



数字图像处理

Digital Image Processing

信息工程学院

School of Information Engineering

6.3 空间域滤波复原

曹 辉 主讲

主要内容

教学目标：

1. 了解空间域滤波复原及常用的滤波器。

教学内容：

1. 均值滤波器和顺序统计滤波器及原理。

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

空间域滤波复原：

在已知**噪声模型**的基础上，对噪声的空间域滤波。

主要包括：

均值滤波器：算术均值滤波器、几何均值滤波器、谐波均值滤波器、逆谐波均值滤波器。

顺序统计滤波器：中值滤波器、二维中值滤波器、修正后的阿尔法均值滤波器、最大/最小滤波器、中点滤波器。

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

均值滤波器(Mean Filters)

采用均值滤波模板对图像噪声进行滤除。

令 S_{xy} 表示中心在 (x, y) 点, 尺寸为 $m \times n$ 的矩形子图像窗口的坐标组

算术均值滤波器

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)$$

几何均值滤波器

$$\hat{f}(x, y) = \left[\prod_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \right]^{\frac{1}{mn}}$$

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

均值滤波器(Mean Filters)

谐波均值滤波器

$$\hat{f}(x, y) = \frac{mn}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} \frac{1}{g(s,t)}}$$

- ✓ 谐波均值滤波器善于处理像高斯噪声那样的一类噪声
- ✓ 对“盐”噪声处理效果很好
- ✓ 不适用于对“胡椒”噪声处理

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

均值滤波器(Mean Filters)

逆谐波均值滤波器

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)^{Q+1}}{\sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t)^Q}$$

其中Q称为滤波器的阶数，这种滤波器适合减少或是在实际中消除椒盐噪声的影响。

当Q值为正数时，滤波器用于消除“胡椒”噪声；

当Q值为负数时，滤波器用于消除“盐”噪声；

当Q=0时，逆谐波均值滤波器退化为算数均值滤波器；

当Q=-1时，逆谐波均值滤波器退化为谐波均值滤波器；

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

【例6.2】采用各种均值滤波方法对含噪图像进行滤波



(a) 输入图像



(b) 高斯噪声污染图像



(c) 算术均值滤波结果

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)



(d) 几何均值滤波 (e) $Q = -1.5$ 的逆谐波滤波 (f) $Q = 1.5$ 逆谐波滤波

算术均值和几何均值都能衰减噪声，比较而言，
几何均值滤波器较难使图像变模糊。

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

顺序统计滤波器 (Order-Statistics Filters)

中值滤波器 (Median filter)

(1) 一维中值滤波器

设包围某点的一维数据集A，将所有数据按大小从小到大进行排序，得到一个有序序列，则对该点进行中值滤波的滤波结果为：

$$y = \text{Med}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} x'_{\frac{n+1}{2}} & n \text{ 为奇数} \\ \frac{1}{2} \left[x'_{\frac{n}{2}} + x'_{\frac{n}{2}+1} \right] & n \text{ 为偶数} \end{cases}$$

例如， $\text{Med}(0, 3, 4, 1, 7) = \text{Med}(0, 1, 3, 4, 7) = 3$ 。

$\text{Med}(2, 5, 10, 9, 8, 9) = \text{Med}(2, 5, 8, 9, 9, 10) = 8.5$ 。

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

顺序统计滤波 (Order-Statistics Filters)

(2) 二维中值滤波器

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

中值滤波可去掉椒盐噪声，平滑效果优于均值滤波，
在抑制随机噪声的同时能保持图像边缘少受模糊。

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

顺序统计滤波 (Order-Statistics Filters)

(3) 修正后的阿尔法均值滤波器(Alpha-trimmed mean filter)

假设在 S_{xy} 领域内去掉 $g(s,t)$ 最高的 $d/2$ 个灰度值和最低的 $d/2$ 个灰度值用 $g_r(s,t)$ 来代替剩余的 $mn-d$ 个像素。由这剩余像素点的平均值形成的滤波器称为修正后的阿尔法均值滤波器。

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn - d} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g_r(s, t)$$

其中， d 值可取0到 $mn-1$ 之间的任何数。

当 $d=0$ 时，修正的阿尔法均值滤波器退变为算术均值滤波器。

$d=(mn-1)$ ，修正后的阿尔法均值滤波器退变为中值滤波器。

D 取其他值时，修正后的阿尔法均值滤波器在包括多种噪声的情况非常适用，如高斯噪声和椒盐噪声混合的情况下。

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

【例6.4】采用标准的均值、中值滤波器对含噪图像进行滤波。



(a)椒盐噪声污染的图像 (b) 均值滤波结果

(c)中值滤波结果 (d)对c图再次中值滤波

对于椒盐噪声，中值滤波的效果要好于均值滤波

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

顺序统计滤波器 (Order-Statistics Filters)

最大/最小滤波器

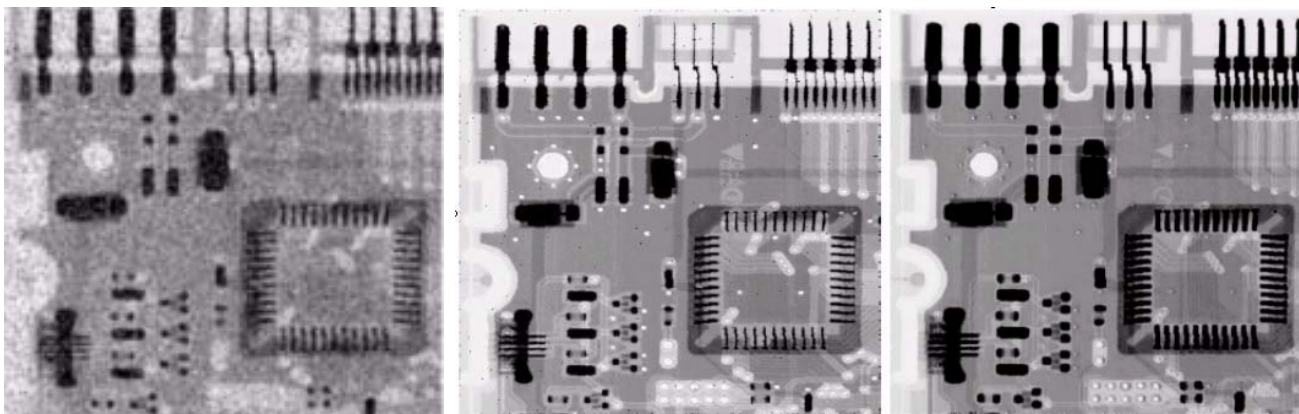
1) 最大值滤波器为：

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

2) 最小值滤波器为：

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

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)



(a) 噪声图像 (b) 最大滤波结果 (c) 最小滤波结果

- ◆ 最大值滤波器可以去除“胡椒”噪声，但会从黑色物体边缘移走一些黑色像素。
- ◆ 最小值滤波器可以去除“盐”噪声，但会从亮色物体边缘移走一些白色像素。

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

顺序统计滤波器 (Order-Statistics Filters)

中点滤波器

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{2} [\max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\} + \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}]$$

计算最大值和最小值之间的中点。

6.3 空间域滤波复原 (Restoration with Spatial Filtering)

小结

1. 讲解了空间域滤波复原常用的滤波器，包括均值滤波器和顺序统计滤波器，并对相关滤波器效果作了实验对比分析。



谢谢

THANK YOU