

一种基于偏导数的滤波算法

段汉根^{1,2}, 汪继文¹

(1. 安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽科技学院 理学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要:提出了一种新的图像噪声消除算法。该方法可以快速有效地去除图像中的脉冲噪声,并保留图像的细节。该算法主要利用像素点的偏导数信息把所有的像素点分为有效的信号点和噪声点,判定的标准为:任意像素点的值如果在其邻域为最大或最小值,则认为该点是噪声点,否则就是有效点。实验结果表明,本算法去除噪声与保留细节的效果好,且运算速度较快。

关键词:图像处理;中值滤波;脉冲噪声;偏导数

中图分类号:TN911.73

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)06-0064-03

A New Filtering Algorithm Based on Partial Derivatives

DUAN Han-gen^{1,2}, WANG Ji-wen¹

(1. School of Computer Science & Technology, Anhui University, Hefei 230039, China;

2. College of Sciences, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: Introduce a novel image denoising algorithm, the efficient signals are reserved when the noises are removed through the algorithm. The filters are based on local partial derivatives. First, all the pixels are separated into signal pixels and noise pixels according to the decision criterion given in the following; then, noise pixels are replaced with the related value of their neighborhood in the input image. The decision criterion: if a pixel value is the extremum (max or min) of its neighborhood, it is a noise pixel; else, it is a signal pixel. If a pixel value is higher or lower than the others' value of its neighborhood are, may consider that it had been contaminated with noise. Else, consider that it represents an effective signal. Experimental results show that the assumption fits the facts quit well.

Key words: image processing; median filter; impulse noise; partial derivatives

0 引言

图像滤波一直是图像处理中最基本的、广泛研究的,以及一直都没解决的问题。滤波的主要目的是从噪声数据中估计原始图像。空间域去噪的方法很多,最早对于混有噪声的图像,是采用线性滤波的方法进行处理的。线性滤波方法具有分析简单、易于实现的特点,但是它会使图像的边缘变得模糊。在文献[1]中提到很多优秀的方法。然而,传统的空域滤波的去噪效果依赖于滤波窗口的大小及参与中值计算的像素点数目,不同大小的滤波窗口对输出图像的质量有很大影响。窗口太小,去噪效果不好,窗口太大,又会损失

太多的图像细节,造成图像模糊,所以,在传统空域滤波中,噪声的去除是以图像分辨率的降低为代价的。中值滤波^[2]是由 Tukey 于 20 世纪 70 年代初所提出的一种非线性滤波方法。由于这种方法运算简单,特别是在平滑噪声的同时能使信号的边缘得到有效的保护,故在图像处理中得到了广泛的应用。近年来,出现了多种基于空域滤波的改进型算法。Sun 和 Neuvo 提出了开关中值滤波(SM)算法^[3], Wang 和 Lin 提出了 Minmax 算法^[4], 刑藏菊等提出了一种基于极值中值的新型滤波方法^[5], 屈志毅等提出了可保持图像细节的改进的全方位多级组合滤波器^[6], 这些算法在改善中值滤波器的性能方面做出了有益的探索。但在实际应用中都有各自的局限性,文献[3]算法计算时间长,而且要事先估计参数,使用受限制。文献[4]虽然减少了误差的传播,但没有很好地保持图像的细节,且该算法是通过排序来判断噪声点及对噪声点的更正,计算时间较长。文献[6]对传统的组合滤波器进行改进,提高了计算速度,但是其域值的设置还有待进一步研究。

收稿日期:2006-09-01

基金项目:安徽省高校自然科学研究项目(2006KJ028B);安徽省高校自然科学研究项目(KJ2007B366ZC)

作者简介:段汉根(1971-),男,安徽太湖人,讲师,研究方向为图像处理;汪继文,博士,教授,研究方向为数值计算、计算流体力学。

文献[5]的算法对文献[4]进行了改进,也取得了较好的效果。

文中提出的基于偏导数滤波算法用于滤除椒盐噪声时,在速度与性能两方面都达到了较好的效果。在这种方法中,首先根据判别标准(是否为极值点)将全部像素分为两类:如果是极值点,则认为该点为噪声,根据空间相关性将噪声点由该点邻域的相关值取代。文中对椒盐噪声污染的图像进行了仿真实验,结果表明,所提出的判别标准与实际情况符合。算法的执行速度较快,且保留了较多的细节信息,没有造成图像的模糊。

1 算法的原理及实现

1.1 算法的原理

脉冲噪声随机地改变图像中某点的灰度值,在图像中表现为黑色、白色的亮斑,在数值上表现为很大或很小。对于自然图像,相邻点之间存在着很大的相关性,如果某一点的灰度值与其周围点的相差较大,一般认为是噪声点,图像中点的差别可以看成变化率,即图像的偏导数。

在高等数学中,根据函数的可导性,利用公式 $f(x) = f(x_0) + f'(x_0)dx$,对 $f(x)$ 进行近似计算,在图像处理中,可以借鉴这个公式判断图像中的相邻点的相关性。

由于在图像中导数都是以差分的形式表示,且 dx 为1,所以对于滤波窗口 $W[v(i,j)]$ 的中心点 $v(i,j)$,计算 $v(i,j)$ 的各方向的偏导数,然后再分以下三种情况进行判断:

(1) 如果这些偏导数的值有正有负,即在此邻域内,有的值比 $v(i,j)$ 大,有的比 $v(i,j)$ 小,说明该点在其邻域点的值相差不大,存在很大的相关性,不需要修复。

(2) 如果该邻域内的所有偏导数都大于0,说明 $v(i,j)$ 为该邻域的最小值,该点在其邻域点的值相差较大,需要修复。

(3) 如果该邻域内的所有偏导数都小于0,说明 $v(i,j)$ 为该邻域的最大值,该点在其邻域点的值相差较大,需要修复。

因此,用各向偏导数来判断图像中的点是否为噪声点。

首先,求出滤波窗口的点的各向偏导数:

$$\frac{\partial f}{\partial x_l} = f(i-1, j) - f(i, j) \quad \frac{\partial f}{\partial x_r} = f(i+1, j) - f(i, j)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_u} = f(i, j-1) - f(i, j) \quad \frac{\partial f}{\partial x_d} = f(i, j+1) - f(i, j)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_{lu}} = f(i-1, j-1) - f(i, j) \quad \frac{\partial f}{\partial x_{ld}} = f(i-1, j+1) - f(i, j)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_{ru}} = f(i+1, j-1) - f(i, j) \quad \frac{\partial f}{\partial x_{rd}} = f(i+1, j+1) - f(i, j)$$

$\frac{\partial f}{\partial x_l}$ 表示左偏导数, $\frac{\partial f}{\partial x_r}$ 表示右偏导数, $\frac{\partial f}{\partial x_{lu}}$ 表示

左上偏导数, $\frac{\partial f}{\partial x_{rd}}$ 表示右下偏导数,其余依此类推。

其次,判断上面八个偏导数的符号,若全部同号,则进行修正;否则,保持原值。

修正的方法:如果所有的偏导数都小于0,说明该点的像素值为该邻域的极小值,用除去该点以及和该点相同的值之外的极小值进行修正。同理,如果所有的偏导数都大于0,说明该点的像素值为该邻域的极大值,用除去该点以及和该点相同的值之外的极大值进行修正。

1.2 算法实现的主要步骤

(1) 读入噪声图像。

(2) 用 3×3 的窗口对噪声图像进行扫描,记该窗口矩阵为 temp_plate。

(3) 对窗口中心点 $v(i, j)$ 乘以 ones(3,3),得到一个所有元素值都为 $v(i, j)$ 的 3×3 的矩阵,用该矩阵减去 temp_plate,得到一个新的矩阵,记为 $w(3,3)$ 。

(4) 对 w 矩阵进行判断,若 $w(i, j)$ 中除了 $w(2,2)$ 等于0外,其余的元素都大于0,说明 $v(i, j)$ 为滤波窗口中的最大值,用该窗口中的次大元素代替;若 $w(i, j)$ 中除了 $w(2,2)$ 等于0外,其余的元素都小于0,说明 $v(i, j)$ 为滤波窗口中的最小值,用该窗口中的次小元素代替;其他情况, $v(i, j)$ 的值保持不变。

上述过程要求对噪声图像的每一个点都要扫描一遍,每次对滤波窗口的中心点进行处理,具体实现还必须对噪声图像矩阵进行必要的扩展。

2 实验与结果分析

用 3×3 窗口,算法用 MATLAB 7.0 实现,硬件配置为:CPU PIV 2.93G 内存:512MB。实验结果如图1~图9所示。

图1、4、7分别为加20%、10%、5%的椒盐噪声的图像,图2、5、8分别为文中算法滤波后的图像,图3、6、9为中值滤波图像(滤波窗口为 3×3)。

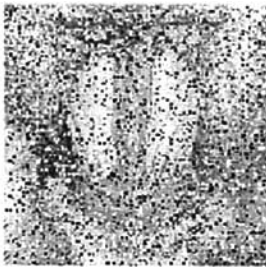


图 1 加 20%椒盐噪声图像

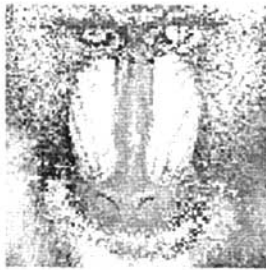


图 2 文中算法滤波后图像



图 3 中值滤波图像



图 4 加 10%椒盐噪声图像



图 5 文中算法滤波后图像

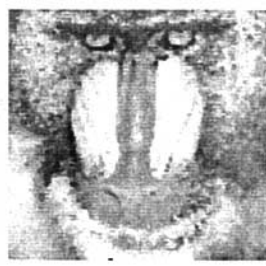


图 6 中值滤波图像

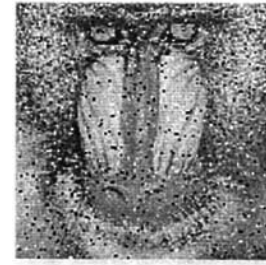


图 7 加 5%椒盐噪声图像

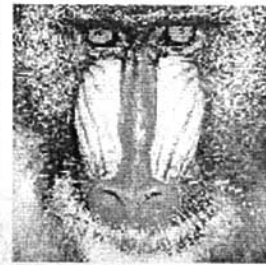


图 8 文中算法滤波后图像

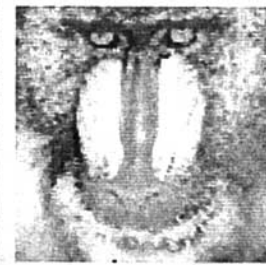


图 9 中值滤波图像

果,而且大大提高了滤波的速度。

3 结 论

该算法通过偏导数对噪声的判定,改善了传统的通过排序来判断噪声点,大大提高了计算的速度,对于滤波窗口的中心点,如果有两个以上的点同为极大、极小值,都认为该点是有效点,这样较好地保持了图像的细节部分。实验结果表明我们的算法对噪声密度较小的图像,效果较好。但是对于噪声密度较大的图像,细节处理还待进一步改善,比如:图 3 中眼睛部分有一些模糊,另外,这里只是对像素点的 8 邻域进行了研究,可以考虑对图像 m 的邻域扩展,且把图像的空间域和频率域滤波结合起来,形成新的、效果更好、速度更快的滤波算法。

实验结果通过相对均方误差(NMSE)比较,相对均方误差定义如下:

$$NMSE = \frac{\sum_{i,j} [x(i,j) - y(i,j)]^2}{\sum_{i,j} x(i,j)^2}$$

其中, $x(i,j)$ 是原始图像, $y(i,j)$ 是滤波输出图像。

对于两种滤波算法的运行时间及相对均方误差的比较见下表:

图像	NMSE	运行时间(s)
图 2	0.0012	0.495
图 3	0.0035	1.334
图 5	0.0011	0.438
图 6	0.0033	1.297
图 8	0.0007	0.406
图 9	0.0029	1.282

实验结果显示,传统的中值滤波方法在消除噪声的同时,很大程度上模糊了原始图像,不能很好地保持图像边缘细节,而我们的算法在去除噪声的同时,能更好地保留原始图像的边缘细节,取得了较好的处理效

参考文献:

- [1] Wang Zhou, Zhang David. Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images[J]. IEEE Trans On Circuits and Systems: Analog and Digital Signal Processing, 1999,46(1):78-80.
- [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] Sun T, Neuvo Y. Detail-preserving median based filters in image processing[J]. Pattern Recognit Lett, 1994,15:341-347.
- [4] Wang Jung-Hua, Lin Lian-Da. Improved median filter using minmax algorithm for image processing[J]. Electronics Letters, 1997,33(16):417-420.
- [5] 刑藏菊,王守觉,邓浩江,等.一种基于极值中值的新型滤波方法[J].中国图像图形学报,2001,6(6):533-536.
- [6] 屈志毅,刘丽梅,高志刚,等.可保持图像细节的改进的全方位多级组合滤波器[J].中国图像图形学报,2001,6(12):1180-1183.