

一种基于极值的自适应中值滤波算法

苟中魁,张少军,李忠富,金 剑

(北京科技大学 机械工程学院,北京 100083)

摘要:图像平滑处理中,如何在去除噪声的同时完整地保留图像边缘细节一直是非线性滤波算法研究的热点问题。提出了一种基于极值的自适应中值滤波算法,该算法根据图像中某点是否为邻域极值点将全部像素分为可疑噪声与信号两类。对可疑噪声点采用包括八个一维窗口和一个二维窗口在内的不同尺度和不同方向的九个子窗口,按照各个子窗口的均方差大小,自适应选择窗口进行中值滤波;对信号点不加处理,灰度值不变。测试结果表明,该算法的滤噪特性和细节保护能力优于多级中值滤波;执行速度较快,优于经典中值滤波。

关键词:中值滤波; 自适应; 图像处理

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2005)01-098-04

New adaptive median filter algorithm based on extreme value

GOU Zhong-kui, ZHANG Shao-jun, LI Zhong-fu, JIN Jian

(Mechanical Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: In the smoothing process of image, it is very important for nonlinear filter to reserve fringe detail of image while filtering noise. A new adaptive median filter algorithm based on extreme value is presented in the paper. According to whether gray value of arbitrary pixel is its neighborhood extremum, all pixels are divided into doubtful noise pixels and signal pixels. The gray value of signal point is unchanged. Following the average variance of the nine multiscale and multidirectional windows including eight one dimensional windows and one two-dimension window, the gray value of noise point is selected adaptively. Test result indicates that new algorithm is superior to multistage median filter in performance of filter noise and detail preservation. At the same time, operating speed of the algorithm is faster than classical median filter.

Key words: Median filter; Adaptive; Image processing

0 引言

图像在形成、传输、接收和处理过程中,不可避免地存在一些干扰,如光电转换过程中敏感元件灵敏度的不均匀性,数字化过程中的量化噪声,传输过

程中的误差以及人为因素等^[1]。线性滤波对高斯噪声有很好的平滑作用,但对脉冲噪声、椒盐噪声等其他形式的噪声效果较差。另一方面,线性滤波在去除噪声的同时也使图像变得模糊。中值滤波^[2]是一种非线性滤波方法,既能有效抑制噪声,又能保护边缘细

收稿日期:2004-03-14; 修订日期:2004-04-15

作者简介:苟中魁(1978-),男,四川巴中人,硕士,研究方向为图像处理与模式识别。

节,故在图像处理中得到了广泛的应用。但中值滤波采用的滤波窗口是预先确定的,形状大小固定不变,整幅图像,无论图像点的好坏均受到影响。中值滤波对于图像中的点、线、拐角和纹理等细节的模糊作用是不可忽视的,而且还会使宽度小于 $N/2$ (N 为选取窗口宽度) 的边界模糊或消失。针对以上缺点,提出了一种基于极值的自适应中值滤波算法。测试结果表明,采用该算法对图像进行降噪处理,不仅能有效地降低噪声,而且可以完全保留图像边缘和细节。该算法简单明了,计算机编程实现方便。

1 算法原理与实现

在图像平滑处理中,如何在去除噪声的同时完整地保留图像边缘细节一直是非线性滤波算法研究的热点问题。近年来,许多学者提出了诸多改进的中值滤波算法,其中最具有代表性的有加权中值滤波^[3]、多级中值滤波^[4]等,但就应用效果来看,并不是很理想。参考文献[5]提出了一种极值中值滤波,这种算法是基于一种分类思想,根据图像中某点是否为邻域极值点将全部像素分为噪声与信号两类,对噪声点进行中值滤波,而保持信号点灰度值不变。但是这种滤波算法存在误判,很可能把包含图像重要信息的一些边缘点或细节点错误判断为噪声点而将其滤掉,从而造成图像局部细节信息的损失。参考文献[6]提出了一种自适应中值滤波,其基本思想是对图像中每一个像素点采用多个窗口,根据某种准则,自适应选择某一个窗口进行滤波,从而可以比较有效地保护图像细节。但是自适应中值滤波的缺点是要对原始图像的所有像素点进行处理,该过程不可避免地会改变某些真正信号点的值,造成图像模糊。同时,采用多个窗口也使滤波算法的时间复杂度增加。本文结合极值中值滤波与自适应中值滤波的优点,提出一种基于极值的自适应中值滤波。该算法首先根据图像中某点是否为邻域极值点将全部像素分为可疑噪声与信号两类。可疑噪声点(也可能是边界或细节点)是处理的对象,对其采用包括八个一维窗口和一个二维窗口在内的不同尺度、不同方向的九个子窗口,按照各个子窗口的均方差大小,自动选择窗口进

行中值滤波。由于算法只对可疑噪声点进行处理,故算法速度相对较快;同时,对可疑噪声点采用基于多窗口的自适应中值滤波,可以使被误判的细节点得到最大限度的保护。本文选择九个子窗口对可疑噪声点采用自适应中值滤波是基于如下考虑:(1)在具有图像特征的位置上(边缘和很多细节处),窗口应该在沿图像特征方向上进行滤波;在穿越图像特征的方向上,不应该进行滤波,否则将使图像特征模糊化。故本算法以正方形中心像素为基准呈发射状选择了八个一维子窗口;(2)在没有明显特征(灰度变化平缓)处,应增大窗口以增强去噪能力,故又另外选取了一个二维子窗口。

下面给出算法的具体实现步骤,算法的程序流程如图1所示。

(1) 依次访问图像中每一个像素点,根据是否为邻域极值将全部像素分为可疑噪声与信号两类。

如果 $X(i,j)=\max\{X(i+n,j+m), -1 \leq n, m \leq 1\}$

或者 $X(i,j)=\min\{X(i+n,j+m), -1 \leq n, m \leq 1\}$

则 $X(i,j) \in \text{NOISE}$

否则 $X(i,j) \in \text{SIGNAL}$

式中 $X(i,j)$ 表示原始图像在 (i,j) 处的灰度值; $\max\{\}$ 表示对窗口求最大值; $\min\{\}$ 表示对窗口求最小值。

(2) 对可疑噪声点采用自适应中值滤波,对信号点保持灰度值不变。

如果 $X(i,j) \in \text{SIGNAL}$

则 $Y(i,j)=X(i,j)$

否则 $Y(i,j)=\text{ADAM}(i,j)$

式中 $Y(i,j)$ 表示滤波后的图像在 (i,j) 处的灰度值; $\text{ADAM}(i,j)$ 表示对可疑噪声点采用自适应中值滤波后的输出。

(3) 如果滤波效果不够满意,重复以上步骤。

对图2所示的 5×5 正方形窗口,首先定义了它的九个子窗口,并以此作为对可疑噪声点采用自适应中值滤波的待选窗口,给出求取 $\text{ADAM}(i,j)$ 的步骤如下。

(1) 定义对可疑噪声点采用自适应中值滤波的九个子窗口。

$$W=\{X(i+n,j+m), -2 \leq n, m \leq 2\}$$

$$W_0 = \{X(i, j), X(i, j+1), X(i, j+2)\}$$

$$W_{45} = \{X(i, j), X(i-1, j+1), X(i-2, j+2)\}$$

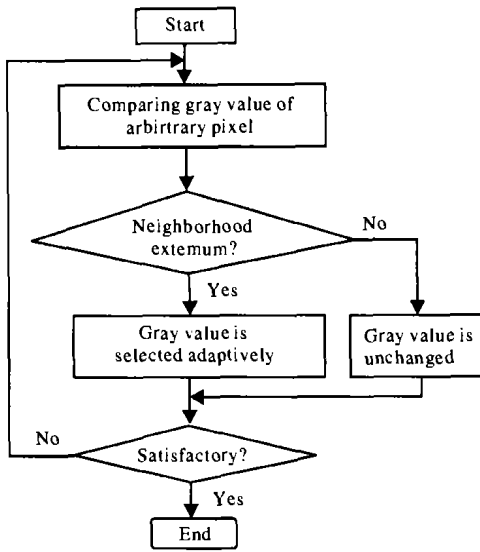


图 1 算法流程图

Fig.1 Flow chart of algorithm

$X(i-2, j-2)$	$X(i-2, j-1)$	$X(i-2, j)$	$X(i-2, j+1)$	$X(i-2, j+2)$
$X(i-1, j-2)$	$X(i-1, j-1)$	$X(i-1, j)$	$X(i-1, j+1)$	$X(i-1, j+2)$
$X(i, j-2)$	$X(i, j-1)$	$X(i, j)$	$X(i, j+1)$	$X(i, j+2)$
$X(i+1, j-2)$	$X(i+1, j-1)$	$X(i+1, j)$	$X(i+1, j+1)$	$X(i+1, j+2)$
$X(i+2, j-2)$	$X(i+2, j-1)$	$X(i+2, j)$	$X(i+2, j+1)$	$X(i+2, j+2)$

图 2 5×5 正方形窗口

Fig.2 5×5 square window

$$W_{90} = \{X(i, j), X(i-1, j), X(i-2, j)\}$$

$$W_{135} = \{X(i, j), X(i-1, j-1), X(i-2, j-2)\}$$

$$W_{180} = \{X(i, j), X(i, j-1), X(i, j-2)\}$$

$$W_{225} = \{X(i, j), X(i+1, j-1), X(i+2, j-2)\}$$

$$W_{270} = \{X(i, j), X(i+1, j), X(i+2, j)\}$$

$$W_{315} = \{X(i, j), X(i+1, j+1), X(i+2, j+2)\}$$

(2) 分别计算九个子窗口的中值

$$M = \text{Med}\{W\}, M_0 = \text{Med}\{W_0\}, M_{45} = \text{Med}\{W_{45}\},$$

$$M_{90} = \text{Med}\{W_{90}\}, M_{135} = \text{Med}\{W_{135}\}, M_{180} = \text{Med}\{W_{180}\},$$

$$M_{225} = \text{Med}\{W_{225}\}, M_{270} = \text{Med}\{W_{270}\}, M_{315} = \text{Med}\{W_{315}\}$$

式中 $\text{Med}\{\}$ 表示对窗口求中值。

(3) 分别计算九个子窗口的均方差

$$MSD = \sum \{(X(i+n, j+m) - M)^2, -2 \leq n, m \leq 2\}$$

$$MSD_0 = \sum \{(X(i, j+n) - M_0)^2, 0 \leq n \leq 2\}$$

$$MSD_{45} = \sum \{(X(i-n, j+n) - M_{45})^2, 0 \leq n \leq 2\}$$

$$MSD_{90} = \sum \{(X(i-n, j) - M_{90})^2, 0 \leq n \leq 2\}$$

$$MSD_{135} = \sum \{(X(i-n, j-n) - M_{135})^2, 0 \leq n \leq 2\}$$

$$MSD_{180} = \sum \{(X(i, j-n) - M_{180})^2, 0 \leq n \leq 2\}$$

$$MSD_{225} = \sum \{(X(i+n, j-n) - M_{225})^2, 0 \leq n \leq 2\}$$

$$MSD_{270} = \sum \{(X(i+n, j) - M_{270})^2, 0 \leq n \leq 2\}$$

$$MSD_{315} = \sum \{(X(i+n, j+n) - M_{315})^2, 0 \leq n \leq 2\}$$

(4) 求最小均方差

$$\min (MSD, MSD_0, MSD_{45}, MSD_{90}, MSD_{135}, MSD_{180}, MSD_{225}, MSD_{270}, MSD_{315})$$

(5) 计算对可疑噪声点采用自适应中值滤波后的输出 $ADAM(i, j)$

$ADAM(i, j)$ = 均方差最小的子窗口的中值。

2 试验结果与分析

关于滤波算法去除噪声和保护细节的综合性能, 一般采用均方误差 (MSE) 和平均绝对误差 (MAE) 准则以及主观观察来进行评判。归一化的 MSE 和 MAE 分别定义为:

$$MSE = \frac{\sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} [X(i, j) - Y(i, j)]^2}{\sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} X(i, j)^2} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} |X(i, j) - Y(i, j)|}{\sum_{i=0}^{255} \sum_{j=0}^{255} |X(i, j)|} \quad (2)$$

下面以两幅 $256 \times 256 \times 8$ bit 的图像加噪声为例来测试几种滤波算法的综合性能。图 3 为原始图像; 图 4 为加入了椒盐噪声的图像, 图像变得模糊; 图 5 为 中值滤波结果, 中值滤波滤掉了图像中绝大部分细

节信息,效果很差;图6为多级中值滤波结果,图像细节保护明显优于中值滤波,但图像中噪声滤除效果不够理想;图7为使用本文提出的算法的滤波结果。仔细观察比较可以看出,采用该算法取得的滤波效果比多级中值滤波的效果好。

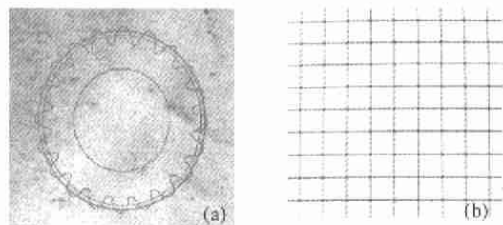


图3 原始图像
Fig.3 Original image

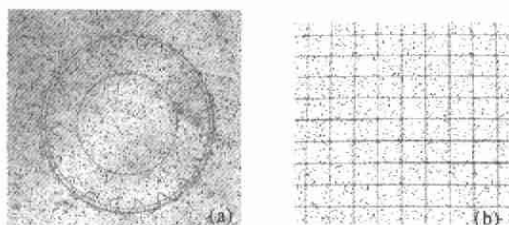


图4 加噪图像
Fig.4 Noisy image

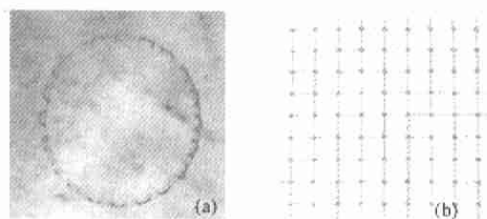


图5 中值滤波
Fig.5 Median filter

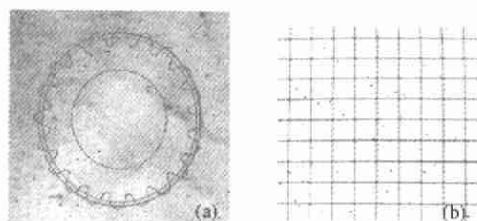


图6 多级中值滤波
Fig.6 Multistage median filter

为了便于定量比较,表1列出了对原始图像图3经过三种滤波算法的滤波效果的 MSE 及 MAE 。

由表1可以看出,本文提出的极值自适应中值滤波算法的滤噪特性和细节保护能力比中值滤波和多级中值滤波效果好,它的 MSE 与 MAE 值最小。同时,由于算法仅对可疑噪声点进行滤波处理,故运算速度相对较快。

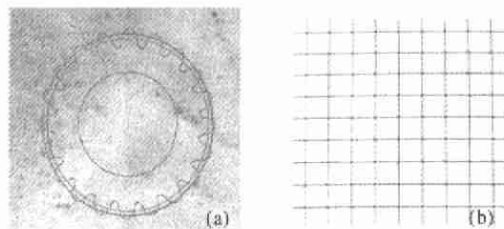


图7 极值自适应中值滤波
Fig.7 Adaptive median filter based on extremum

表1 几种滤波算法的效果比较
Tab.1 Comparison of performance of several filter methods

Code	Method	Window size	MSE	MAE	Time /ms
(a)	Median algorithm	5×5	0.0361	0.4330	651
	Multistage median	5×5	0.0058	0.1084	312
	New method	5×5	0.0038	0.0575	297
(b)	Median algorithm	5×5	0.6119	0.6874	701
	Multistage median	5×5	0.0099	0.0439	278
	New method	5×5	0.0023	0.0126	282

3 结论

提出了一种基于极值的自适应中值滤波算法,测试结果表明,该算法的滤噪特性和细节保护能力优于多级中值滤波。同时,该算法执行速度较快,优于经典中值滤波。

参考文献:

- [1] 李树涛,王耀南.基于模糊神经网络的改进型中值滤波器[J].电子测量与仪器学报,2002,16(3):52-55.
- [2] Gallagher N C, Wise G L A theoretical analysis of the properties of median filter[J]. IEEE Trans ASSP,1981,29(12):1136-1141.
- [3] Brownrigg D R K. The weighted median filter[J]. Commun Ass Comput Mach, 1984,27(8):807-818.
- [4] Nieminen A, Heinonen P, Neuvo Y. A new class of detail-preserving filters for image processing [J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987,9(1):74-89.
- [5] 邢藏菊,王守觉,邓浩江,等.一种基于极值中值的新型滤波算法[J].中国图像图形学报,2001,6A(6):533-536.
- [6] 刘兴伟,殷国富,罗小宾,等.工程扫描图的一种新型的自适应中值滤波算法[J].中国机械工程,2002,13(5):403-405.