

实验三 线性平滑和锐化——掩模法

一. 实验目的

1. 理解平滑和锐化的原理和意义；
2. 掌握空间域线性平滑的方法——低通掩模法；
3. 掌握空间域线性锐化的方法——拉普拉斯掩模法。

二. 实验原理

掩模操作是数字图象处理中常用的一种运算方式，图象的平滑、锐化以及图象的细化、边缘检测等都要用到掩模操作；掩模操作实现了一种邻域运算，即某个象素点的结果不仅和本象素灰度有关，而且和其邻域点的值有关。掩模运算的数学含义是卷积（或互相关）运算。

低通掩模低通掩模法的思想是通过一点和邻域内象素点求平均或加权平均来去除突变的象素点，从而滤掉一定的噪声，其主要优点是算法简单，计算速度快，但其代价是会造成图象一定程度上的模糊。从信号频谱角度来看，信号的缓慢变化部分在频率域属于低频部分，而信号的迅速变化部分在频率域是高频部分。对图象来说，它的边缘以及噪声干扰的频率分量都处于频率域较高的部分，因此，可以采用低通滤波的方法来去除噪声。而频域的滤波又很容易从空间域的卷积来实现，为此只要适当设计空间域的单位冲激响应矩阵，就可以达到滤除噪声的效果，也就是通过低通掩模实现小区卷积的计算。比较有代表性的低通卷积掩模是 Box 掩模 H_1 和高斯掩模 H_2 ：

$$H_1 = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad H_2 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Box 掩模并没有考虑邻域中各点位置的影响，对于所有的邻点都一视同仁，所以其平滑的效果并不理想；高斯掩模中引入了加权系数，以区分邻域中不同位置象素对输出象素值的影响，常称其为加权掩模，比之 Box 掩模，高斯掩模在实现平滑效果的同时，图象要更清晰一些。

拉普拉斯掩模

微分运算可以提升信号中的高频分量，拉普拉斯运算就是偏导数运算的线性组合运算，对信号起到高通滤波的作用，从而突出图象的细节，但同时噪声也很敏感。拉普拉斯算子为：

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (3-1)$$

则拉普拉斯运算锐化后的图象为：

$$g(x, y) = f(x, y) - k \nabla^2 f(x, y) \quad (3-2)$$

式中 $f(x, y)$ 、 $g(x, y)$ 分别为锐化前后的图象。对数字图象来讲， $f(x, y)$ 的二阶偏导数可表示为：

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} &= [f(x+1, y) - f(x, y)] - [f(x, y) - f(x-1, y)] \\ &= f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)\end{aligned}\quad (3-3)$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} &= [f(x, y+1) - f(x, y)] - [f(x, y) - f(x, y-1)] \\ &= f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)\end{aligned}\quad (3-4)$$

所以，拉普拉斯算子式(3-1)可表示为式(3-5)：

$$\nabla^2 f = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)\quad (3-5)$$

拉普拉斯运算锐化后的图象为式(3-6)：

$$\begin{aligned}g(x, y) &= f(x, y) - k\nabla^2 f(x, y) \\ &= 5f(x, y) - [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)]\end{aligned}\quad (3-6)$$

这个过程可以通过掩模运算实现，拉普拉斯掩模 H_3 如下：

$$H_3 = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

对角线方向也可以加入到拉普拉斯运算中，从而得到包含有对角线分量的拉普拉斯掩模 H_4 如下：

$$H_4 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

由于加入了对角线分量，掩模 H_4 比之掩模 H_3 对图象的锐化效果更明显。

三. 实验内容

1. 编程实现低通掩模法平滑图象；
2. 比较 Box 掩模和高斯掩模的平滑效果；
3. 编程实现拉普拉斯掩模法锐化图象；
4. 比较拉普拉斯掩模 H_3 和含有对角线分量的拉普拉斯掩模 H_4 的锐化效果；
5. 尝试用高斯型拉普拉斯掩模（LoG 算子）锐化图象，并观察与其他拉普拉斯掩模在抑制噪声上的差异；

LoG 算子如下：

$$H_{LoG} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

四. 实验步骤

1. 编写子程序,实现掩模数组的读取和计算(通过设置参数来实现所有掩模系数的代入);
2. 为防止溢出(运算中出现大于最大灰度值的点或者小于 0 的点),程序中对溢出点进行截断处理,即大于最大灰度值时令其等于最大灰度值,小于 0 时取其绝对值;
3. 编写主程序对图象实现掩模操作,生成目标文件——平滑图象或锐化图象;
4. 复制原图象边界,保持掩模操作前后图象空间大小不变(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);(或采用课堂中讲述的其他边界处理方法)
5. 编程定制访问界面,提供掩模的选取菜单。

五. 思考题

1. 为什么低通掩模都必须是归一化的(掩模中的系数之和均为 1)?
2. 通过改变中心系数,拉普拉斯掩模中的系数之和可以为 1,也可以为 0,二者在处理效果上有何区别?为什么?