

北京交通大学
BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY

《数字图像处理》 实验报告

实验名称:	实验 1
学 号:	
姓 名:	
学 院:	计算机与信息技术学院
日 期:	2022 年 12 月 17 日

目录

1. 实验目的	3
2. 实验内容	3
3. 实验要求	3
4. 实验思路	3
5. 实验过程	3
5.1. 随机噪声 椒盐噪声	3
5.2. 图像几何变换	4
5.3. 灰度反转	6
5.4. 直方图均衡化和直方图统计	6
5.5. 图像复原	7
5.6. 边缘提取	9
5.7. 伪彩色	12
5.8. 二值化	13
5.9. 图像变换	13
6. 实验汇总	15
6.1. 实验感想和经验总结	15

1. 实验目的

通过对附件程序的运行，加深对课堂中教授的各种图像处理算法的理解。

2. 实验内容

以附件中“DIPDemo.exe”程序为环境，结合给定的“图像处理中的常用标准图像”或者自己日常收集、拍摄的图像（需用第三方工具转换为 bmp 格式），查看每种算法的运行效果。通过算法执行前后的图像的对比，简述自己对课堂讲授内容的理解。

3. 实验要求

该实验属于认知实验，需个人完成，实验报告的具体内容要与课堂讲课内容对应，体现出自己掌握的实质内容。

4. 实验思路

运行 DIPDemo 程序，选用相同图片，进行不同算法处理效果的对比，加深对算法的理解。

5. 实验过程

5.1. 随机噪声 椒盐噪声

随机噪声：

随机噪声是一种由时间上随机产生的大量起伏骚扰积累而造成的，其值在给定瞬间内不能预测的噪声。随机噪声经常出现在石油开采、勘探、图像处理、信号处理、无线通信、水声探测、生物医学工程、光纤通信等领域 [1]，经常利用人工添加随机噪声来进行信号复原、图像复原的工作。

椒盐噪声：

椒盐噪声也称为脉冲噪声，是图像中经常见到的一种噪声，它是一种随机出现的白点或者黑点，可能是亮的区域有黑色像素或是在暗的区域有白色像素（或是两者皆有）。

首先，打开 DIPDome 程序，打开标准原图像。



图 5-1 给出原图像



图 5-2 增加随机噪声



图 5-3 增加椒盐噪声

5.2. 图像几何变换

图像几何变换又称为图像空间变换，它将一副图像中的坐标位置映射到另一幅图像中

的新坐标位置。我们学习几何变换就是确定这种空间映射关系，以及映射过程中的变化参数。图像的几何变换改变了像素的空间位置，建立一种原图像像素与变换后图像像素之间的映射关系。

图像的镜像变换分为：**水平镜像**、**垂直镜像**、**对角镜像**。水平镜像以图像垂直中线为轴，将图像的像素进行对换，也就是将图像的左半部和右半部对调。垂直镜像则是以图像的水平中线为轴，将图像的上半部分和下班部分对调。对角镜像以图像的对角线为轴，将图像像素进行对调，也就是图像旋转 180° 。



图 5-4 水平镜像



图 5-5 垂直镜像



图 5-6 对角镜像

5.3. 灰度反转

灰度反转即灰度图像的黑白调换，具体就是用总的灰度阶数减去原有灰度就是变换后的灰度值。



图 5-7 灰度图像

5.4. 直方图均衡化和直方图统计

直方图均衡化(Histogram Equalization)是一种增强图像对比度(Image Contrast)的方法，其主要思想是将一副图像的直方图分布变成近似均匀分布，从而增强图像的对比度。

直方图统计从数学上来说，是对图像中的像素点进行统计。图像直方图统计常用于统计灰度图像，表示图像中各个灰度级出现的次数或者概率。



图 5-8 直方图均衡化

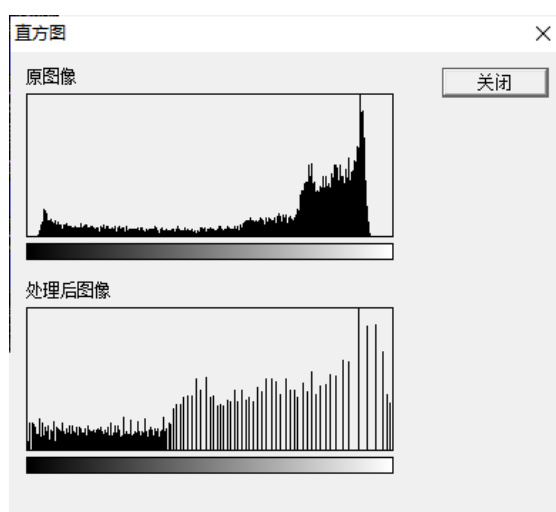


图 5-9 直方图统计

可以看出处理之后的图像像素分布更加均衡，而原图更加集中在右侧。

5.5. 图像复原

均值滤波是一种线性滤波器，处理思路也很简单，就是将一个窗口区域中的像素计算平均值，然后将窗口中计算得到的均值设置为锚点上的像素值。该算法有优点在于效率高，思路简单。同样，缺点也很明显，计算均值会将图像中的边缘信息以及特征信息“模糊”掉，会丢失很多特征。

中值滤波是一种非线性滤波，在处理脉冲噪声以及椒盐噪声时效果极佳，能够有效的保护好图像的边缘信息。中值滤波的处理思路很简单，取卷积核当中所覆盖像素中的中值作为锚点的像素值即可。如果按照遍历所有像素，再对卷积核中的像素排序取中值，那么时间复杂度会很高，需要对中值滤波进行改进。

高斯滤波是一种线性滤波，是常用的一种滤波算法，利用二维高斯函数的分布方式对图像进行平滑。高斯滤波的优点可以集中在高斯函数的特点上来看。首先，二维高斯函数是旋转对称的，在各个方向上平滑程度相同，不会改变原图像的边缘走向。第二，高斯函数是单值函数，高斯卷积核的锚点为极值，在所有方向上单调递减，锚点像素不会受到距离锚点较远的像素影响过大，保证了特征点和边缘的特性。第三，在频域上，滤波过程

中不会被高频信号污染。

对随机噪声处理结果：



图 5-10 中值滤波处理随机噪声



图 5-11 均值滤波处理随机噪声



图 5-12 高斯模糊处理随机噪声



图 5-13 中值滤波处理椒盐噪声



图 5-14 均值滤波处理椒盐噪声



图 5-15 高斯模糊处理椒盐噪声

可以看出中值滤波对椒盐噪声处理效果比较好。

5.6. 边缘提取

边缘：灰度或结构等信息的突变处，边缘是一个区域的结束，也是另一个区域的开始，利

用该特征可以分割图像。

边缘点：图像中具有坐标[x, y]，且处在强度显著变化的位置上的点。

边缘段：对应于边缘点坐标[x, y]及其方位，边缘的方位可能是梯度角。

索贝尔算子（Sobel）主要用作边缘检测，在技术上，它是一离散性差分算子，用来运算图像亮度函数的灰度之近似值。在图像的任何一点使用此算子，将会产生对应的灰度矢量或是其法矢量。

$$d_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad d_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

图 5-16 Sobel 算子

Prewitt 算子是一种图像边缘检测的微分算子，其原理是利用特定区域内像素灰度值产生的差分实现边缘检测。由于 Prewitt 算子采用 3x3 模板对区域内的像素值进行计算，而 Robert 算子的模板为 2x2，故 Prewitt 算子的边缘检测结果在水平方向和垂直方向均比 Robert 算子更加明显。Prewitt 算子适合用来识别噪声较多、灰度渐变的图像，其计算公式如下所示：

$$d_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad d_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

图 5-17 Prewitt 算子

Roberts 算子又称为交叉微分算法，它是基于交叉差分的梯度算法，通过局部差分计算检测边缘线条。常用来处理具有陡峭的低噪声图像，当图像边缘接近于正 45 度或负 45 度时，该算法处理效果更理想。其缺点是对边缘的定位不太准确，提取的边缘线条较粗。

Roberts 算子的模板分为水平方向和垂直方向，如下式所示，从其模板可以看出，Roberts 算子能较好的增强正负 45 度的图像边缘。

$$d_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad d_y = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

图 5-18 Roberts 算子

LoG（DoG 是一阶边缘提取）是二阶拉普拉斯-高斯边缘提取算法，先高斯滤波然后拉普拉斯边缘提取。

Laplace 算子对通过图像进行操作实现边缘检测的时，对离散点和噪声比较敏感。于是，首先对图像进行高斯卷积滤波进行降噪处理，再采用 Laplace 算子进行边缘检测，就可以提高算子对噪声抗干扰能力，这一个过程中高斯-拉普拉斯（Laplacian of Gaussian(LOG）边缘检测算子就诞生了。

$$\nabla^2 G(x, y) = \left[\frac{x^2 + y^2 - 2\delta^2}{\delta^4} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\delta^2}}$$

$$\nabla^2 G(x, y) = \frac{\partial^2 G(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G(x, y)}{\partial y^2} = \left[\frac{x^2}{\delta^4} - \frac{1}{\delta^2} \right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\delta^2}}$$

图 5-19 LoG 算子



图 5-20 Sobel 边缘算子



图 5-21 Prewitte 边缘算子



图 5-22 Roberts 边缘算子



图 5-23 LoG 边缘算子

5.7. 伪彩色

伪彩色(pseudo-color)图像的每个像素值实际上是一个索引值或代码，该代码值作为色彩查找表 CLUT(Color Look-Up Table)中某一项的入口地址，根据该地址可查找出包含实际 R、G、B 的强度值。这种用查找映射的方法产生的色彩称为伪彩色，生成的图像为伪彩色图像。用这种方式产生的色彩本身是真的，不过它不一定反映原图的色彩。使用查找得到的数值显示的彩色是真的，但不是图像本身真正的颜色，它没有完全反映原图的彩色。

图像的伪彩色处理就是把人眼不敏感的灰度值信号映射为反应较为敏感的彩色信号,增强人对图像中细微变化的分辨力。



图 5-24 医疗伪彩色



图 5-25 遥感伪彩色

5.8. 二值化

图像二值化（Image Binarization）就是将图像上的像素点的灰度值设置为 0 或 255，也就是将整个图像呈现出明显的黑白效果的过程。二值图像每个像素只有两种取值：要么纯黑，要么纯白。

在数字图像处理中，二值图像占有非常重要的地位，图像的二值化使图像中数据量大为减少，从而能凸显出目标的轮廓。



图 5-26 阈值为 128 的二值化图像

5.9. 图像变换

傅里叶变换是线性系统分析的一个有力工具，它将图像从空域变化到频域，从而很容易地了解到图像的各空间频域成分，从而进行相应的处理。傅里叶变换应用十分广泛，如图像特征提取、空间频率域滤波、图像恢复、纹理分析等。

对于一副图像，图像中灰度变化比较缓慢的区域可以用较低频率的正弦信号近似，而灰度变化较大的边缘地带则需要用高频正弦信号近似。一幅图像中大部分都是灰度变化缓慢的区域，只有一小部分是边缘，因此，其变换域的图像，能量主要几种在低频部分（对

应赋值较高)，只有一部分能量集中在高频部分（对应赋值较低）。

沃尔什变换主要用于图像变换，属于正交变换。这种变换压缩效率低，所以实际使用并不多。但它快速，因为计算只需加减和偶尔的右移操作。

离散余弦变换(Discrete Cosine Transform)本质上也是离散傅里叶变换(Discrete Fourier Transform)，但是只有实数部分。有这样一个性质：如果信号在给定区间内满足狄利赫里条件，且为实对称函数，则可以展开成仅含余弦项的傅里叶级数，即离散余弦变换。

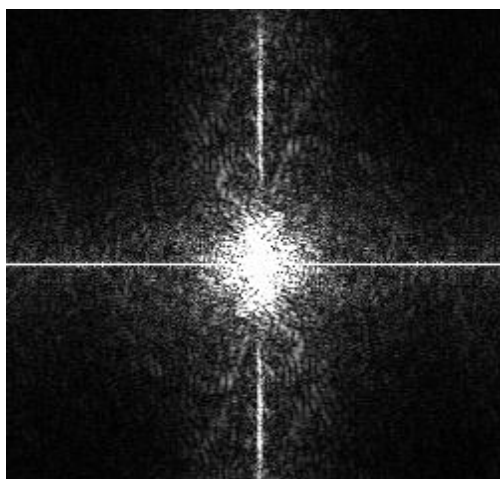


图 5-27 Fourier 变换

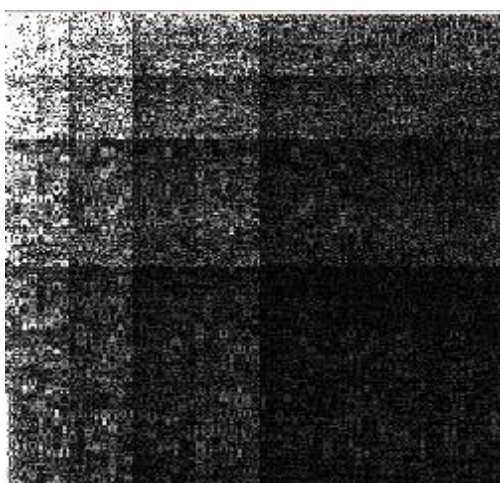


图 5-28 Walsh 变换



图 5-29 离散余弦变换

6. 实验汇总

6.1. 实验感想和经验总结

本实验主要是认识性实验，借着这次实验，完成了对课程主要内容的梳理和回顾。特别是在有实操工具的情况下，加深了对课程内容的理解。比如说，中值滤波对椒盐噪声的处理效果好，这样的结论在手动实操中有了更深的理解，而不只是之前的纸上谈兵。