

实验四 非线性平滑——中值滤波

一. 实验目的

1. 了解统计排序滤波器在数字图象处理中的作用；
2. 理解中值滤波的原理、特点、适用对象；
3. 掌握中值滤波的各种方法。

二. 实验原理

中值滤波是一种非线性信号处理方法,与其对应的中值滤波器是一种统计排序滤波器,用像素邻域内各灰度级排序的中值来代替该像素的灰度级(用一个奇数点的移动窗口,将窗口中心点的值用窗口内的中值代替),一定条件下,可以克服线性滤波器(如邻域平滑滤波等)所带来的图象细节模糊,而且对滤除脉冲干扰及图象扫描噪声最为有效(中值滤波的输出与输入噪声的密度分布有关,对随机噪声的抑制能力,中值滤波比平均值滤波要差一些;但对脉冲干扰,特别是脉冲宽度小于窗口一半、相距较远的窄脉冲干扰,中值滤波的效果较好)。

设有一个一维序列 f_1, f_2, \dots, f_n , 取窗口长度(点数)为 m (m 为奇数), 对其进行中值滤波, 就是从输入序列中相继抽出 m 个数 $f_{i-v}, \dots, f_{i-1}, f_i, f_{i+1}, \dots, f_{i+v}$ (其中 f_i 为窗口中心点值, $v=(m-1)/2$), 再将这 m 个点按其数值大小排序, 取其序号为中心点的那个数作为滤波输出。用数学公式表示为:

$$y_i = \text{Med}\{f_{i-v}, \dots, f_i, \dots, f_{i+v}\} \quad i \in N, v = \frac{m-1}{2} \quad (4-1)$$

这样处理的特点是: 周期小于 $m/2$ (窗口一半) 的脉冲会被抑制, 而周期大于 $m/2$ (窗口一半) 的脉冲得到保留, 在窗口内单调增加或单调减少的序列, 中值滤波输出信号仍保持输入信号不变(利用这个特点, 可以使中值滤波既能去除图象中的噪声, 又能保持图象中一些物体的边缘)。

同理, 二维中值滤波可由下式表示:

$$y_{ij} = \text{Med}_A \{f_{ij}\} \quad (4-2)$$

式中: A 为窗口; $\{f_{ij}\}$ 为二维数据序列。这样处理的特点是: 当在窗口内, 被噪声污染的像素不超过滤波器区域的一半时, 噪声会被抑制; 当在窗口内, 被噪声污染的像素超过滤

波器区域的一半时，噪声会得到保留。

二维中值滤波的窗口形状和尺寸对滤波效果影响较大，不同的图象内容和不同的应用要求，往往采用不同的窗口形状和尺寸。常用的二维中值滤波窗口有线状、十字形、方形等。窗口尺寸一般先用 3×3 ，再取 5×5 逐渐增大，直到滤波效果满意为止。就一般经验来讲，对于有缓变的较长轮廓线物体的图象，采用方形窗口为宜。对于包含有尖顶物体的图象，用十字形窗口；而窗口大小则以不超过图象中最小有效物体的尺寸为宜。如果图象中点、线、尖角细节较多，则不宜采用中值滤波。对一些内容复杂的图象，可以使用复合型中值滤波，如中值滤波的线性组合，即将几种窗口尺寸大小和形状不同的中值滤波器复合使用，只要各窗口都与中心对称，滤波输出可保持几个方向上的边缘跳变，而且跳变幅度可调节；其线性组合方程如下：

$$Y_{ij} = \sum_{k=1}^N a_k \underset{A_k}{Med} \{ f_{ij} \} \quad (4-3)$$

式中： a_k 为不同中值滤波的系数， A_k 为窗口。

三. 实验内容

1. 分别对含有高斯噪声、瑞利噪声、椒盐噪声的图象进行中值滤波，采用多种窗口形状（线形、十字形、方形），窗口尺寸可变（先用 3×3 ，再取 5×5 逐渐增大）；
2. 比较中值滤波对含有不同噪声的图象的平滑效果，讨论中值滤波最适用于平滑哪种噪声；
3. 比较不同的窗口形状和窗口尺寸对整幅图象以及局部图象平滑效果的影响；
4. 比较中值滤波和低通掩模法在平滑效果以及轮廓模糊程度上的差异；
5. 尝试多种窗口线形组合的中值滤波。

四. 实验步骤

1. 为不同形状的窗口编写子程序，实现滤波器数组的读取；
2. 编写获取中值的函数，用冒泡法对滤波器数组进行排序并返回数组元素的中值；
3. 编写主程序对图象实现中值滤波，生成目标文件——平滑图象；
4. 复制原图象边界，保持滤波前后图象空间大小不变（例如：采用 3×3 方形窗口中值滤波后，将原图象中处理不到的上下左右四个边界上的灰度值复制到新图象的对应位置）。

五. 思考题

1. 为什么中值滤波适用于平滑含有脉冲噪声（椒盐噪声）的图象，而不适用于含有随机噪声（如高斯噪声）的图象和点、线、尖角细节较多的图象？
2. 若一幅图象中的噪声主要是“胡椒”噪声（单极负脉冲），即图象主要被黑点污染，采用什么样的统计排序滤波器平滑效果会更好？若一幅图象中的噪声主要是“盐”噪声（单极正脉冲），即图象主要被白点污染，采用什么样的统计排序滤波器平滑效果会更好？