

改进型中值滤波器的实现和性能测试

Realization and Performance Test of Improved Median Filter

何骥鸣 李 强 明 艳 (重庆邮电大学 通信与信息工程学院 重庆 400065)

摘 要: 改进型中值滤波器相对普通中值滤波器,既能有效去除噪声,又能较好的保护图像细节。通过对几种改进型中值滤波器的原理分析、实现和性能指标测试,多重中值滤波和窗口加权滤波性能较好,可用于去除图像椒盐噪声。

关键词: 改进型中值滤波 去噪 性能测试

1 引言

滤波除噪声是图像处理的一个重要研究领域。由于线性滤波方法会导致图像的边缘模糊,不能取得很好的复原效果,应用受限。而中值滤波是一种非线性滤波方法,不仅能够去除或减少随机噪声和脉冲干扰,还能很大程度上保留图像的边缘信息,在图像预处理等领域中有着广泛的应用。极大中值滤波、多重中值滤波和窗口加权中值滤波等都是些有效的中值滤波方法,常用于图像处理当中。

2 中值滤波原理

中值滤波对图像的噪声视为孤立点,采用基于排序统计理论抑制噪声。设某一维数据序列为 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 用一个长度为奇数 m 的滑动窗口对其进行中值滤波,得到窗口对应的 m 个数 $\{x_{i-v}, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+v}\}$, 其中, x_i 为窗口中心点值, $v=(m-1)/2$ 。将这 m 个数按数值的大小排序,取其序号为正中间的数作为 x_i 的滤波输出。设 y_i 为该点滤波输出,则

$$y_i = \text{Med}\{x_{i-v}, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+v}\}。$$

如果对二维数据序列进行滤波,则滤波输出可表示为: $y_{ij} = \text{Med}_s\{x_{ij}\}$, 其中, s 为滤波模板; $\{x_{ij}\}$ 为二维序列, $\{y_{ij}\}$ 为滤波输出。

可见,中值滤波的实质是把与周围像素相差较大的像素改变为与周围像素接近的值,以消除孤立的噪声点^[1]。然而,实际的图像信号往往是含有如线段、

锐角等结构复杂,采用窗口较大的中值滤波时,会因为排序取中值而破坏结构和空间的领域信息。为了减少这种破坏作用,进一步提高滤波效果,在中值滤波原理的基础上提出了许多改进型的中值滤波方法。

3 几种改进型中值滤波器

3.1 极大中值滤波器

极大中值滤波器是基于图像像素的某一邻域进行统计计算,在以像素为中心点的所有直线方向上进行中值滤波,将得到的这些中值合并,求出二维中值。因此,该算法可以保护比观测空间维数小的信号特征,突出图像二维结构信息^[2]。其具体滤波过程如下:

设窗口 $N = n \times n = (2k+1)(2k+1)$, x_{ij} 和 y_{ij} 分别为极大中值滤波器的输入和输出,直线方向(或子窗口)的间隔为 45° , 因此有 0° (水平) 90° (垂直) 45° 和 135° 四个方向子窗口。分别求四个方向子窗口的中值。

$$z_1 = \text{med}(x_{i,j-k}, \dots, x_{i,j}, \dots, x_{i,j+k}) ;$$

$$z_2 = \text{med}(x_{i-k,j}, \dots, x_{i,j}, \dots, x_{i+k,j}) ;$$

$$z_3 = \text{med}(x_{i+k,j-k}, \dots, x_{i,j}, \dots, x_{i-k,j+k}) ;$$

$$z_4 = \text{med}(x_{i-k,j-k}, \dots, x_{i,j}, \dots, x_{i+k,j+k}) ;$$

极大中值滤波器输出 $y_{ij} = \max(z_1, z_2, z_3, z_4)$ 。

3.2 多重中值滤波器

多重中值滤波器是对极大中值滤波器的改进,目的是更好的保护二维信号的细节,并且对于严重拖尾型分布噪声具有较好的平滑特性。

先求出间隔为 45°子窗口的中值，再按照多重中值运算公式求出滤波器输出值 y_{ij} ，下面是一个三重中值运算公式：

$$y_{ij} = med(med(z_1, z_2, x_{ij}), med(z_3, z_4, x_{ij}), x_{ij})$$

式中 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 分别是沿着 0°、90°、45°和 135°四个方向子窗口求得的中值，对 Z_1 、 Z_2 、 x_{ij} 和 Z_3 、 Z_4 、 x_{ij} 作中值运算后，将所得的结果再与中心像素点 x_{ij} 取中值，并将所得结果赋给中心像素点 x_{ij} 。

3.3 窗口加权中值滤波器

先设计线性窗口，典型线性窗口如图 1 所示。其次，选择加权系数，对从不同角度反映图像特征的窗口进行加权求和。

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

图 1 四种典型线性窗口

其处理过程可由如下的公式^[3]表达，其中： A_k 为线性滑动窗口， a_k 为各个滑动窗口的加权系数。

$$y_{ij} = \sum_{k=1}^N a_k med_{A_k}\{x_{ij}\}$$

4 仿真结果分析

对上述几种改进型中值滤波器用 Matlab 软件进行实现，并对含有椒盐噪声的 girl 图像做滤波测试，噪声系数分别取为 0.1 和 0.2，对两种情形滤波效果进行对比。

(1) 噪声系数为 0.1



图 2 girl 原图



图 3 加噪的 girl 图



图 4 普通中值



图 5 极值中值



图 6 多重中值



图 7 窗口加权滤波

(2) 噪声系数为 0.2



图 8 普通中值滤波



图 9 极值中值滤波



图 10 多重中值滤波



图 11 窗口加权滤波

当加入噪声的系数比例为 0.1 时，由图 4 可知，加噪图像经过普通中值滤波后，噪声得到了较好的抑制，但是图像的细节和边缘被模糊，图像不清晰。而图 5 和图 6 不仅滤除噪声的效果比较好，而且也较好地保留了图像的细节，图像比较清晰。当噪声比例系数取 0.2 时，由图 8、9、10、11 可知，相比普通中

值滤波而言,多重中值滤波较好地保护图像的边缘,图像清晰。而窗口加权滤波在较高的噪声影响下,去除噪声的效果依然很好。

表1 噪声比例系数 0.1 时,四种中值滤波器性能比较

算法 指标	普通中值 滤波	极值中值 滤波	多重中值 滤波	窗口加权 滤波
PSNR	28.2315	28.0244	27.7740	29.5905
NMSE	0.0195	0.0205	0.0217	0.0143
PMSE	0.0018	0.0019	0.0020	0.0013
GSNR	45.5528	43.9823	41.7731	62.4769

表2 噪声比例系数 0.2 时,四种中值滤波器性能比较

算法 指标	普通中值 滤波	极值中值 滤波	多重中值 滤波	窗口加权 滤波
PSNR	28.2315	28.0244	27.7740	29.5905
NMSE	0.0195	0.0205	0.0217	0.0143
PMSE	0.0018	0.0019	0.0020	0.0013
GSNR	45.5528	43.9823	41.7731	62.4769

表1和表2是在两种噪声系数下,四种中值滤波对 girl 图的归一化均方误差(NMSE)、峰值均方误差(PMSE)、峰值信噪比(PSNR)和滤波信噪比增益(GSNR)性能参数比较。

通过表1和表2的数据对比分析可知,多重中值滤波能较好保护图像的细节,但滤除椒盐噪声效果较差,但对于严重拖尾型分布噪声具有较好的平滑特性;而窗口加权滤波的去噪性能是最好的,特别是噪声比较严重是,相比普通中值滤波则有了较大的提高,特别是 GSNR 参数增大很多。

参考文献

- 1 张明源,王宏立等.改进型滤波器在图像去噪中的应用.网络与信息技术,2007,26(8):45 - 47.
- 2 Gabbouj M, Astola EJ. Processors for Generalized Stack Filters. IEEE Trans. on SP, 1995,43(6):1541 - 1546.
- 3 Bovik A, Huang T, Munson D.A Generation of Median filtering Using Linear Combinations of Order Statistics.