

一种新的维纳滤波图像去高斯噪声算法^①

陈乃金 周鸣争 潘冬冬 (安徽工程科技学院 计算机科学与工程系 安徽 芜湖 241000)

摘 要: 首先介绍了几种常用图像平滑方法的原理及其存在缺陷,然后提出了用一种新的维纳滤波的方法对图像进行平滑。实验结果表明该方法弥补常用的平滑滤波器对受高斯噪声污染的图像的平滑处理效果差的缺陷,并且获得好的效果。

关键词: 图像平滑; 平滑滤波器; 维纳滤波; 自适应平滑; 高斯噪声

A New Image Gaussian Denoising Algorithm Based on Wiener Filtering

CHEN Nai-Jin, ZHOUMing-Zheng, PAN Dong-Dong

(Department of Computer Science and Engineering Anhui University of Technology and Science, Wuhu 241000, China)

Abstract: This paper describes the principle of several common image smoothing methods and introduces its shortcomings, and then proposes the new Wiener filtering method of image smoothing. Experimental results show that this method can make up for the defects that the commonly used smoothing filter has in smoothing images polluted by gaussian noise and has obtained good results.

Keywords: image smoothing; smoothing filter; wiener filter; novel adaptive smoothing; gaussian noise

在拍摄和传输过程中,图像往往因各种因素被加入大量噪声,这不仅严重影响了图像的视觉效果,同时也给以后的图像分析和理解带来一定的困难,因此在图像预处理中图像平滑是非常重要的环节,平滑质量的好坏直接影响到后续处理。

1 引言

传统的图像平滑算法如噪声门限滤波、均值滤波、中值滤波和掩模平滑滤波等,由于不考虑图像的高频边缘部分,其平滑结果等价于对图像的全频域的平滑滤波过程,所以在去噪的同时使图像变的模糊甚至破坏了图像的边缘。维纳滤波实际上是一种对频率域进行筛选掩盖的一个噪声比过滤的图像平滑滤波过程,其特点在于保留了图像高频部分的图像边缘细节,同时又能对图像的低频部分进行平滑消噪^[1,2]。

2 常用几种图像平滑滤波算法介绍及不足^[3-6]

空间域图像平滑滤波中最常用的平滑滤波去噪算

法有平滑线性滤波法,统计排序滤波法,结合了平滑线性滤波和统计排序滤波特质的门限滤波法,其典型代表分别为邻域平均滤波法,邻域中值滤波法和噪声门限滤波器。

2.1 邻域平均滤波法

邻域平均法是一种空间域局部处理算法。其原理是:不论当前处理的点是否为噪点,均直接以其邻域的像素点的灰度均值来代替当前像素灰度值。对于位置 (i, j) 处的像素,其灰度值为 $f(i, j)$,平滑后的灰度值为 $g(i, j)$,则 $g(i, j)$ 由包含 (i, j) 邻域的若干个像素点的灰度平均值所决定,即用(1.1)式得到平滑的像素灰度值。

$$g(i, j) = \frac{1}{M} \sum_{(x, y) \in A} f(x, y) \quad x, y = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

式中, A 表示以 (i, j) 为中心的邻域点的集合, M 是 A 中像素点的总数。邻域平均平滑滤波在抑制随机噪声的平滑效果好,但是由于平滑效果受到窗口设定的影响,窗口直径增大的同时平滑效果增加但模糊失

① 基金项目:安徽省教育厅自然科学基金(KJ2007B247);芜湖市科技计划(芜科计字[2009]190号)

收稿时间:2009-10-09

真也急剧增加。

2.2 邻域中值滤波法

邻域中值滤波采用一个含有奇数个点的滑动窗口,用窗口中各点灰度值的中值来替代窗口中心像素点的灰度值。对于一个以为序列 $f_1, f_2, \dots, f_n$, 取窗口长度为 m , m 为奇数。对此序列进行中值滤波,就是从输入序列中顺序取出 m 个元素, $f_{i-v}, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_{i+v}$, 其中 i 为窗口中心位置, $v=(m-1)/2$, 将这 m 个元素按照数值大小排列,位于正中间的那个数值作为滤波输出。数学式表达为:

$$g = \text{Med}\{f_{i-v}, \dots, f_i, \dots, f_{i+v}\} \quad i \in \mathbb{Z}, v = \frac{m-1}{2} \quad (2)$$

式中, $\text{Med}\{\dots\}$ 表示取有序序列的中值。对于二维序列 $\{f_{ij}\}$ 进行中值滤波时,滤波窗口也是二维的,将窗口内像素排序,声称单调数据序列 $\{x_{ij}\}$, 二维中值滤波结果为:

$$g_{ij} = \text{Med}\{x_{ij}\} \quad (3)$$

在一定条件下,邻域中值滤波可以克服线性滤波器所带来的图像细节模糊失真,但对一些细节多,特别是点、线、尖顶细节多的图像不宜采用中值滤波的方法。邻域中值滤波对椒盐噪声有明显的抑制作用,但对随机加性噪声平滑的效果不好,而且邻域中值滤波在平滑时候对图像的模糊作用要明显小于邻域均值滤波。

2.3 噪声门限滤波法

噪声门限法是一种简单易行的噪声消除方法,它对于因传感器或者信道引起的呈现孤立的离散分布的单点噪声具有较好的效果。运用噪声门限法进行图像平滑时,首先设定门限值,然后顺序检测图像的每一个像素,将该像素与其邻域内的其他像素进行比较判断,以确定是否为噪声点;若为噪点,则以其邻域内的其他像素灰度的平均值替代,否则,以原灰度值输出。

假设像素 (i, j) 处的灰度为 $f(i, j)$, 以该像素为中心取一个 $N \times N$ 的窗口 ($N=3, 5, 7, \dots$), 该窗口内的像素点组成的集合记为 A , 定义灰度差门限值 T 、误差计算器 **Counter** 和计数器门限值 Y 。对每个窗口,误差计数器 **Counter** 的初值都为 0。对集合 A 中的每一个像素点 (i', j') 的灰度 $f(i', j')$, 若满足

$$\varepsilon(i', j') = |f(i', j') - f(i, j)| \geq T \quad (4)$$

则误差计数器 **Counter** 加 1。位置 (i, j) 处的平滑输出为:

$$g(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{Counter} < Y \\ \frac{1}{N^2 - 1} \sum_{(i', j') \in A(i, j)} f(i', j') & \text{Counter} \geq Y \end{cases} \quad (5)$$

噪声门限滤波法的优点是算法简单,执行效率高,滤波效果和保留图像细节程度随参数的设定而变化;但对连续的平稳噪声平滑效果不好,并且还有一个缺点是噪声门限参数设置比较死板,自适应能力差。

3 一种新的维纳滤波算法在图像平滑去噪中应用与实现

维纳滤波是诺伯特·维纳在二十世纪四十年代提出的一种滤波器,即假定线性滤波器的输入为有用信号和噪声之和,两者均为广义平稳过程且知它们的二阶统计特性,根据最小均方误差准则(滤波器的输出信号与需要信号之差的均方值最小,求得最佳线性滤波器的参数的滤波器,这种滤波器被称为维纳滤波器^[7]。

3.1 维纳滤波理论简介

维纳滤波理论用于解决最小均方误差下的线性滤波问题。假设认为被噪声污染的图像信号为原图像信号和平稳随机噪声信号的叠加,即

$$x(n) = s(n) + w(n) \quad (6)$$

维纳滤波器的设计目的就是滤除按照统计方式干扰信号的噪声。维纳滤波器具有以下一些特点:①假设:信号以及附加噪声都是已知频谱特性或者自相关和互相关的随机过程,②性能标准:最小均方差,③能够用标量的方法找到最优滤波器。

维纳滤波的过程也可以如下图 1 表示:

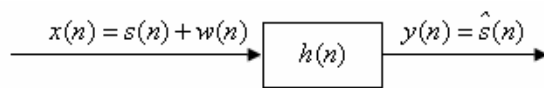


图 1 维纳滤波过程表示

上图中,输出量为:

$$y(n) = h(m) * x(n) = h(m) * (s(n) + w(n)) \quad (7)$$

其中 $h(m)$ 是维纳滤波器,输入是 $x(n)$, $s(n)$ 是要估计的原始信号, $w(n)$ 是噪声。

我们希望在结果中得到被滤除了噪声信号 $w(n)$ 的有用信号 $s(n)$ ，在经过了维纳滤波处理之后输入信号 $x(n)$ 可以获得输出信号 $y(n)$ ，然而我们希望输出得到的 $y(n)$ 与有用信号 $s(n)$ 尽量接近，称 $y(n)$ 为 $s(n)$ 的估量值。

3.2 基于维纳滤波思想的图像平滑算法设计

基于维纳滤波思想的图像平滑算法能保留图像的边缘不因被平滑模糊而损失图像信息，所以这种算法不应该对图像高频部分进行平滑滤波，我们对图像的高频部分进行屏蔽，然后进行滤波。

一般地,对噪声的描述采用统计意义上的均值与方差。设图像信号的二维灰度分布为 $f(x,y)$ ，则噪声用 $n(x,y)$ 来表示,M 和 N 分别为图像的行数和列数。噪声的均值表明了图像中噪声的总体强度，噪声的均值和方差计算公式如^[4-6]：

$$\bar{n} = E[n(x,y)] = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N n(x,y) \tag{8}$$

噪声的方差的计算公式如下：

$$\sigma_n^2 = E\{[n(x,y)] - \bar{n}\}^2 = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N [n(x,y) - \bar{n}]^2 \tag{9}$$

考虑到图像的不规则性,我们对如图所示的 9 个模板所覆盖区域中的像素,分别计算各个模板方差和所有模板方差平均值,并求出其比值,再用该比值和平均灰度,当前像素灰度结合求出图像中每一个新的像素值,再用新的像素值去修正含有噪声的像素点,发现效果较好。

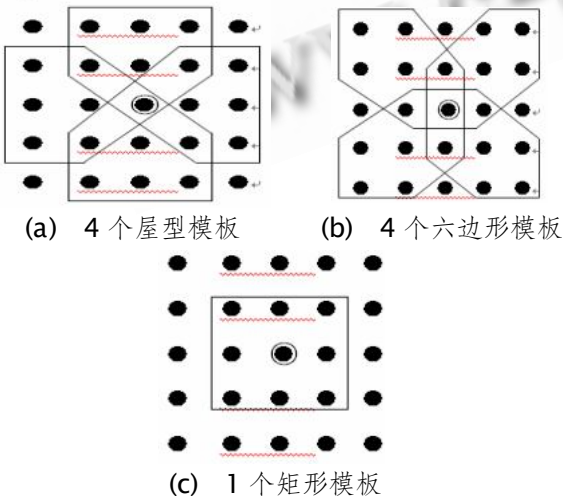


图 2 9 种不同形状的平滑处理模板

本文方法避开对图像边界的平滑处理，从而可以减少图像的模糊。一般维纳滤波方法是使得去噪后的图像 $f(x,y)$ 与 $f(x,y)$ 的方差最小，而本文对维纳滤波算法做了优化，具体设计的算法如下：

1) 以“O”包围的像素 $f(x,y)$ 为中心，计算噪声污染图像模板 $(2N-1) \times (2N-1)$ (N取奇数,本文 $N=3$ ，共 9 个模板,如图二所示)中的所有 9 个模板像素点的灰度平均值，9 个模板方差及均值。当前每个模板的每一个像素的修正值=当前像素点的 $f(x,y)$ -该模板像素点的灰度平均值；当前每个模板的方差的修正值=当前模板方差-9 个模板方差均值。

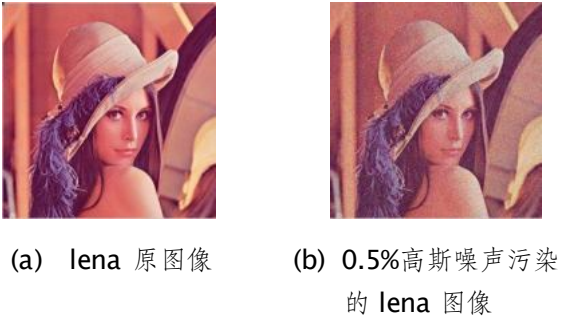
2) 计算每个模板噪声功率系数 K =(当前模板方差-9 个模板方差均值)/ 当前模板方差，由 K 的值大小分别定位每个模板噪声含噪声的大小，依次从大到小处理。将所选择出的模板中像素的灰度值 $\bar{f}(x,y)$ =9 个模板像素点的灰度平均值+当前像素点灰度值/K 代替 $f(x,y)$ 。

3) 对图像所有处于滤波范围内的像素点均进行重复循环相同的处理。

3.3 实验结果与分析

为了验证文中算法的有效性，我们在 Windows XP 系统下，用 Matlab2009a 作为实验环境中实现了上述的四种算法^[8,9]。在这里给出了用文中维纳滤波算法、邻域平均滤波法及邻域中值滤波法，噪声门限滤波法对大小为 256×256 像素,对受方差为 0.5%的高斯噪声污染的 24 位真彩色 lena 图像进行平滑比较，结果如图 3 所示。从图中可以看出,文中算法的主观视觉效果明显优于其它两种算法,不仅滤除了所有的噪声,且在边缘细节的保持上有优势。

同时我们求出了四种滤波方法对受方差为 0.5%的高斯噪声污染的图像进行平滑结果信噪比,如表 1 所示：

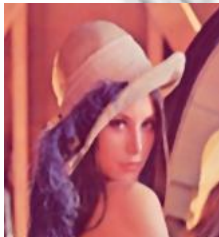




(c) 邻域平均滤波法 处理后 lena 图像



(d) 邻域中值滤波法 处理后 lena 图像



(e) 噪声门限滤波法处理后 lena 图像

(f) 窗口 3×3 本文算法 (g) 窗口为 7×7 本文算法 处理后的图像

图 3 算法实现结果的比较

平滑方法	处理结果信噪比
邻域平均滤波法	3.9436
邻域中值滤波法	4.1499
噪声门限滤波	3.3952
本文的方法	4.3153

表 1 的实验结果表明，在四种平滑方法处理受到方差为 0.5% 的高斯噪声污染的图像的结果中维纳滤波的信噪比值为 4.3153，信噪比越大表明算法在图像低频区域噪点抑制方面越好，且在图像边缘细节部分细节保留也比较好。

3 结语

本论文对数字图像处理高斯噪声的滤除进行了研究。发现用本文的方法去除该类噪声具有一定的优势，效果较好，而且算法，简单易于实现，该方法在图像预处理方面具有一定的适用价值。

参考文献

1 Sze CJ, Liao M, Fan KC. A New Image Flux Conduction Model and Its Application to Selective Image Smoothing. IEEE Transactions on Image Processing, 2001,10(2):296 – 306.

2 Tuzikov AV, Sheynin SA. Symmetry Measure Computation for Convex Polyhedra. Journal of Mathematical Imaging and Vision, 2002,16(1):41 – 56.

3 Jain A. 数字图像处理基础. 北京:清华大学出版社, 2006.228 – 233.

4 陈纯. 计算机图像处理技术与算法. 北京:清华大学出版社, 2003.75 – 95.

5 朱虹,等. 数字图像处理基础. 北京:科学出版社, 2005.84 – 100.

6 Duncan DYP, Do MN. Directional multiscale modeling of images using the contourlet transform. IEEE Trans. Images process, 2006,15(6):1610 – 1620.

5 张德丰,张葡青. 维纳滤波图像恢复的理论分析与实现. 中山大学学报(自然科学版), 2006,45(6):45 – 47.

6 Wang LP, Rajapaksej C, Fukushima K. Speckle reduction using Wiener filtering in wavelet domain. Proc. of the 9th International Conference on Neural Information Processing. Singapore: IEEE Computer Society, 2002,(2):792 – 795.

7 Wiener Norbert. Extrapolation, interpolation, and smoothing of stationary time series: with engineering applications. Cambridge: Technology Press of Mass. Institute of Technology, 1950.

8 徐东艳,孟晓刚. Matlab 函数库查询辞典. 北京:中国铁道出版社, 2006.569 – 606.

9 孙兆林. MATLAB6X 图像处理. 北京:清华大学出版社, 2000.64 – 228.