算法下降较慢, 且文中算法的图像较清晰, 对于细节的保持也明显优于其他滤波算法。

表1 几种滤波方法的 PSNR

噪声		算法			
高斯噪声	椒盐噪声	传统中值	传统均值	MLM+	文中
0.01	0.01	26.53	27.10	25.76	26.18
0.02	0.04	23.68	24.09	22.88	23.74
0.03	0.06	21.80	22.50	21.07	21.89
0.04	0.08	20.51	21.40	19.93	20.80
0.05	0.10	19.39	20.59	18.96	19.84
0.07	0.20	16.76	18.39	17.24	18.41
0.09	0.30	14.45	16.88	16.10	17.53
0.1	0.40	12.67	15.95	15.54	16.74
0.2	0.50	9.84	14.46	13.91	15.30

从表1中可以看出,对于较低强度的高斯噪声污染图像,这几种算法的 PSNR 值相差较小,而随着噪声强度的逐渐增大,文中算法的 PSNR 值下降较慢,其他算法下降较快,因此文中算法的 PSNR 值最高。

## 6 结束语

为了有效地抑制图像中混有的高斯噪声和椒盐噪声,提出了一种基于米字型子窗口的加权滤波算法。算法借鉴了中值和均值滤波各自的优点,采用多级滤波 MLM 算法将滤波窗口划分为米字型子窗口,利用各子窗口的中值计算加权系数。实验结果表明,该算法对图像中的混合噪声具有较好的抑制能力,且图像边缘细节保持较好,性能优于其他几种算法。

### 参考文献:

[1] 吴德刚,赵利平.一种去除图像混合噪声的滤波算法[J].自动化仪表,2012,33(9):11-13.  
 [2] 武英,吴海勇.一种自适应图像去噪混合滤波方法[J].计算机工程与应用,2010,46(7):168-170.  
 [3] 谭茹,李婷婷,李伟伟,等.图像去噪的自适应非局部均值滤波方法[J].小型微型计算机系统,2014,35(1):137-

141.  
 [4] 朱士虎,游春霞.一种改进的均值滤波算法[J].计算机应用与软件,2013,30(12):97-99.  
 [5] 黄伶俐.一种改进权重的非局部均值图像去噪方法[J].计算机技术与发展,2016,26(6):16-19.  
 [6] 何海明,齐冬莲,张国月,等.快速高效去除图像椒盐噪声的均值滤波算法[J].激光与红外,2014,44(4):469-472.  
 [7] 华显立,许贵阳.数字图像中值滤波技术研究[J].电子设计工程,2014,22(11):191-193.  
 [8] 王艳侠,张有会,康振科,等.基于x字形窗口的自适应中值滤波算法[J].现代电子技术,2010,33(10):90-92.  
 [9] 柴宝仁.中值滤波在气象传真图中降噪的分析[J].北京理工大学学报,2011,31(4):417-419.  
 [10] 李国燕,侯向丹,顾军华,等.快速中值滤波算法的改进及其FPGA实现[J].电子技术应用,2013,39(2):137-140.  
 [11] 沈德海,张龙昌,鄂旭,等.基于多子窗口的混合噪声滤波算法[J].计算机技术与发展,2015,25(6):69-72.  
 [12] 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.  
 [13] Lin Z X, Song G X, Xue W. Two improved methods on wavelet image denoising [C]//International conference on machine learning and cybernetics. [s. l.]:[s. n.], 2003:2979-2983.  
 [14] Li Rui, Zhang Yujin. A hybrid filter for the cancellation of mixed Gaussian noise and impulse noise [C]//Proceedings of ICICS-PCM 2003. Singapore:Springer, 2003:508-512.  
 [15] Bacchelli S, Papi S. Image denoising using principal component analysis in the wavelet domain [J]. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2006, 189(2):606-621.  
 [16] 杨吉宏,胡顺波,张民,等.灰度图像加权有向平滑滤波算法[J].计算机工程与设计,2010,31(1):153-156.  
 [17] 沈德海,刘大成,邢涛.一种纵横窗口关联的多级中值滤波算法[J].计算机科学,2012,39(5):246-248.

(上接第77页)

Journal of Chinese Information Processing, 2002, 16(3):20-26.  
 [9] Budanitsky A, Hirst G. Evaluating word-net-based measures of lexical semantic relatedness [J]. Computational Linguistics, 2006, 2(1):13-47.  
 [10] Dai L, Liu B, Xia Y, et al. Measuring semantic similarity between words using HowNet [C]//International conference on computer science and information technology. [s. l.]: IEEE, 2008:601-605.  
 [11] 孙吉贵,刘杰,赵连宇.聚类算法研究[J].软件学报,2008,19(1):48-61.

[12] 钟勇,赵向辉.一种优化初始中心点的k-means文本聚类算法[J].郑州大学学报:理学版,2009,41(2):29-32.  
 [13] 田莹,杜小勇,李海华.语义查询扩展中词语-概念相关度的计算[J].软件学报,2008,19(8):2043-2053.  
 [14] 汪中,刘贵全,陈恩红.一种优化初始中心点的K-means算法[J].模式识别与人工智能,2009,22(2):299-304.  
 [15] 周昭涛.文本聚类分析效果评价及文本表示研究[D].北京:中国科学院计算技术研究所,2005.  
 [16] Hartigan J A, Wong M A. Algorithm AS 136: a k-means clustering algorithm [J]. Journal of the Royal Statistical Society Series C (Applied Statistics), 1979, 28(1):100-108.