

扩展自适应中值滤波器的原理与实现

贾洪涛 朱元昌 王建华

(中国人民解放军军械工程学院光学与电子工程系, 石家庄 050003)

摘要 在图像处理领域中噪声滤除是图像预处理阶段一项必不可少的工作。在许多场合都会遇到高强度噪声的图像,特别是椒盐噪声的滤除非常困难。本文对空间域的常用噪声滤波技术的不足进行了分析,提出了一种新的滤波器技术——扩展自适应中值滤波器技术。该技术不仅继承了原自适应中值滤波器技术的优点,而且还弥补了它的不足,解决了高强度噪声干扰下图像的滤波问题,滤波效果相当理想。最后,给出了几种滤波技术的滤波效果比较图,验证了本文提出的滤波新方法对椒盐噪声的滤除能力。

关键词 滤波器 中值自适应 扩展 实现

中图分类号: TN911.73 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2004)08-0947-04

The Principle and Implementation for Extended Adaptive Median Filter

JIA Hong-tao, ZHU Yuan-chang, WANG Jian-hua

(Department of Optics and Electronics Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003)

Abstract Noise filtering is a necessary step on image pre-processing stage in digital image processing. In most situations we will deal with image noise with high density, especially it is very difficult for processing image corrupted by salt-and-pepper noise with high probabilities. In this paper, the disadvantage of normal noise filter working in spatial domain was analyzed, and a new filtering technique, that is, extended adaptive median filtering technique was proposed. The extended adaptive median filtering not only inherits the advantages from standard adaptive median filter, but also remedies the corresponding disadvantages. It resolves the filtering problem for image corrupted with high density, and derives reasonable perfective effect. Finally several resulting figures from filtering technique effect figures are presented to verify the new noise filtering technique developed in this paper.

Keywords filtering, median adaptive, extended, implement

1 引言

对从事图像处理的人来说,对图像进行平滑和去噪的预处理是图像处理的序曲。在大部分场合,对图像中的噪声能否有效地滤除直接影响着后续工作的进行。对于数字图像来说,主要噪声来源于图像获取(数字化)和传送过程中。图像传感器的性能受许多因素的影响,例如图像获取时的环境条件、传感器感光元件的质量等。若使用CCD摄像机获取图像,则光照亮度和传感器的工作温度是影响输出图像噪声多少的主要元素,另外传输中使用的电子通道接口也会产生噪声。对大多数图像处理应用系统来讲,噪声类型主要是高斯噪声和椒盐噪声等。

对噪声的滤除分为空间域方法和频率域方法。空间域的噪声滤除方法有均值滤波器、次序统计滤波器等等^[1,2]。次序统计滤波器是一种非线性空间滤波器,它首先对滤波滑窗所覆盖区域内的像素按灰度值的大小进行排序,然后用该队列排序后的结果来替换该像素的灰度值。最著名的次序统计滤波器是中值滤波器。正如它的名字一样,它使用当前像素邻域内所有灰度值的中值来替换该像素的灰度值。设原始图像为 $f(x, y)$,含有噪声的图像为 $g(x, y)$, S_{xy} 代表以当前点 (x, y) 为中心、窗口大小为 $m \times n$ 的矩形子窗口, $\hat{f}(x, y)$ 是 $f(x, y)$ 点 (x, y) 处的估计值,则有

$$\hat{f}(x, y) = \text{median}\{g(s, t)\}_{(s, t) \in S_{xy}}$$

这种中值的计算涉及到像素的原始值。它与同样模板大小的线性滤波器相比,不仅对某些类型的随机噪声具有出色的去噪能力,而且还减少了细节模糊,特别是对脉冲噪声(椒盐噪声)的滤除效率极高,因此得到了相当广泛的应用。

2 自适应中值滤波器的原理

中值滤波器只要在脉冲噪声的空间密度不大(根据经验灰度值较低的椒盐噪声概率 P_a 和灰度值较高的椒盐噪声概率 P_b 小于 0.2)时滤波效果是不错的。而自适应中值滤波器^[3]可以处理噪声概率更大的脉冲噪声。它的另外一个好处就是在平滑非脉冲噪声图像时能够保持图像的细节,这是传统中值滤波器做不到的。它的滤波方式和传统的中值滤波器一样,都使用一个矩形区域的窗口 S_{xy} 。不同之处是在滤波过程中,自适应中值滤波器会根据一定的设定条件改变(即增加)滤窗 S_{xy} 的大小。这样,用滤波器的输出值来替代像素 (x, y) 处(即目前滤窗中心的坐标)的值。

定义

z_{\min} 是在 S_{xy} 滤窗内灰度的最小值;

z_{\max} 是在 S_{xy} 滤窗内灰度的最大值;

z_{med} 是在 S_{xy} 滤窗内灰度的中值;

z_{xy} 在坐标 (x, y) 处的灰度值;

S_{\max} 指定 S_{xy} 所允许的最大值。

自适应中值滤波算法由两部分组成,称为第 1 层(level A)和第 2 层(level B)。算法如下:

level A: $A_1 = z_{\text{med}} - z_{\min}$

$A_2 = z_{\text{med}} - z_{\max}$

如果 $A_1 > 0$ 并且 $A_2 < 0$, 转到 level B

否则增加滤窗 S_{xy} 的尺寸

如果滤窗 S_{xy} 的大小 $\leq S_{\max}$ 则重复执行 level A

否则把 z_{xy} 作为输出值。

level B: $B_1 = z_{xy} - z_{\min}$

$B_2 = z_{xy} - z_{\max}$

如果 $B_1 > 0$ 并且 $B_2 < 0$, 把 z_{xy} 作为输出值

否则把 z_{med} 作为输出值。

这种滤波方式具有 3 个特点:一是删除了椒盐(脉冲)噪声;二是对其他非脉冲类噪声起到了平滑作用;三是降低了普通中值滤波所造成的图像失真,比如物体边缘的过薄或过厚现象。该算法中的 z_{\min} 、 z_{\max} 基本上就认为是脉冲噪声分量,这样即使它们可

能不是图像中像素的最低值或最高值也予以去除。

通过分析可以看到第 1 层(level A)的作用是确定滤波器的输出 z_{med} 是不是噪声点。如果 $z_{\min} < z_{\text{med}} < z_{\max}$ 成立,由于噪声点的像素值不是最高就是最低,因此 z_{med} 就不可能是噪声点,故直接转向第 2 层(level B)。第 2 层(level B)的作用是判断当前点(滤窗中心点) z_{xy} 是不是一个脉冲点。如果 $B_1 > 0$ 并且 $B_2 < 0$, 也就是 $z_{\min} < z_{xy} < z_{\max}$, 基于同样的道理 z_{xy} 也不是一个脉冲点。在这种情况下,自适应中值滤波算法将不改变当前点的灰度值。这种不改变当前像素值的机制大大降低了图像的失真变形。如果条件 $B_1 > 0$ 并且 $B_2 < 0$ 不成立,可以肯定不是 $z_{xy} = z_{\min}$ 就是 $z_{xy} = z_{\max}$ 。在这两种情形下,像素值为极值,又根据第 1 层(level A)的判断它也不是噪声点。此时,自适应中值滤波算法将滤窗的中值作为当前像素点的灰度值,也可以说最后一步也就是标准中值滤波器的作用。由于标准中值滤波器对图像中的所有点均使用对应点的邻域模板的中值作为该点的灰度值,从而对图像造成了一些不必要的细节损失。

假若在第 1 层(level A)中确实找到了一个脉冲点。自适应中值滤波算法将会增加滤窗的大小,然后重新回到第 1 层(level A)继续判断。只要没有找到中值(若找到了中值就会转到第 2 层(level B)),或者未达到所设定的滤窗的尺寸极限,这个循环将会一直持续下去。当达到所设定的滤窗的尺寸极限时,该算法把当前点的灰度值 z_{xy} 作为最终值。这时的输出值为当前滤窗内的极值,但也不能排除是噪声点的可能性。不过,若图像中椒盐噪声的概率 P_a 和 P_b 越小或所设定的滤窗尺寸极限越大,则发生这种失误的可能性就越低。因此,当图像噪声的密度增加时,应用更大的滤窗来剔除这些噪声峰值点。

对当前像素的计算完成后,滤波滑窗 S_{xy} 就会移到下一个像素点的位置。自适应中值滤波算法便重新还原开始对新像素点的计算。在计算中值 z_{med} 时,采用一种迭代算法(iterated algorithm)以提高计算速度。

3 扩展自适应中值滤波器算法

总体来说,自适应中值滤波算法对高幅度噪声具有相当大的抑制作用,根据应用场合的不同其滤窗的极限值应相应变化。一种方法是先用不同大小的滤窗进行标准的中值滤波,观察滤波效果后再决

定滤窗的极限值 S_{max} 的大小。

通过实验发现,当噪声幅值过大时自适应中值滤波算法还不能完全将噪声滤除。虽然继续扩大滤窗的大小有助于去除较大面积的椒噪声,但代价是昂贵的。过大的滤窗将造成图像的失真,不能如实反映原图像的细节,计算时间将呈几何方式增长等等。因此对于高密度的椒噪声也不能无限制地增加滤窗的大小。国内外学者在这个方面也做了许多工作。值得一提的是非线性自适应滤波器,该方法首先在噪声图像的滤波窗口中去除具有最大和最小灰度值的像素,然后求取剩余像素的均值,计算出该均值与对应的像素灰度值的差值,再通过与阈值相比较,确定是否用求得的均值代替原噪声图像的灰度值。这种方法由于额外增加了求取均值,增大了计算的费用,使得计算时间增长,这对用于实时图像处理来说是难于忍受的。因此,必须针对产生的原因另辟蹊径。

研究表明:有时椒噪声的幅度恰好处于 A/D 转换器输出的两相邻值之间,这样噪声的量化输出值可能是此处的较低值 D_{low} ,也可能是较高值 D_{high} 。因此,某个小区域的噪声值并不都是最低值,有可能比最低值略高一个单位。由于 $A_1 = z_{med} - z_{min}$, $A_2 = z_{med} - z_{max}$,因此判断 $A_1 > 0$ 并且 $A_2 < 0$,实际上是判断 z_{min} 、 z_{max} 和 z_{med} 是否相等。若相等,则增大滤窗尺寸继续判断,当滤窗达到最大时 z_{min} 、 z_{max} 和 z_{med} 仍然相等,就输出当前值。这样当噪声幅度较高而形成噪

声黑点面积较大时,很容易把噪声点作为信号而予以输出,造成了较大面积的椒噪声难以去除。

针对由于 A/D 转换器的量化误差所引起的噪声幅值的波动,在自适应中值滤波器的基础上进行了改进。这种扩展自适应中值滤波器主要是对判断条件进行了修正:

$$A_1 = z_{med} - z_{min} - 1$$

$$A_2 = z_{med} - z_{max} + 1$$

$$B_1 = z_{xy} - z_{min} - 1$$

$$B_2 = z_{xy} - z_{max} + 1$$

这种设置把

$$z_{min} = z_{med} = z_{max}$$

$$z_{min} + 1 = z_{med} = z_{max}$$

$$z_{min} = z_{med} = z_{max} - 1$$

$$z_{min} + 1 = z_{med} = z_{max} - 1$$

的值均视为噪声值而予以剔除。

4 实验结果及分析

为了检验本文算法的效果,用 Visual C++6.0 语言实现了相应的几种滤波算法,并用多幅图像对本文提出的算法进行了验证。其滤波效果如图 1、图 2 所示。图 1 为对含有 $P_a = P_b = 0.2$ 的椒盐噪声的图像进行滤波的情况,图 2 为对含有 $P_a = P_b = 0.6$ 的椒盐噪声的图像进行滤波的情况。

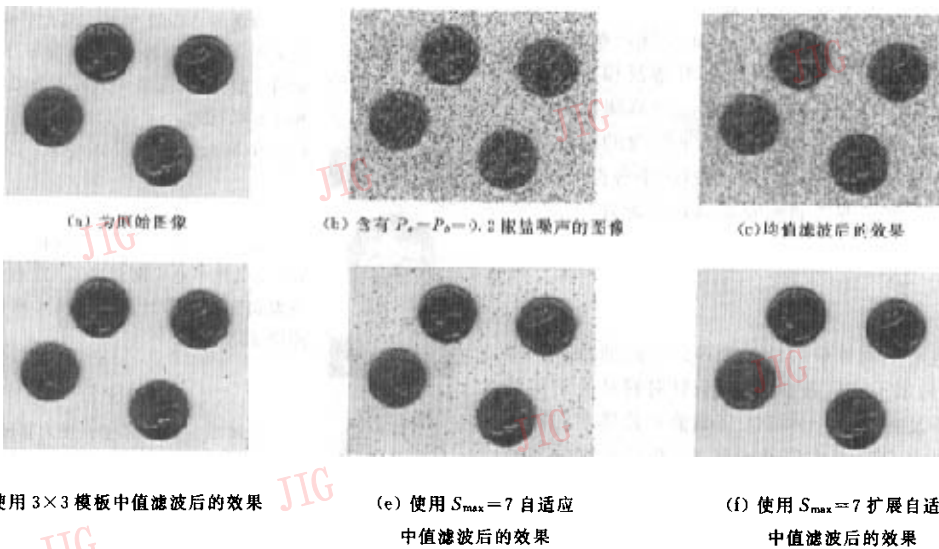


图 1 对含 $P_a = P_b = 0.2$ 椒盐噪声的图像的滤波效果

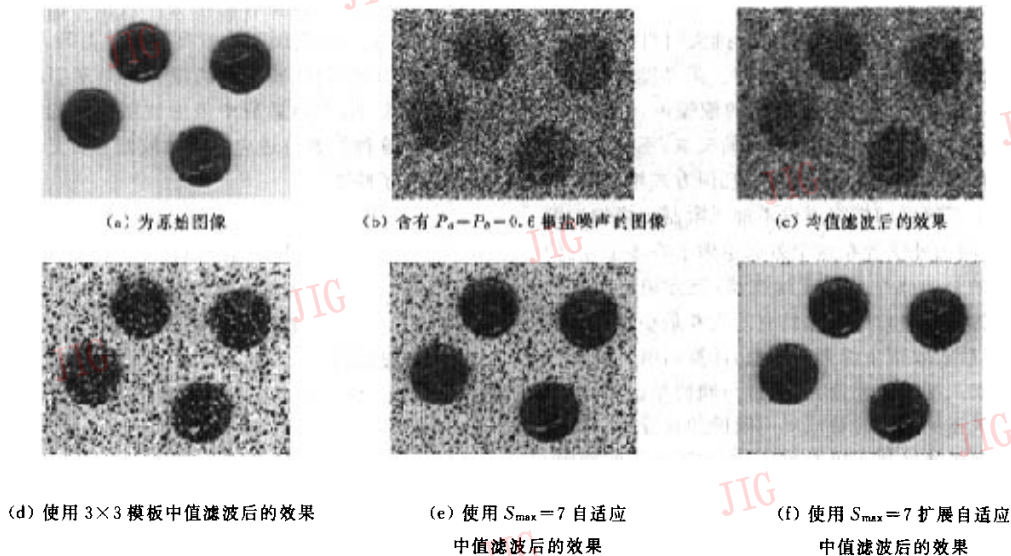


图2 对含 $P_a = P_b = 0.6$ 椒盐噪声图像的滤波效果

通过比较可以看出:椒盐噪声 $P_a = P_b = 0.2$ 时,均值滤波方法不能够有效地滤除噪声,并且图像的细节变化也被明显削弱;中值滤波虽然能够有效地滤除噪声,在图像上只剩下几个黑点,但也明显地损失了图像细节;自适应中值滤波算法虽然同样能够有效地滤除噪声,特别是相当精细地保护了图像的细节,但是噪声幅值的微小变化却未能去除;而扩展自适应中值滤波技术不但完美地再现了图像细节,对噪声的滤除也接近理想状态。

椒盐噪声 $P_a = P_b = 0.6$ 时,由于噪声幅度过大,图像的细节已无法明显辨认,均值滤波和中值滤波技术效果太差,此时自适应中值滤波算法滤除噪声的效果也不十分理想,虽然保护了图像的细节且能够有效地滤除噪声,但是去噪还不是十分彻底;而扩展自适应中值滤波器的滤除效果却非常好。

5 结论

通过对空间域中对椒盐噪声的几种滤除技术进行比较,指出了它们各自的缺陷;针对自适应中值滤波器的不足提出了一种滤除高幅值椒盐噪声的新技术——扩展自适应中值滤波技术,并用实际的实验数据证明了这种新技术的先进性和可行性,从而为今后图像预处理领域又增加了一种新方法。

参考文献

- 1 李树涛,王耀南. 图像椒盐噪声的非线性自适应滤除[J]. 中国图象图形学报(A版),2000,5(12):999~1001.
- 2 黄煦涛. 二维数字信号处理 I——变换与中值滤波器[M]. 北京:科学出版社,1985.
- 3 Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. Digital Image Processing, Second Edition(影印版)[M]. 北京:电子工业出版社,2002.

贾洪涛 1962年生。现为军械工程学院光学与电子工程系导航、制导与控制专业博士研究生。主要研究方向为图像处理和计算机视觉。

E-mail: hongtaoyia@sina.com



朱元昌 1960年生。教授、博士生导师。1982年毕业于南京理工大学自动化系。主要研究方向为计算机仿真与模拟训练、图像处理。



王建华 1977年生。现为军械工程学院光学与电子工程系导航、制导与控制专业硕士研究生。主要研究方向为图像处理。

