

·信号与信息处理·

## 一种改进型图像降噪方法

胡宏伟, 赵建, 曾明

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

**摘要:**针对图像获取中易受到噪声干扰的问题,介绍了图像去噪处理的几种常用算法(邻域平均法、中值滤波法、图像间的平均滤波),对比阐述了各自的优缺点及适用范围。提出了一种基于平滑滤波的小波阈值图像去噪算法,该算法采用中值滤波和小波阈值相结合的方式对图像进行平滑处理。实验结果表明,该方法不仅有利于图像噪声的去除,而且边缘信息也得到了较好的保留,使图像具有更好的视觉效果,还原出图像的本来面目。

**关键词:**小波变换;平滑滤波

中图分类号:TN911.73

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2012)05-0060-04

## Improved Method of Image Noise Reduction

HU Hong-Wei, ZHAO Jian, ZENG Ming

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** In view of the problem that image acquisition process is susceptible to noise interference, several common algorithms of image noise reduction process such as neighborhood averaging method, median filtering method and averages filtering between images are introduced. The advantages, disadvantages and application areas of these are described separately. An image noise reduction algorithm of wavelet threshold based on smooth filtering is proposed. In this method, median filtering method and wavelet threshold method are combined to perform smoothing image process. The experiment results show that this method is not only of advantage to image algorithms, but also to reserve the edge information, which improves the visual effect of images and restores the primary images as well.

**Key words:** wavelet transformation; smooth filtering

目标图像在获取、传输及变换处理过程中,不可避免地受到各种噪声的干扰,噪声的来源主要有图像采集系统本身、背景照明、大气环境等诸多因素。噪声的存在不仅会严重降低目标识别的精度和速度,并且导致图像信噪比下降。因此在进行目标图像提取时,首先要对图像进行去噪处理,消除掉不期望的干扰背景,突出目标边缘,使后续操作避免受到强烈的噪声干扰。鉴于此,根据图像自身的特性,噪声的统计特征和频谱分布的特点,发展出了各式各样的降噪方法<sup>[1,2]</sup>。

### 1 目标图像降噪方法

图像噪声有很多种,主要表现为椒盐脉冲噪声和高斯噪声。根据噪声本身特性,可在空域或频域进行去噪处理。经去噪处理后的图像,其边界、轮廓等细节信息往往变得模糊,为减少这些不利因素对目标检测的影响,需对图像进行锐化处理,从而使图像变得更易被计算机处理与分析。

空域的处理方法主要有邻域平均法、中值滤波法和图像间的平均滤波。频域的处理方法目前采用

小波变换法<sup>[3]</sup>。

邻域平均法是以图像模糊为代价来减小噪声的,且模板尺寸越大,噪声减小的效果越显著。如果 $f(i,j)$ 是噪声点,其邻近像素灰度与之相差很大,采用邻域平均法就是用邻近像素的平均值来代替它,这样能明显削弱噪声点,使邻域中灰度接近均匀,起到平滑灰度的作用。因此,邻域平均法具有良好的噪声平滑效果,是最简单的一种平滑方法。该算法简单,而且计算速度快,缺点是造成图像一定程度上的模糊<sup>[4]</sup>。

中值滤波法采用非线性平滑技术,将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内所有像素点灰度值的中值,即让周围的像素值接近真实值,从而消除孤立的噪声点。中值滤波运算简单且速度快,在滤除椒盐噪声的同时能很好地保护图像的边缘、锐角等细节信息,应用广泛,但其对高斯噪声的抑制能力较弱。

图像间的平均滤波即多幅图像平均法。如果在图像上的噪声是随机的,具有零均值的随机噪声时,把同一目标的 $N$ 次重复摄取的图像相加,取平均值作为输出图像,可对噪声进行平滑。期望值是无噪声的理想图像,但是相加时图像要对准,因为目标的运动或摄像装置移动时的客观影响,导致在实际的应用中严格对准是非常难实现的<sup>[5]</sup>。

小波变换法是近年来发展起来的。在此前,傅里叶变换一直以来都是信号处理的主要手段,但它只能获得信号的整个频谱而难以得到信号的局部特性,不能完全处理时变、非平稳信号。小波变换是一种全新的时频分析方法,也就是信号的时间、频率分析方法,其具有多分辨率分析的特点,在时、频两域都具有表征信号局部特征的能力,弥补了傅里叶变换的不足。近年来,基于小波变换的图像去噪方法,由于其良好的滤噪效果引起了广泛的关注。

很多情况下,椒盐脉冲噪声与高斯噪声在图像中是同时出现的,被称为混合噪声。单一某种去噪方法通常只对某一类噪声的滤除较为有效:中值滤波特别适用于椒盐脉冲噪声的滤除,而对高斯噪声滤波效果差,仅起到一定程度的平滑作用;小波变换法去噪对高斯噪声滤除效果比较好,而对椒盐脉冲噪声的去噪效果比较差。对于混合噪声,单独使用二者中的某一种方法都得不到很好的效果。为此,提出一种基于自适应中值滤波与小波变换法相结合

的改进型图像去噪算法,此改进型算法充分利用了中值滤波去除椒盐脉冲噪声和小波去噪法去除高斯噪声的各自优势,使得图像去噪效果无论是视觉感官上,还是信噪比性能都有了明显的改善。

## 2 改进型图像去噪算法

改进型图像去噪算法首先通过极值检测分离脉冲噪声和高斯噪声,然后对脉冲噪声应用自适应中值滤波加以去除,通过小波阈值滤波对高斯噪声进行滤除。改进型图像去噪算法流程为:根据脉冲噪声的极值特性,分离出图像中的脉冲噪声,采用中值滤波进行过滤;对于高斯噪声,将图像变换到小波域,应用小波阈值滤波过滤<sup>[6]</sup>。改进型图像去噪算法的主程序流程图见图1所示。

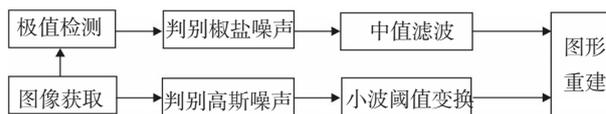


图1 主程序流程图

### 2.1 中值滤波法完成平滑滤波

在空间域中可以利用中值滤波法模糊处理和减少椒盐脉冲噪声,从而达到减小图像灰度的尖锐变化,起到平滑灰度的作用,具有良好的噪声平滑效果。其本质是一种非线性平滑滤波:它以排序统计为基础,将某像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内所有像素点灰度值的中值。一般采用二维中值滤波,原理是设取某种结构的二维滑动模板,将模板内的各像素进行大小排序,生成单调上升或下降的二维数据系列,具体流程是:(1)将平滑模板在图片中依次移动,使模板中心与图片中的某个像素的位置重合;(2)读取与平滑模板对应的各像素的灰度值;(3)将这些灰度值从小到大排序;(4)找出中间值赋给对应平滑模板中心位置的像素,让与区域周围像素值接近的值取代与周围像素灰度值的差别比较大的像素的灰度值,从而可以消除孤立噪声点<sup>[7]</sup>。二维中值滤波的输出公式为

$$U(x,y) = med(f(x-m,y-n)), m,n \in W \quad (1)$$

式中, $W$ 为二维模板; $U(x,y)$ 为原始图像; $f(x,y)$ 为处理后图像。

#### (1) 检测要素

椒盐脉冲噪声是一些灰度值很小或灰度值很大

的污染点,认为是其相邻域中的灰度极值点。中值滤波法中有两个关键检测:检测极值和检测边界及灰度平滑过渡区域。根据污染点的灰度值来判断该像素是否为脉冲噪声点<sup>[4]</sup>,在检测出窗口内极值点的基础上,常利用5×5或3×3窗口内的邻域信息进一步区分椒盐脉冲噪声点和灰度平滑区域点、强边缘点<sup>[8]</sup>。

### (2) 滤波窗口的调整。

根据噪声污染程度的不同,滤波窗口的大小也随之改变。令噪声点坐标  $A(m, n)$ , 初始滤波窗口  $V$  的大小为  $a \times a$ , 窗口内的噪声点个数为  $m$ , 则滤波窗口内受污染的程度  $p$  可表示为:  $a \times a$  和  $m$  的函数。先根据污染程度设定阈值,若  $p$  小于阈值,则采用该滤波窗口对噪声点  $A(m, n)$  进行中值滤波,否则扩大滤波窗口重新计算  $p$ , 初始窗口一般选5×5或3×3窗口,考虑到实际滤波效果,设置窗口也可为7×7。常用的5×5平滑模板如图2所示。

$$\frac{1}{25} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

图2 5×5平滑模板

### (3) 阈值选取。

阈值选取要适中:阈值过大,造成噪声点漏检现象;阈值过小,会将非噪声点误判为噪声点,造成误检。一般情况下,对细节信息丰富的图像,阈值设置较大,而对具有平滑区域的图像,该阈值可相对较小。

## 2.2 变换域小波变换去掉高斯噪声

变换域小波域去噪是利用信号和噪声在小波系数上存有差异这一特点实现的。图像边缘对应的小波系数极大值随着分解尺度的增大而增大,而噪声(以白噪声为例)对应的小波系数极大值随着尺度的增大而减小。即当分解尺度增大到某个尺度时,绝大部分白噪声对应的小波系数极大值因衰减而消失,该情况说明信号的能量集中于少数较大的系数上,而噪声则主要表现为小系数。因此,通过选取合适的阈值,将绝对值小于阈值的小波系数作为噪声去除,从而达到去噪的目的<sup>[9]</sup>。

### (1) 小波基函数的选取

对含有噪声的图像进行小波变换,首先要选择

合适的小波基函数。小波基函数的选取主要考虑以下几个因素:①遵守正交性原则:能有效去除信号的相关性;②遵守支撑集性原则:避免滤波过程的截断误差,保证空间局部性优良性;③遵守对称性原则:减小量化误差,避免信号失真;④遵守正则性原则:度量小波函数的光滑性,使量化误差最小化。

### (2) 小波域阈值选取

小波的不同分辨层次所体现的多分辨率特性使得图像的轮廓信息可以在低分辨率下通过提取边缘信息来获得,纹理信息则可在较高的分辨率下表现。所以,小波域图像去噪能更多地突出图像的边缘特性。

实验选用小波域阈值去噪方式来分离信号和噪声。由小波变换的特性可知,图像的噪声信息和细节信息主要集中于高频,这里采用小波系数阈值去噪。

小波域阈值法去噪过程是:将目标图像经过小波分解后,选取一个合适的阈值,所有绝对值小于小波系数被划为“噪声”,其灰度值用零代替。超过阈值的小波系数的数值用阈值缩减后再取值,缩减方法有软阈值法和硬阈值法。这两种方法都是去除小幅值的系数,对幅值较大的系数进行收缩或保留。

硬阈值法是保留绝对值大于阈值的小波系数,达到保留图像边缘等局部特征的目的。硬阈值函数的表达式为

$$N_{i,j} = \begin{cases} w_{i,j}, & \text{when } |w_{i,j}| \geq \delta \\ 0, & \text{when } |w_{i,j}| < \delta \end{cases} \quad (2)$$

软阈值法是收缩处理绝对值大于阈值的小波系数,减小这些系数,该方法有效克服了硬阈值法中的处理困难,处理结果相对显得平滑。软阈值函数的表达式为

$$N_{i,j} = \begin{cases} \sin gn(w_{i,j})(|w_{i,j}| - \delta), & \text{when } |w_{i,j}| \geq \delta \\ 0, & \text{when } |w_{i,j}| < \delta \end{cases} \quad (3)$$

式中,  $N_{i,j}$  为去噪后的噪声;  $w_{i,j}$  为含噪声的小波系数。

去噪的效果取决于阈值的选取,合适的阈值既能保留了较完整的图像信息,又能消除掉高频噪声的影响。在处理二维数据时,调整应用阈值公式为<sup>[10]</sup>

$$\delta = c \times \sigma \times \sqrt{2 \lg N} \quad (4)$$

式中,  $c$  为可变参数;  $N$  为像素个数;  $\sigma$  为噪声方差。

### 3 实验仿真与数据分析

针对512×512大小的Wheel图像,分别利用传统的中值滤波算法和改进型滤波算法对该图像进行了去噪处理。滤波窗口大小取5×5,改进型算法中的采用小波框架变换,具有很好的冗余性和平移不变性,并且使得每一级的低频部分和高频部分都具有和原图像一样的尺寸,因此更适合用于图像去噪。

#### 3.1 信噪比指标测量

峰值信噪比(PSNR)是基于图像像素灰度值进行统计和平均计算,采用峰值信噪比(PSNR)作为衡量去噪效果的测量指标,其计算公式为

$$PSNR = 10 \lg \frac{255^2 \cdot N \cdot M}{E\{[F'(x, y) - F(x, y)]^2\}} \quad (5)$$

式中, $F(x, y)$ 表示原始图像; $F'(x, y)$ 表示去噪后的图像; $N \times M$ 为图像大小。

#### 3.2 噪声参数的设置

实验中,对多幅标准图像进行测试,分别对各图像加入不同的噪声<sup>[11]</sup>。选用sym4作为小波母函数,对图像分别用软、硬阈值去噪的算法,并将软、硬阈值在不同噪声水平的去噪效果作比较。表1是含有不同程度噪声的标准图像通过传统的中值滤波法及软、硬阈值(改进型)去噪后的信噪比对照表。

表1 信噪比对照表

图像	去噪方法	$\sigma = 0.01$	$\sigma = 0.05$	$\sigma = 0.2$
Wheel	中值滤波	29.12	28.03	26.53
	软阈值+中值滤波(改进型)	33.04	32.11	31.16
	硬阈值+中值滤波(改进型)	34.40	33.26	32.13

#### 3.3 结 论

- (1)随着噪声的提高,软硬阈值去噪效果越来越接近;
- (2)硬阈值的去噪效果好于软阈值去噪效果;
- (3)噪声干扰越大,改进型的算法与传统的中值

滤波算法的PSNR差距越明显;

- (4)改进后的图像处理方法,保留了更多的细节信息如:原图像中明显的几何特征,细小的纹理结构也得到了较好的恢复。

实验的原始图像、含噪声的图像、降噪后的图像对比如图3所示。



(a) 原始图像

(b) 含噪声的图像

(c) 改进型算法降噪后的图像

图3 降噪前后的图像对比

### 4 结束语

基于自适应中值滤波与小波变换法相结合的改进型图像去噪算法,可较好地保护图像的细节纹理特征,图像的对比度、信噪比得到明显提高,尤其是

低灰度值边缘信息保持良好,因此去噪后的图像比较清晰,可以真实地反映原始图像本来面目<sup>[12]</sup>。另外该算法在去噪时间、能量保持方面具有很强的优势,是一种有效的图像去噪方法,因此在图像侦察、医疗影像诊断等场合中也具有很大的应用价值。

(下转第76页)

- [2] 王彦吉, 宋增福. 光谱分析与色谱分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 1995.
- [3] 陈瀑, 楮小立, 田松柏. 分子荧光光谱在原油分析中的应用概述[J]. 现代科学仪器, 2012, 1(1): 129-133.
- [4] 汪渊, 刘蓉, 宁斌科, 等. 硝化棉的热分解机理[J]. 含能材料, 1998, 6(4): 157-167.
- [5] 王文俊, 左洋, 李永红, 等. 精制棉与硝化工艺对硝化棉含氮量及其分布均匀性的影响[J]. 兵工学报, 2010, 31(10): 1363-1371.
- [6] 刘吉平. 火炸药及其化学基础[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988.
- [7] 《发射药理化分析》编写组. 发射药理化分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.
- [8] 吴晓军. GPC法测定双基火药中硝化棉含量的研究[J]. 华北工学院学报, 1999, 20(1): 76-78.
- [9] Cunningham A F, Heathcote C, Hillman D E. Gel permeation chromatography of nitrocellulose[J]. Chromatogr Sci., 1980, 13: 173-96.
- [10] Maarten R van Bommela, Alexander M Wallert, et al. High-performance liquid chromatography and non-destructive three-dimensional analysis of early synthetic dyes[J]. Journal of Chromatography A, 2007, 1157: 260-272.
- [11] 童国忠, 陈奇毅, 熊国刚. 凝胶色谱法分析涂料树脂[J]. 上海涂料, 2003, 41(6): 28-233.
- [12] 许金钧, 王尊本. 荧光分析法[M]. 北京: 科技出版社, 2006.

(上接第63页)

### 参考文献

- [1] CHAN R H, CHUNG W H, NIKOLOVA M. An interactive procedure for removing random-valued impulse noise [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2004, 11(12): 921-924.
- [2] CHAN R H, CHUNG W H, NIKOLOVA M. Salt and pepper noise removed by median type noise detectors and detail preserving regularization [J]. IEEE transaction on Image Processing, 2005, 14(10): 1479-1485.
- [3] 王秀芳. 数字图像的噪声及其去噪的几种方法研究[J]. 黑龙江科技信息报, 2010, 28(6): 53-55.
- [4] 李杰. 基于边缘光流法向分量的运动区域划分[J]. 北京理工大学学报, 2011, 21(4): 452-455.
- [5] 黄福珍, 苏剑波. 人脸检测[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2006: 137-146.
- [6] 徐世伟, 张威. 基于FPGA实时红外图像自适应线性增强算法的实现[J]. 光电技术应用, 2009, 24(6): 67-68.
- [7] 岑峰, 戚飞虎, 陈茂林. 长期视频监控系统的分布模型差方法[J]. 红外与毫米波学报, 2002, 21(1): 59-63.
- [8] 侯志张, 韩崇昭. 基于像素灰度归类的背景重构算法 [J]. 软件学报, 2005, 16(9): 1568-1576.
- [9] 胡敏, 石美, 汪荣贵. 一种具有抗噪性的图像分割方法[J]. 计算机工程, 2011, 37(8): 231-232.
- [10] 官国仕, 陈劲松. 数字图像的小波去噪方法研究[J]. 绵阳师范学院学报, 2010, 29(8): 93-95.
- [11] 于雪莲, 宋洋, 刘晓红. 运动目标检测和目标区域的估算[J]. 计算机学报, 2011, 44(5): 119-120.
- [12] 陶文兵, 金海. 一种新的基于图谱理论的图像阈值分割方法[J]. 计算机学报, 2007, 30(1): 110-119.

(上接第72页)

所设计电路产生频率增益不平坦、相位失真等导致电路发生振荡、下冲问题。通过对电路中电参量波形的测量, 可为电路优化设计提供可靠的数据基础及理论依据。

### 参考文献

- [1] 唐益文, 史琳. 基于OrCAD/PSpice的波形发生电路设计仿真[J]. 山西电子技术, 2011(1): 27-29.
- [2] 占建明, 汶德胜, 王宏, 等. 瞬变光探测系统前置放大电路的设计[J]. 红外, 2011, 32(3): 14-18.
- [3] 何初冬, 邱琪. 短脉冲激光信号接收灵敏度的研究[J]. 光电技术应用, 2009, 24(2): 37-39.
- [4] Jerald Graeme . Photodiode amplifiers op AMP solutions[M], 1995: 31-49.
- [5] 刘日龙, 殷德奎. 激光干涉仪光电检测电路的设计[J]. 半导体光电, 2010, 31(2): 284-287.
- [6] 张正茂, 陈峰. 光电探测放大器的噪声分析[J]. 光电技术应用, 2012, 27(3): 37-40.
- [7] 张奕雄, 吴浚浩, 洪正滨. 通信电子线路PSpice仿真的研究与实现[J]. 通讯设备, 2010(11): 94-96.