

一种基于图像增强的图像滤波方法

康 牧^{1,2} 王宝树¹

(1 西安电子科技大学计算机学院,西安市太白南路 2 号,710071)
(2 洛阳师范学院信息技术学院,洛阳市龙门路 71 号,471022)

摘 要:针对传统图像滤波算法在滤除噪声的同时也会丢失掉一些图像细节信息的缺点,提出了一种基于图像增强的滤波算法。该算法根据待检测像素周围 3×3 邻域的像素平均灰度值和待检测像素的梯度值,并结合人眼视觉特性自适应地生成动态阈值。该算法能够在抑制噪声的同时,增强图像的对比度和图像边缘信息。

关键词:图像滤波;图像增强;自适应阈值

中图法分类号:P237.3

图像在形成、传输、接收和处理的过程中,由于通过的传输介质的实际性能和接收设备性能的限制,不可避免地存在着外部干扰和内部干扰,因此会产生各种各样的噪声^[1,2]。目前,国内外已有许多关于滤除图像噪声的研究成果^[3-6]。这些研究所提出的滤波器在性能上都比传统的滤波器有所改善,但都是无选择或去区别地对所有输入样本进行滤波处理。无选择或去区别地对每个像素进行滤波处理必然会损失图像的某些原始信息。因此,另一类图像滤波方法是在滤波处理中加入判断,即首先检测图像的每个像素点是否受到污染,然后再有选择地进行滤波,输出结果是在原像素灰度和滤波结果之间进行切换^[7]。这些方法在判断和滤除噪声的过程中还存在一定的缺陷,如对于较亮或较暗的图像,会产生较多的噪声误判和漏判;同时,也使得算法的计算量明显增加,影响了滤波效果和速度。同时,这些算法都没有考虑人眼的视觉特性^[8,9]。本文提出了一种基于图像增强的图像滤波方法,根据人眼的视觉特性,利用待检测点周围 3×3 邻域像素灰度值的平均值作为参数,根据待检测像素所处灰度区间及像素梯度值的不同,在对噪声进行抑制的同时,增强图像对比度和边缘信息。该方法可以有效地去除噪声点,尽可能地保留和增强图像的细节信息,且对较亮或较暗的图像均适合。与其他算法相

比,本文提出的算法适用的图像范围更广,具有更好的滤波性能。

1 基于图像增强的图像滤波方法

文献[10]提出了一种图像增强的简单算法,可以表示为:

$$F'(i,j) = \alpha A(i,j) + \eta + \beta [F(i,j) - A(i,j)] \quad (1)$$

式中, $F(i,j)$ 和 $F'(i,j)$ 分别表示原始图像和处理后图像的像素灰度值; $A(i,j)$ 是以 (i,j) 为中心的 $n\times n$ 窗口的像素灰度值算术平均值; α 、 β 和 η 是实数。

文献[11,12]提出了实现的新方法,通过对灰度函数进行归一补变换来简化算法。灰度函数归一补变换定义为:

$$\bar{f} = 1 - (f/M) \quad (2)$$

式中,灰度函数 f 的值域定义在 $[0,M)$ 区间,对于 8 bit 图像, $M=256$ 。简化后的算法可以表示为:

$$\lg(\bar{f}'(i,j)) = \alpha \lg(\bar{a}(i,j)) + \beta [\lg(\bar{f}(i,j)) - \lg(\bar{a}(i,j))] \quad (3)$$

式中, $\bar{f}(i,j)$ 和 $\bar{f}'(i,j)$ 分别是原始的和处理后的灰度函数; α 和 β 是实数。

$$\lg(\bar{a}(i,j)) = \frac{1}{n \times n} \left(\sum_{k=i-n/2}^{i+n/2} \sum_{l=j-n/2}^{j+n/2} \lg(\bar{f}(k,l)) \right) \quad (4)$$

本文利用式(2)~(4)的逆运算来增强图像,并充分考虑了人类视觉系统的韦伯法则及结构噪声掩模等视觉特性,根据图像特征自适应地生成 α 和 β 的值。

根据“视觉系统在边缘或结构化区域具有比平滑区域小的噪声敏感度”,可以使图像的局部对比度在细节部分增加得大一些,在平缓的部分小一些,即让式(3)中的参数 β 随着区域的空间变化率而改变。图像的梯度反映了图像的空间变化率,定义一个算子作用于原图像,然后得到梯度图像 $I_g[i,j]$ 。定义的算子如下所示:

$$p_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad p_{90^\circ} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$
$$p_{135^\circ} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{bmatrix}, \quad p_{45^\circ} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

水平方向偏导数为: $p_0[i,j]=I[i-1,j]-I[i+1,j]$ 。

垂直方向偏导数为: $p_{90^\circ}[i,j]=I[i,j-1]-I[i,j+1]$ 。

135°方向偏导数为: $p_{135^\circ}[i,j]=2 \times (I[i-1,j-1]-I[i+1,j+1])$ 。

45°方向偏导数为: $p_{45^\circ}[i,j]=2 \times (I[i+1,j-1]-I[i-1,j+1])$ 。

$$I_g[i,j] = \sqrt{p_0^2[i,j] + p_{90^\circ}^2[i,j] + p_{135^\circ}^2[i,j] + p_{45^\circ}^2[i,j]} \quad (5)$$

可以简化为:

$$I_g[i,j] = |p_0[i,j]| + |p_{90^\circ}[i,j]| + |p_{135^\circ}[i,j]| + |p_{45^\circ}[i,j]| \quad (6)$$

本文定义的算子,实验证明具有极强的噪声平滑能力,运算简单且速度快。

根据人眼视觉的灰度特性,在视觉分辨率高的区域,阈值设置得小一些,在视觉分辨率低的区域,阈值设置得大一些,也就是说相同的灰度差,在不同的区域有的被认为是边缘,有的被认为不是边缘。由实际经验和实验结果可知,在白色区域人眼分辨率最低,其次是黑色区域,再次是灰度值在127左右,而比较敏感的区域是灰度值在48和206之间。人眼对灰度值的敏感度不是随着灰度值的变化呈线性变化的,根据经验可知,采用抛物线计算阈值比较合理。在区域 $[0,48]$ 、 $(48,$

$206)$ 和 $[206,255]$ 中分别定义一个抛物线方程: $g(x)=ax^2+bx+c$ 。在区域 $[0,48]$ 中,当 $x=0$ 时, $g(x)=15$,当 $x=-48$ 时, $g(x)=4$,当 $x=48$ 时, $g(x)=4$,可计算出 $a=-0.001\,738$, $b=0$, $c=15$;在区域 $(48,206)$ 中,当 $x=127$ 时, $g(x)=10$,当 $x=48$ 时, $g(x)=4$,当 $x=206$ 时, $g(x)=4$,可计算出 $a=-0.000\,491$, $b=0.125\,635$, $c=-2.030\,474$;在区域 $[48,255]$ 中,当 $x=255$ 时, $g(x)=50$,当 $x=206$ 时, $g(x)=4$,当 $x=304$ 时, $g(x)=4$,可计算出 $a=-0.009\,579$, $b=4.885\,464$, $c=-595.896\,710$ (参数会有一些误差)。本文确定阈值的方法是基于人眼的视觉特性,对于所有的灰度图像都适用。检测阈值的公式为:

$$\text{threshold} = \begin{cases} -0.001\,738x^2 + 15, & 0 \leq x \leq 48 \\ -0.000\,491x^2 + 0.125\,635x - 2.030\,474, & 48 < x \leq 206 \\ -0.009\,579x^2 + 4.885\,464x - 595.896\,710, & 206 < x \leq 255 \end{cases} \quad (7)$$

为了在增强暗区域对比度的同时,也增强亮区域的对比度,要求式(3)中的 α 在暗区域里大于0小于1,而在亮区域里大于1。故式(3)中的 α 用式(8)来计算:

$$\alpha = 0.79 + \text{average}/142.0 \quad (8)$$

式中,average是待检测点的 3×3 邻域平均值。

这样,在暗区域,average的值较小,故 α 的值小于1,有利于增强暗区域的对比度;在亮区域,average的值较大,故 α 的值大于1,有利于增强亮区域的对比度。

为了在增强图像细节的同时抑制噪声,要求式(3)中的 β 在人眼视觉敏感区域大一些,有利于增强图像细节;在人眼视觉不敏感区域小一些,有利于抑制噪声。故式(3)中的 β 用式(9)式来计算:

$$\beta = I_g[i,j] \times 0.14 / \text{threshold} \quad (9)$$

式中,threshold是把average当作 x 代入式(7)计算出来的; $I_g[i,j]$ 是由式(5)式或(6)计算出的梯度值。

这样,在相同的灰度区域中,threshold的值相同,当待检测点的梯度值比较大时, β 的值较大,有利于增强边缘信息;当梯度值较小时, β 的值也较小,有利于抑制噪声。且对于相同的梯度值,在不同的灰度区域由于average的值不同,所计算得到的threshold值也不相同,从而所得到的 β 值也不同。在人眼视觉敏感区域threshold的值较小,则对于相同的梯度值 β 值较大,有利于增

强边缘信息;在人眼视觉不敏感区域 threshold 的值较大,则对于相同的梯度值 β 值较小,有利于抑制噪声。

2 实验与分析

本文算法是用于图像增强的,但它具有极强的抑制噪声的能力,也可以用来对图像进行滤波。对 Lena 图像用高斯滤波法、均值(3×3 邻域)滤波法、中值滤波法和本文方法进行滤波实验,实验结果如图 1(b)~1(e)所示,直接用肉眼很难看出

它们之间的区别,故必须用其他客观有效的方法来检测各种滤波算法的效果。

Canny 边缘检测算法^[13]在不进行去噪处理时对噪声非常敏感,且可以得到单像素边缘,从得到的边缘图像中更容易观察到各种滤波算法对噪声滤除能力的不同。故使用 Canny 边缘检测算法(不进行去噪处理)对实验所得到的每幅图像进行边缘检测,以验证各种算法滤波能力的不同。

对含有高斯白噪声(均值 $\mu=0$, 方差 $\sigma=20$)的 Lena 图像重做上述实验,各种算法的参数保持不变,实验结果如图 2 所示。

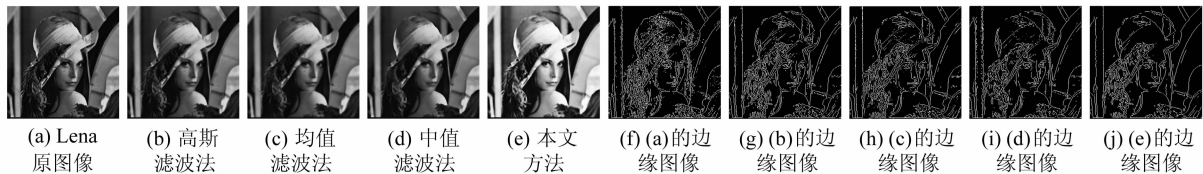


图 1 实验结果 1

Fig. 1 Results of Case One

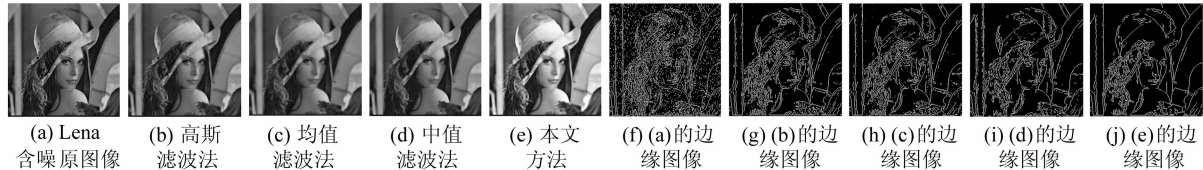


图 2 实验结果 2

Fig. 2 Results of Case Two

从图 1(b)~1(e)中均看不出是否有噪声点存在,也看不出图 1(b)~1(d)和图 1(a)在视觉上的差别(因为图像尺寸小,当图像尺寸较大时,可以看到图 1(b)、1(c)相对于图 1(a)有些模糊,图 1(d)的视觉效果较好),但图 1(e)的对比度明显要比它们高,视觉效果最好。而从图 1(g)~1(j)可以清楚地看出,原图像中左边白色柱子的边缘在不同的方法中有明显不同的效果,中值滤波法的这部分边缘最粗糙(因为图像中细节太多);其次是高斯滤波法,这部分边缘也比较粗糙(因为待检测点所对应的权值太大,故对噪声敏感);再次是均值滤波法,而本文方法这部分边缘最光滑细腻。另外,在原图像中,帽子的中部、面部以及图像右边中下部的白色区域和黑色区域中,图 1(g)~1(i)的这些区域中存在一些噪声点(当图像尺寸较大时,将会看得更清楚),而图 1(j)中的这些区域几乎没有噪声点。这说明本文算法不但去噪能力较强,而且可以提高图像的对比度和视觉效果,还可以保留和增强图像的边缘细节信息,是一种比较理想的图像去噪算法。

从图 2 中可以看出,图 2(b)和 2(c)的图像比较模糊,图 2(d)在图像尺寸较大时可以清楚地看到噪声点的存在,而图 2(e)和图 1(e)即使在图像比较大时也几乎看不出它们的差别。图 2(g)~2(i)与图 1(g)~1(i)相比,边缘要粗糙一些,且多一些噪声点,但图 2(j)和图 1(j)几乎没有多大的差别,只是图像中左边白色柱子的边缘稍微粗糙一些。这说明在有强噪声干扰的情况下,本文算法仍能保持良好的性能。

从图 1 和图 2 可以看出,本文提出的基于图像增强的图像滤波算法比高斯滤波算法、均值滤波算法和中值滤波算法效果要好。

3 结 语

本文提出了一种基于图像增强的图像滤波算法,该算法不但能有效地滤除噪声,而且能够保留和增强图像的边缘细节,还可以提高图像的对比度和视觉效果,同时完成去噪和增强图像两种功能。

参 考 文 献

[1] 韩晓微,范立南,李浚圣,等. 一种基于脉冲噪声检测的图像均值滤波方法[J]. 计算机工程与应用, 2004(27):102-104

[2] 张小义,陈东,韩晓广. 基于线性和非线性混合滤波器的噪声抑制技术[J]. 计算机工程与设计, 2004 (25):1 460-1 462

[3] 李弼程,彭天强,彭波,等. 智能图像处理技术[M]. 北京:电子工业出版社,2004

[4] 何东健,耿楠,张义宽,等. 数字图像处理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003

[5] 石振刚,高立群,葛雯,等. 一种基于模糊逻辑的图像自适应去噪算法[J]. 东北大学学报(自然科学版),2007,28(6):777-780

[6] 方玲,徐新. 一种基于小波分析的 SAR 图像斑点噪声滤波算法[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2001,26 (4):315-319

[7] 张艳华,李玲远. 基于 GCV 理论的小波自适应多阈值图像去噪方法[J]. 现代电子技术,2007(11):62-64

[8] 冷寒冰,王先,刘上乾,等. 基于人眼视觉特性的邻域自适应模糊增强算法[J]. 光电工程,2004,31 (1): 62-65

[9] 吴颖谦,方涛,李聪亮,等. 一种基于小波分析和人眼视觉特性的图像增强方法[J]. 数据采集与处理, 2003,18:17-21

[10] Lee J S. Digital Image Enhancement and Noise Filtering by Use of Local Statistics[J]. IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell,1980, 22(3):165-168

[11] Deng G, Cahill L W, Tobin G R. The Study of Logarithmic Image Processing Model and Its Application to Image Enhancement[J]. IEEE Trans on Image Processing,1995(4):506-512

[12] Deng G, Cahill L W. Multiscale Image Enhancement Using the Logarithmic Image Processing Model[J]. Electronics Letters,1993,29(9): 803-804

[13] Canny J. A Computational Approach to Edge Detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,1986, 8(6): 679-698

第一作者简介:康牧,副教授,博士生,研究方向为智能信息处理与模式识别。
E-mail: kmuwd@sina.com

An Image Filtering Algorithm with Image Enhancement

KNAG Mu^{1,2} WANG Baoshu¹

(1 School of Computer, Xidian University, 2 South Taibai Road, Xi'an 710071, China)

(2 Academy of Information Technology, Luoyang Normal University, 71 Longmen Road, Luoyang 471022, China)

Abstract: As traditional image filtering algorithm may lose some image detail information while eliminating noise, an image filtering algorithm based on image enhancement is proposed. In the algorithm, adaptively automatic threshold is calculated according to the mean value of the 3×3 area pixels around the detecting pixel and gradient of the detecting pixel and the human vision system(HVS). The algorithm can not only restrain noise, but also enhance the contrast with the edge of the image. By comparing the results of the new algorithm and those of other original image filtering algorithms, the new algorithm is outstanding.

Key words: image filter; image enhancement; adaptive threshold

About the first author: KANG Mu, associate professor, Ph. D candidate. His research interests include intelligent information and pattern recognition.
E-mail: kmuwd@sina.com