

# 数字图像处理作业二

夏厚 PB18051031

2021 年 3 月 31 日

## 1 实验原理

### 1.1 图像直方图均衡化

灰度级范围为  $[0, L-1]$  的数字图像的直方图是离散函数  $h(r_k) = n_k$ ，其中  $r_k$  是第  $k$  级灰度值， $n_k$  是图像中灰度为  $r_k$  的像素个数。归一化的直方图由  $p(r_k) = n_k / MN$  给出，其中  $k = 0, 1, \dots, L-1$ 。直方图是多种空间域处理技术的基础。

我们注意到，在暗图像中，直方图的分量集中在灰度级的低端。类似的，亮图像的直方图分布则倾向于灰度级的高端。作为灰度变换的直方图均衡，我们希望一幅图像的像素倾向于占据整个可能的灰度级并且分布均匀，则该图像会有高对比度的外观并展示灰色调的较大变化。

对于离散值，一幅数字图像中灰度级  $r_k$  出现的概率近似为

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN}, k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

其中， $MN$  是图像的总像素， $n_k$  是灰度为  $r_k$  的像素个数， $L$  是图像中可能的灰度级数量。所以离散形式的直方图均衡变换为

$$s_k = T(r_k) = (L-1) \sum_{i=0}^k p_r(r_j) = \frac{n}{MN} \sum_{j=0}^k n_j, k = 0, 1, \dots, L-1$$

其中  $n$  表示输出图像的灰度级数量。由于直方图是 PDF 的近似，而且在处理中不允许造成新的灰度级，所以实际的直方图很少见到完美平坦的直方图。均衡后的图像灰度级跨越更宽的灰度级范围。最终会增强对比度。

## 1.2 图像空域均值滤波

平滑线性空间滤波器的输出是包含在滤波器模板邻域内的像素简单平均值。这些滤波器就称为均值滤波器。它使用滤波器模板（表一）确定的邻域内像素的平均灰度值来代替图像中的每个像素的值。降低灰度图像“尖锐”变化。定义  $3 \times 3$  邻域内像素的均值滤波：

$$R = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 z_i$$

$R$  为模板定义的邻域像素均值。

$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

表 1: 均值滤波器模板

## 1.3 图像空域中值滤波

中值滤波器是统计排序滤波器的一种，属于非线性空间滤波器。中值滤波器用像素邻域内灰度的中值（灰度计算时包括原像素的值）代替该像素的值。对于一定类型的随机噪声，它提供了一种很好的去噪能力，而且比相同尺寸的线性平滑滤波器的模糊程度明显要低。中值滤波器对处理脉冲噪声非常有效，这种噪声也成为椒盐噪声。

## 1.4 图像拉普拉斯算子锐化

锐化空间滤波器的主要目的是突出灰度过渡部分，使图像边缘更加清晰。一个二维图像函数  $f(x, y)$  的拉普拉斯算子定义为：

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

因为任意阶数微分都是线性操作，所以拉普拉斯变换也是一个线性算子。在  $x$  方向上，有

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

类似的，在  $y$  方向上有

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

所以，满足这三个公式的两个变量的拉普拉斯算子是

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

我们使用拉普拉斯增强图像的基本方法可以表示为下式：

$$g(x, y) = f(x, y) - [\nabla^2 f(x, y)]$$

式中， $f(x, y)$  和  $g(x, y)$  分别是输入图像和锐化之后的图像。滤波器

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

表 2: 实验中使用的拉普拉斯实现

## 2 实验结果分析

### 2.1 直方图均衡化

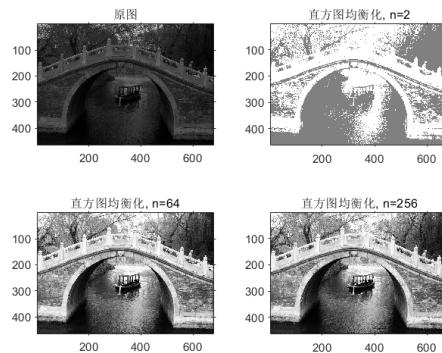


图 1: 直方图均衡结果

原图像偏暗，说明其像素值集中在低端。使得桥下的船，桥后的树，因为太暗很难看到。直方图均衡后的几张图片，增强了对比度，船、水、桥和后面的树都相对更清晰的显示了。对于均衡后图像灰度级数量，灰度级数量越靠近原图像，图片的对比度越好，更能补足视觉上难以区分的灰度级差别。

下图是  $n = 256$  时，原图的像素直方图分布与直方图均衡之后的像素直方图分布的对比。可以看到，直方图均衡并没有改变像素值的顺序关系，而是相当于在整个灰度级上拉伸了像素值，使其尽量均匀分布在 0 到  $L-1$  中。同时也说明了离散情况下，通常不能使直方图均衡后成为均匀的直方图。

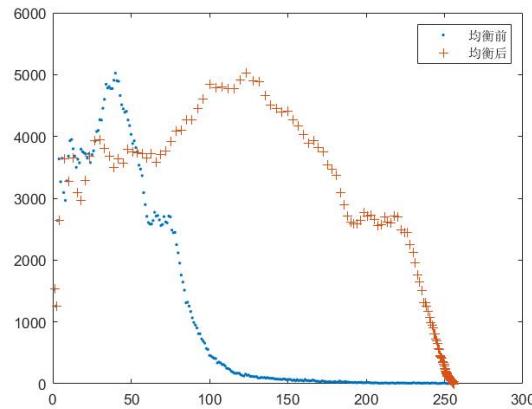


图 2: 均衡前后的直方图

## 2.2 均值滤波与中值滤波

采用实验原理里介绍的均值滤波模板和中值滤波模板对原图像进行滤波。

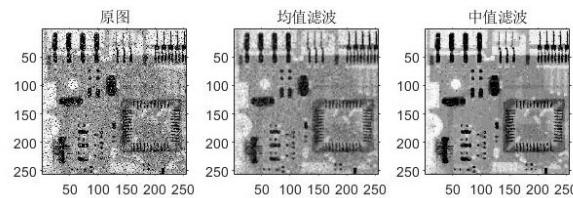


图 3: 滤波一次的结果

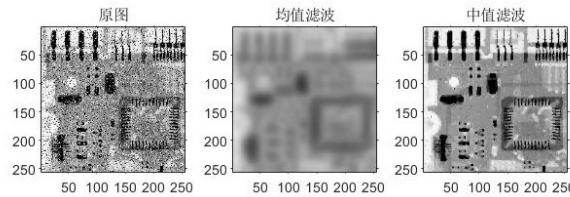


图 4: 滤波多次的结果

对于均值滤波，滤波一次时图像中有轻微的模糊，而滤波次数增多时，图像的模糊程度也跟随着增大，导致图像中有用的部分也无法看清。所以均值滤波虽然对椒盐噪声有抑制作用但也使图像本身模糊化了。实验中使用的是  $3 \times 3$  的模板，可以想见当模板的尺度增大时，图像会更快的趋于模糊。

从实验结果来看，中值滤波的性能要远优于均值滤波。既有效的抑制了噪声，也保留了原图中重要的边沿。此外，注意到，中值滤波的效果和滤波次数是正相关关系，启示我们在对图片去噪时，可以反复使用中值滤波，以求更好的去噪效果。

### 2.3 拉普拉斯算子锐化



图 5: 原图与拉普拉斯锐化后图片

使用实验原理中给出的拉普拉斯锐化模板，对略显模糊的原图进行锐化。因为拉普拉斯是一种微分算子，其应用着重于图像中的灰度突变区域，而非灰度级缓慢变化的区域。可以看到锐化之后的图片清晰度明显提升，在 moon 图片中，陨石坑的边沿细节和盆地部分更加清晰。

因为变化之后的图像中既有正值又有负值，实验中使用 uint8 转换，使像素值分布在 0-255。

### 3 总结

- 通过之前实验一的经验积累和熟悉，在使用 matlab 进行图像处理时已经更加自如。包括将图片转化为灰度图像，原图像的边缘延拓，像素值数据类型的转化等等。实验时间也大大缩短。
- 编写的 matlab 程序还可以更加优化，由于 matlab 精于矩阵运算，实验编程时应尽量少用循环体，而多使用矩阵计算。实验中滤波次数取到一百次，在较短运行时间的基础上，也能看出滤波多次带来的影响。