

一种改进的中值滤波算法

张 恒 雷志辉 丁晓华

(国防科技大学航天与材料工程学院, 长沙 410073)

摘 要 通常,大部分自然图像中同时存在颗粒噪声和高斯噪声,而单纯地用中值滤波算法或均值滤波难以同时尽可能地消除混合噪声。针对这一问题, Lee 和 Kassam 提出了一种改进的均值滤波算法 Modified Trimmed Mean (MTM), 虽然 MTM 算法的滤波效果相对于传统的平滑算法已有了很大的改善,但是 MTM 的滤噪能力在很大程度上受到了阈值的限制。在分析 MTM 算法和传统平滑算法结构特点的基础上提出了一种改进的自适应中值滤波算法。该算法对含有混合噪声的图像上每一点的 $N \times N$ 区域应用自适应算子。对于不同的图像区域,算子也相应地有所不同,其中算子中的权值选取依赖于区域的灰度中值,且当某点的灰度越接近灰度中值,其权值就相应地越大。实践证明,新算法的处理结果优于传统的滤波算法和 MTM 滤波,且没有阈值限制。

关键词 图像处理 改进的中值滤波 混合噪声 自适应

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2004)04-0408-04

An Improved Method of Median Filter

ZHANG Heng, LEI Zhi-hui, DING Xiao-hua

(College of Aerospace and Material Engineering, National Univ. of defense Technology, Changsha 410073)

Abstract Usually, there is gauss noise and isolated noise in many nature images simultaneously. And it is difficult to getting rid of gauss noise and isolated noise only by Median filter or Mean filter at the same time. In allusion to this question, Lee and Kassam proposed an improved algorithm of mean filter. Although they have made a great improvement, the effect of MTM is still not ideal. It is a threshold that consumedly affect the effect of MTM. In this article, we proposed an improved method of median filter on the basis of analysing the character of MTM and traditional filter method. This new method applies auto-adapted operators on the $N \times N$ area of every point in the processed image. For the different area of the image, the operators are different too. The election of operator weight mostly depends on the median of $N \times N$ area. The more the gray value be close to the median, the more the weight of operator is strong. In real application, the new method not only shows better performance than the MTM filter, but also is not affected by any threshold.

Keywords image processing, improved median filter, mixed noise, auto-adapted

1 引言

图像在成像、数字化和传输等过程中难免会有各种干扰,形成噪声。这些噪声使得图像上像素点的灰度值不能正确地反映空间物体对应点的灰度值,从而降低了图像质量。为了得到更好的处理结果,在处理图像前都要进行降噪预处理。

图像降噪方法可分为线性与非线性方法。线性

方法提出较早,且有较完备的理论基础。在处理零均值的高斯噪声时,均值滤波是非常有效的方法。但线性方法在滤除噪声的同时也破坏图像中的细节,如边缘等,从而使图像变得模糊,同时线性方法无法滤除颗粒噪声。后来,一些学者提出了非线性的滤波算法——中值滤波^[1],由于这种方法在保护图像细节的同时能有效地滤除颗粒噪声,因此在图像处理领域得到更为广泛的应用。中值滤波的改进算法,如多级中值滤波(MSM)、中心加权中值滤波(CWM)、广

义中值滤波(WM)等,在保护图像边缘方面较普通中值滤波算法有了进一步的改善。

由于中值滤波算法与均值滤波算法在滤除颗粒噪声与高斯噪声方面各有所长,因此 Lee 和 Kassam 将这两种方法结合起来,提出了一种改进的均值滤波算法(MTM)^[2],希望能同时滤除高斯噪声和颗粒噪声,但 MTM 算法的滤波效果并不理想。为此,在分析了 MTM 算法的结构特点及其优缺点的基础上,提出了一种改进的中值滤波算法。

2 MTM 算法

在处理第 i 个像素点时,首先选取滤波窗口内的灰度中值 m_i 。以 m_i 为中心,选取一个灰度区间 $[m_i - \delta, m_i + \delta]$ 。将滤波窗口内所有落在选定灰度区间内的点做平均,并将结果作为最终的滤波输出。MTM 的数学表示为

$$out_i = average\{(x_i) | m_i - \delta \leq x_i \leq m_i + \delta, i \in W_i\}$$

其中, W_i 表示滤波窗口内像素点组成的集合。

不难看出,由于选用中值作为灰度窗口的中心,因此 MTM 滤波器能有效地滤除颗粒噪声。对灰度落在 $[m_i - \delta, m_i + \delta]$ 内的点做平均,对高斯噪声也有一定的抑制作用。但 MTM 算法也有不足之处,其一,虽然中值滤波算法能在一定程度上保护图像的细节,但效果不理想;其二, δ 的取值将直接影响滤波的效果及算法对图像细节的保护能力。 δ 值越小则 MTM 越接近中值滤波,对图像的细节保护加强,而对高斯噪声的抑制减弱, δ 值越大, MTM 越接近均值滤波,高斯噪声被有效抑制,但图像也变得模糊;其三,全场是取同一个阈值 δ ,还是不同区域取不同的阈值,也是一个两难的问题。

3 改进的中值滤波(IMF)

3.1 算法思路

对含噪图像上的每一点都以其为中心选取一个区域,首先,在这个区域内,找到灰度的中值,对于区域内每一点都以这个中值为基础计算其权值,其中权值的计算应该满足:(1)如果区域内某点的灰度值越接近该区域内的中值,则其权值也相应地越大,如果某点为颗粒噪声点,则其灰度值和该区域内的中值相差也就很大,因此其权值也应该非常小;(2)权值应该被归一化。然后将区域内每一点的灰度与其

对应的权值相乘再求和。最后将这个和值赋给所计算的图像点。

这样做的好处是:(1)以中值为基础计算权值时,给颗粒噪声点赋的权值非常小,以致于在做累加的时候颗粒噪声点的值可以被忽略,这样可以滤除一部分颗粒噪声点;(2)做累加类似于均值滤波,可以抑制一部分高斯噪声;(3)不需要阈值,从而增加了算法的适用性。

3.2 算法步骤

(1) 在处理图像中第 (i, j) 个像素点时,首先以其为中心选取 $N \times N$ 的区域(N 为奇数),求出这个区域内 N^2 的个像素点的灰度中值 $M(i, j)$;

(2) 令 r 为 $N/2$ 的整数部分,(例如, $N=3$ 则 $r=1$),然后对这个 (i, j) 点的 $N \times N$ 区域内的每一点按下式计算其相应的加权系数 $r(n, m)$

$$sum = \sum_{n=i-r}^{i+r} \sum_{m=j-r}^{j+r} [1/(1 + (I(n, m) - M(i, j))^2)] \quad (1)$$

$$r(n, m) = \frac{1/(1 + (I(n, m) - M(i, j))^2)}{sum} \quad (2)$$

其中, $I(n, m)$ 为 $N \times N$ 区域内第 (n, m) 点的灰度值,可以看出, $I(n, m)$ 和 $M(i, j)$ 相差越大,相对应的 $r(n, m)$ 就越小;反之 $I(n, m)$ 和 $M(i, j)$ 相差越小,相对应的 $r(n, m)$ 就越大;而当 $I(n, m)$ 和 $M(i, j)$ 相等的时候, $r(n, m)$ 最大,此时中值被赋予最大的权值;

(3) 将第 (i, j) 点的 $N \times N$ 区域内每一点的灰度值 $I(n, m)$ 与相应的 $r(n, m)$ 相乘,记为 $d(n, m)$,将 $\sum_{n=i-r}^{i+r} \sum_{m=j-r}^{j+r} d(n, m)$ 作为所处理点的滤波输出。

4 实验结果

4.1 仿真实验

做间距为 16 个像素的正弦过渡的光栅,如图 1(a)所示,加入 $P=10\%$ 的椒盐噪声和均方差 $\sigma=10$ 的高斯噪声,如图 1(b)所示。对噪声图像分别做模板 3×3 的滤波,如图 1(a)所示滤波:(1)先中值后均值滤波;(2)MTM 滤波;(3)IMF 滤波。分别在理想图像、经过各种滤波后图像的中心行相同位置取 30 个点的拟合曲线比较,如图 1(c)所示。

从图 1(c)上可以看出,噪声图像经过先中值后均值滤波后的滤波效果比较差,IMF 的滤波效果和 MTM 基本相同,但是 MTM 的滤波效果受到阈值 δ 限制,而 IMF 却没有参数约束的限制。

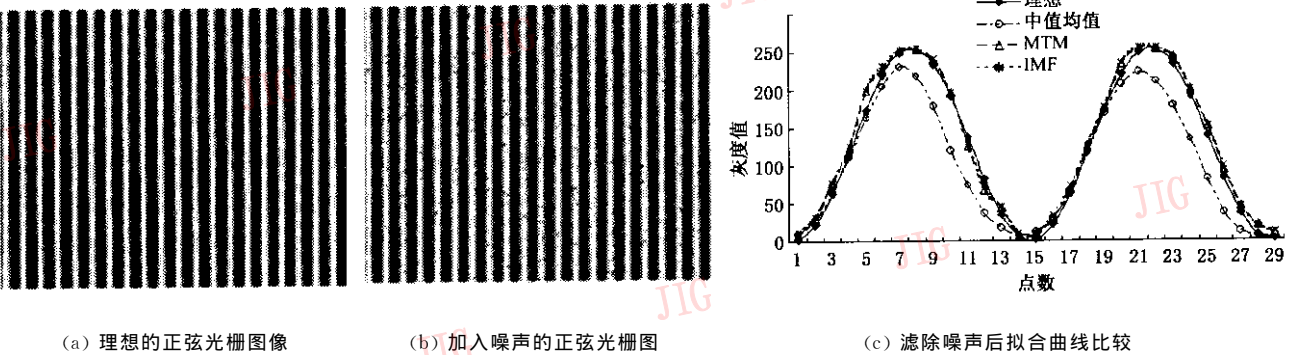


图 1 仿真图像滤波结果

4.2 自然图像实验

图 2 所示为 Lena 图像经过滤波后的结果,其中

图 2(a)是 Lena 图像被 $P=10\%$ 的椒盐噪声和均方差 $\sigma=10$ 的高斯噪声污染后的图像。



图 2 自然图像 Lena 图像滤波结果

为了检验算法的滤波效果,定义信噪比改善因子 S (单位 dB)^[3],其定义如下

$$S = 10\lg \frac{\frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (out(i,j) - ideal(i,j))^2}{\frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (in(i,j) - ideal(i,j))^2} \quad (3)$$

其中, N, M 分别为图像的高度和宽度, out 为滤波后的图像, in 为滤波前的图像, $ideal$ 为理想图像(即无噪声的图像)

从式(3)可以看出,如果 S 为负值,说明 $\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (out(i,j) - ideal(i,j))^2$ 小于 $\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} (in(i,j) - ideal(i,j))^2$, 则说明滤波后噪声被抑制, S 越低说明滤波效果越好。

表 1 列出了 3 种滤波算法的信噪比改善因子 S , 从表 1 可以看出, 由 IMF 算法得到的信噪比改善因子 S 均比 MTM 滤波和中值滤波算法得到的要小, 从而说明 IMF 滤波效果比 MTM 和中值滤波要好。从滤波后输出的图像(图 2(b)~图 2(d)), 也可以看出, IMF 结果也是 3 种算法中最好的。

表 1 滤波效果(S)比较(Lena 图像) 单位: dB

	$P=20\%$, $\sigma=20$ 3×3 模板	$P=20\%$, $\sigma=20$ 5×5 模板	$P=20\%$, $\sigma=20$ 3×3 模板	$P=20\%$, $\sigma=20$ 5×5 模板
中值滤波	-4.262	-3.803	-10.623	-11.809
MTM 滤波	-5.896	-5.136	-12.293	-13.667
IMF 滤波	-6.018	-5.234	-12.809	-14.021

5 滤波效果的数值分析

选取 $y=e^{-x^2}$ 函数来数值模拟分析, 在 $[0, 2]$ 中等间距选取 36 个点, 构成序列 x_i , 计算出相应的 y_i 。对加入大小在 $[-0.15, 0.15]$ 之间的随机干扰得到序列 y'_i , 然后应用(1)先中值后均值滤波; (2)MTM 滤波; (3)IMF 滤波 3 种方法对序列 y'_i 进行“一维滤波”, 将所得到的结果做拟合进行比较, 如图 3 所示。从图 3 可以看出, IMF 算法的滤波效果最好, IMF 滤波后的曲线基本上和理想曲线最接近, 而“先中值后均值”和 MTM 的算法结果不理想。

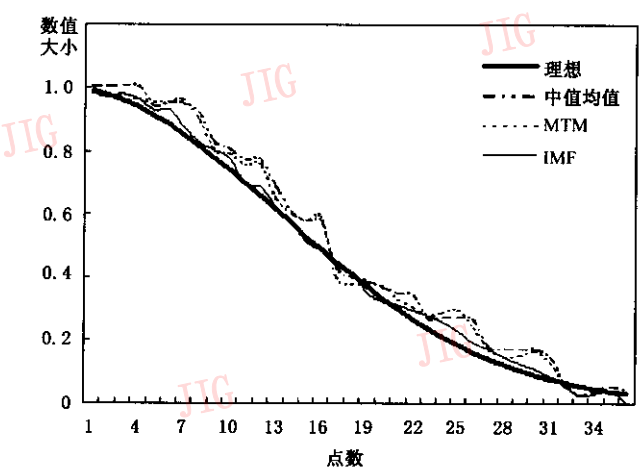


图 3 拟合曲线比较图

由于篇幅有限,只给出其中 10 个点的仿真数值,表 2 为当加入 $[-0.15,0.15]$ 的随机噪声时的仿真数值。从表 2 也可以看出,IMF 算法的滤波效果总是 3 种算法中最好的。

表 2 加入 $[-0.15,0.15]$ 的随机噪声时的仿真数值				
理想	噪声	中值均值	MTM	IMF
0.779	0.651	0.829	0.803	0.803
0.739	0.773	0.808	0.791	0.774
0.698	0.808	0.773	0.755	0.695
0.655	0.685	0.773	0.755	0.686
0.613	0.549	0.685	0.646	0.618
0.570	0.607	0.607	0.604	0.570
0.527	0.429	0.577	0.578	0.512
0.486	0.577	0.577	0.592	0.482
0.445	0.390	0.429	0.397	0.433
0.406	0.400	0.400	0.376	0.415
方 差		0.133	0.106	0.020

6 结 论

在分析传统的平滑处理算法和一些改进算法的结构特点及其特点的基础上,提出了一种改进的中值滤波算法(IMF 算法)。从仿真实验、自然图像实

验和数值分析实验中可以看出,IMF 算法滤波效果比 MTM 算法更为理想。虽然 MTM 算法的滤波效果相对于传统的平滑算法也有了很大的改善,但是 MTM 滤噪能力在很大程度上受到了阈值的限制,阈值选取不好滤噪能力很差,这使得 MTM 的应用受到了很大的限制。相比之下,IMF 算法没有此限制,而且滤波效果也比 MTM 算法有所改进。

参 考 文 献

- 1 孙即祥,数字图像处理[M]. 石家庄:河北教育出版社,1993: 131~138.
- 2 Lee Y H, Kassam S A. Generalized median filtering and related nonlinear filtering techniques [J]. IEEE Transactions on Acoust, Speech, Signal Processing, 1985,33(3):672~68.
- 3 张宇,王希勤,彭应宁. 自适应中心加权的改进均值滤波算法[J]. 清华大学学报(自然科学版),1999,39(9):76~78.



张 恒 1979 年生,2001 年于西安交通大学获学士学位,现为国防科技大学航天与材料工程学院人机与环境工程专业硕士生。主要研究方向为序列图像处理和运动估计。



雷志辉 1962 年生,1984 年于北京大学获固体力学硕士学位,现为国防科技大学航天与材料工程学院人机与环境工程专业副教授。主要从事人体运动分析和计算机视觉等方面的研究。



丁晓华 1978 年生,2001 年于国防科技大学航天与材料工程学院获人机与环境工程专业硕士学位,现为该专业博士研究生。主要从事计算机图形学和科学可视化等方面的研究。