

实验总结报告

实验名称： 媒体信号变换

学 号： 19053026

姓 名： 张壹帆

日 期： 2019/11/26

一、实验目的

1 实验目标

根据指导书中的实验介绍，将本实验目标概述为以下三方面：

- (1) 掌握图像空域和频域中信号的表示、变换方法与特征；
- (2) 熟悉 Matlab 软件开发环境，熟悉对图像数据的基本处理方法，例如对图像数据进行读取与显示操作等；
- (3) 利用 Matlab 实现对图像的灰度变换空域滤波、傅里叶变换和频域滤波等信号变换处理。

2 实验涉及到的学习内容

媒体信号变换通常是指将媒体信号由一个域空间转换到另外一个域空间的过程，本实验即以图像媒体为例，涉及到的学习内容主要有如下几点：

- (1) 图像信号变换的一般表达式为 $g(x,y) = T[f(x,y)]$ ；
- (2) 图像空域变换，本实验主要涉及到空域变换中的灰度变换和空域滤波。在灰度变换方面，要学习灰度变换的基本原理、如何通过增强对比度和修改直方图来实现灰度变换以及相关方法的参数设置；在空域滤波方面，要学习空域滤波的基本原理、对图像进行平滑处理的基本方法（如：邻域平均法、中值滤波法等），对图像进行锐化处理的基本方法（如：Prewitt 算子、sobel 算子、拉普拉斯算子等），以及相关方法的参数设置；
- (3) 图像频域变换，本实验主要涉及到其中的傅里叶变换和图像频率滤波。在傅里叶变换方面，要学习其基本原理、快速傅里叶变换

的原理、实现傅里叶变换以及傅里叶逆变换的过程。在图像频域滤波方面，要学习傅里叶变换后频谱的特性、频域滤波的实现方法以及频域滤波与直接在空域中进行滤波的差异。

二、实验具体完成情况

1 总体实验方案

(1) 对实验目的的理解

本实验目的是以图像媒体为例来实现对媒体信号变换的操作，所以要在了解图像灰度变换、空域滤波、傅里叶变换、频域滤波等信号变换处理原理的基础上，利用 Matlab 编程对指定的图像读取，进行上述信号变换操作，并且将效果进行对比和显示。

(2) 实验方案的设计

根据对实验的理解，将实验方案设计如表 1 所示。

表 1 实验方案设计

实验名称	方法 1	方法 2	方法 3
灰度变换	线性变换	直方图均衡化	--
空域滤波(平滑)	邻域平均法	中值滤波法	--
空域滤波(锐化)	Prewitt 算子	Sobel 算子	Laplacian 算子
傅里叶变换	二维离散傅里叶变换	-	--
频域滤波	频域高斯低通滤波	--	--

2 具体技术途径

2.1 图像灰度变换

(1) 基本原理

灰度变换是指按照一定的规则逐点改变输入图像每一像素的灰度范围,从而改变图像灰度的动态范围,其可以使灰度动态范围扩展,也可使其压缩,或者在某个动态区间中进行压缩而在另外区间扩展。灰度变换主要包括对比度增强、直方图修正、代数与逻辑运算这些方面的内容,实验中涉及到的是利用线性变换改变对比度,以及利用直方图均衡化来自动调节图像对比度质量。

若图像成像时曝光不足或过度,或由于成像设备的非线性和图像记录设备动态范围太窄等因素而产生对比度不足的弊病,使图像中的细节分辨不清,可以使用线性变换的方法将灰度范围进行线性扩展。灰度直方图是灰度级的函数,描述图像中每种灰度级像素的个数,反应图像中每种灰度出现的频率。直方图均衡化即一种自动调节图像对比度质量的算法,通过对原图像进行变换得到灰度直方图均匀分布的新图像。

直方图均衡化的基本思想是通过灰度级 r 的概率密度函数 $p_r(r)$, 求出灰度级变换 $T(r)$, 即 $s = T(r) = \int_0^r P_r(r)dr$. 对于数字图像, 设像素总数为 N , 有 L 级灰度, 第 k 级灰度为 r_k , 包含 n_k 个像素, 则出现的概率为 $h_k = p_r(r_k) = \frac{n_k}{N}$ 。直方图均衡化后图像的灰度为

$$s_k = T(r_k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{N} = \sum_{i=0}^k h_i, (k = 0, 1, \dots, L-1).$$

直方图均衡化实质上是减少图像的灰度级以换取对比度的增大, 均衡过程中, 原直方图上频数较小的灰度级被归入很少几个或一个灰度级内, 得不到增强。

(2) 实现方法

a) 线性扩展实现灰度变换

Step1: 利用 `imread` 函数读入原始图像;

Step2: 利用 `imadjust` 函数进行线性扩展, 基本语法如下:

```
g=imadjust(f,[low_in high_in],[low_out high_out],gamma)
```

此函数将原始图像 `f` 中 `low_in` 至 `high_in` 之间的灰度值映射到新图像 `g` 中的 `low_out` 和 `high_out` 之间, `low_in` 以下与 `high_in` 以上的值被剪切掉。该函数指定其强度范围为 `[0,1]`。若使用空矩阵 `[]`, 则代表默认值 `[0 1]`, 若 `high_out` 小于 `low_out`, 则输出灰度会反转。参数 `gamma` 指定映射曲线形状, 若 `gamma<1` 则会增强亮度, `gamma>1` 会增强暗度, 只有 `gamma=1` 是线性映射;

Step3: 利用 `imshow` 函数显示不同参数下线性扩展改变灰度的效果图并进行对比分析。

b) 直方图均衡化

Step1: 首先利用 `imread` 函数读入原始图像;

Step2: 利用 `imhist` 函数生成直方图, 其基本语法为:

```
h = imhist(f,b)
```

其中, `f` 为原始图像, `h` 为其直方图, `b` 是形成直方图的灰度级个数, 默认值为 256;

Step3: 利用 `histeq` 函数实现直方图均衡化, 该函数基本语法为:

```
h = histeq(f,nlev)
```

其中, `f` 为原始图像, `nlev` 为输出图像指定灰度级数, 如果 `nlev`

等于输入图像中的灰度级数 L ，则 `histeq` 直接执行变换函数 $T(r_k)$ ，如果 `nlev` 小于 L ，则 `histeq` 试图划分灰度级，以便得到较为平坦的直方图，`nlev` 默认值为 64；

Step4: 利用 `imshow` 函数将原始图像及直方图，均衡化后的图像及直方图显示出来。

2.2 图像空域滤波

(1) 基本原理

图像空域滤波是指利用空域模板进行图像处理，空域滤波器主要包括平滑空域滤波器和锐化空域滤波器。平滑空域滤波用于模糊处理和减小噪声，本实验中主要涉及邻域平均法和中值滤波法。

邻域平均法的原理为假设图像由许多灰度恒定的小块组成，相邻像素间存在很高的空间相关性，而噪声是统计独立的，因此用邻域内各像素的灰度平均值代替该像素原来的灰度值来实现图像的平滑。即：

$$g(x, y) = T[f(x, y)] = \frac{1}{M} \sum_{i, j \in s} f(i, j)$$

其中， s 为 (x, y) 邻域内像素坐标的集合， M 表示集合 s 内像素的总数。邻域平均法算法简单，但是在降低噪声的同时使图像模糊，特别在边缘和细节处。且邻域越大，在去噪能力加强的同时模糊程度也更加严重。

中值滤波法是对一个滑动窗口内的诸像素灰度值进行排序，用中值代替窗口中心像素原来的灰度值，是一种非线性的图像平滑法。其对脉冲干扰及椒盐噪声的抑制效果好，在抑制随机噪声的同时能够有效保护边缘少受模糊。

图像锐化用于增强图像的边缘或轮廓,有利于边缘检测和轮廓提取,主要方法是在空间与中对图像进行微分处理,并将运算结果与原图像叠加。Prewitt 算子在检测边缘的同时能够抑制噪声的影响,对低噪声图像的处理效果角号,对混合复杂噪声图像处理结果不理想;Sobel 算子是对称一阶差分,中心加权具有平滑作用,检测边缘较宽;拉普拉斯算子是线性算子,具有各向同性和位移不变性,可以用来改善因光漫反射造成的模糊,对细线和孤立点检测效果较好。

(2) 实现方法:

a) 平滑滤波

Step1: 利用 `imread` 函数读入原始图像;

Step2: 利用 `imnoise` 函数对原始图像添加噪声,基本语法为:

$$J=\text{imnoise}(f,\text{type},\text{parameters})$$

其中, `type` 表示噪声的类型,主要用高斯噪声 ‘gaussian’ 和椒盐噪声 ‘salt&pepper’ 进行测试;

Step3: 利用 `fspecial` 函数生成特定尺寸的邻域平均模板,基本语法为:

$$w=\text{fspecial}(\text{'type'}, \text{parameters})$$

其中, `type` 表示滤波器类型, `parameters` 定义滤波器的参数,其中 `type` 设置为 ‘average’ 表示为矩形平均滤波器;

Step4: 利用 `imfilter` 函数配合邻域平均模板对图像数据进行二维卷积,对两种添加不同噪声的图像以邻域平均法进行平滑处理,基本语法为:

```
g=imfilter(f,w, filtering_mode, boundary_options,  
           size_options)
```

其中，w 代表模板，filtering_mode 代表滤波类型（可选参数为相关运算'corr'和卷积运算'conv'），boundary_options 代表边界选项（可选参数有填充值p、复制外边界扩展'replicate'、镜像反射边界扩展'symmetric'、周期扩展'circular'），size_options 代表大小选项（可选参数为与扩展图像大小相同'full'和与输入图像大小相同'same'）；

Step5: 利用 medfilt2 函数对两种添加不同噪声的图像以中值滤波法进行平滑处理，基本语法为：

```
g=medfilt2(f,[m,n],padopt)
```

其中，[m,n]指定中值滤波邻域大小，padopt 指定边界填充方式，'zeros'表示全填0，此为默认值；'symmetric'，f按照反射方式对称地沿边界进行扩展；'indexed'，若f为double类，则以1填充图像，否则以0填充图像。

Step6: 利用 imshow 将两种处理方法在添加了不同噪声图像上的平滑效果显示，并进行对比分析。

b) 锐化滤波

Step1: 首先利用 imread 函数读入原始图像；

Step2: 利用 fspecial 函数生成基于不同算子的滤波器，基本语法为：

```
w=fspecial('type', parameters)
```

其中，type 表示滤波器类型，parameters 定义滤波器的参数，

其中 type 设置为 ‘prewitt’、‘sobel’ 和 ‘lapacian’。

Step3: 利用 imfilter 函数配合邻域平均模板对图像数据进行二维卷积, 对的图像以三种基于不同算子的模板进行锐化处理, 基本语法为:

```
g=imfilter(f,w, filtering_mode, boundary_opitions,  
           size_options)
```

Step4: 利用 imshow 函数将三种基于不同算子的模板在图像上的锐化效果显示, 并进行对比分析。

2.3 图像傅里叶变换

(1) 基本原理

傅里叶变换将空间域和频率域结合起来, 一个空间域的序列通过傅里叶变换得到对应频率域的序列, 通过反变换可以得到原始序列。在傅里叶频谱图中, 空间频率信息的分布是按极坐标表示, 任意一点到频谱图像原点的距离代表该店空间频率的高低, 而与原点连线的方位角决定线性特征的走向, 明暗度表示相应频率上振幅大小。中间部分为低频部分, 即频谱能力集中部分, 越靠外频率越高。实际傅里叶变换通过快速傅里叶变换算法来实现, 快速傅里叶变换利用 w 的周期性将原函数分为奇偶项, 通过加减奇偶项得到结果。

(2) 实现方法

Step1: 首先利用 imread 函数读入原始图像;

Step2: 利用 fft2 函数对读入图像进行傅里叶变换, 基本语法为:

$$F=\text{fft2}(f,P,Q);$$

Step3: 返回的二维离散傅里叶变换数据排列形式为数据原点在左上

角，四个四分之一周期交汇于频率矩形中心，利用 `fftshift` 函数将变换原点移动至中心，基本语法为：

$$Fc = \text{fftshift}(F);$$

Step4: 利用 `abs` 函数获取频谱，并进行对数变换，语法如下所示：

$$S = \log(1 + \text{abs}(Fc));$$

Step5: 傅里叶逆变换可以用函数 `ifft2` 实现，基本语法为：

$$F = \text{ifft2}(f, P, Q);$$

Step6: 利用 `imshow` 函数对傅里叶变换及逆变换处理的图像显示；

2.4 图像频域滤波

(1) 基本原理

由傅里叶频谱的特性，低频对应着图像的慢变化分量，即图像中较为平坦大的区域；高频对应着图像中变化越来越快的灰度级，它反映了图像中物体的边缘和灰度级突发改变部分的图像成分。频域滤波的基本过程为输入原始图像，进行预处理，进行傅里叶变换，经过滤波函数的处理，进行傅里叶逆变换和后处理，最后输出滤波后图像。

(2) 实现方法

Step1: 首先利用 `imread` 函数读入原始图像；

Step2: 利用 `fft2` 函数对读入图像进行傅里叶变换，即 $F = \text{fft}(f)$ ；

Step3: 利用 `lpfilter` 函数构建频域滤波器，其基本语法如下：

$$H = \text{lpfilter}('guassian', M, N, \text{sig})$$

其中， M , N 代表滤波器大小， sig 代表方差；

Step4: 将变换乘以滤波函数： $G = H * F$ ；

Step5: 获得 G 的逆傅里叶变换的实部 $g=\text{real}(\text{ifft2}(G))$;

Step6: 利用 `imshow` 显示频域高斯滤波的效果，并与直接在空域中进行高斯滤波进行对比分析。

3、实验结果与分析

3.1 图像灰度变换

(1) 线性扩展实现灰度变换

使用 `imadjust` 函数对图像的灰度进行调节，改变其参数得到以下几种不同的调节效果，如图 1 所示。



图 1 灰度变换的调节效果对比图

分析：灰度变换时根据目标条件按照变换关系逐点改变原始图像中每个像素灰度值。反转灰度值中是将原始图像中 $[0,1]$ 的亮度值映射到 $[1,0]$ ，而左下子图的参数是 $[0.2,0.5]$ 映射到 $[0.75,1]$ ，代表原

始图像中 0.2 以下的截断映射到 0.75, 0.5 以上的截断映射到 1, 故会出现亮度扩展的现象; 下子图是改变 gamma 参数, 增强暗度, 不再是线性扩展。

(2) 直方图均衡化处理

对原始图片使用 imhist 函数处理得到其直方图, 再用 histeq 函数进行直方图均衡化处理, 得到处理后的直方图, 进而得到处理后图像。原始图像、原始图片的直方图、处理后的直方图、处理后的图像如图 2 所示。

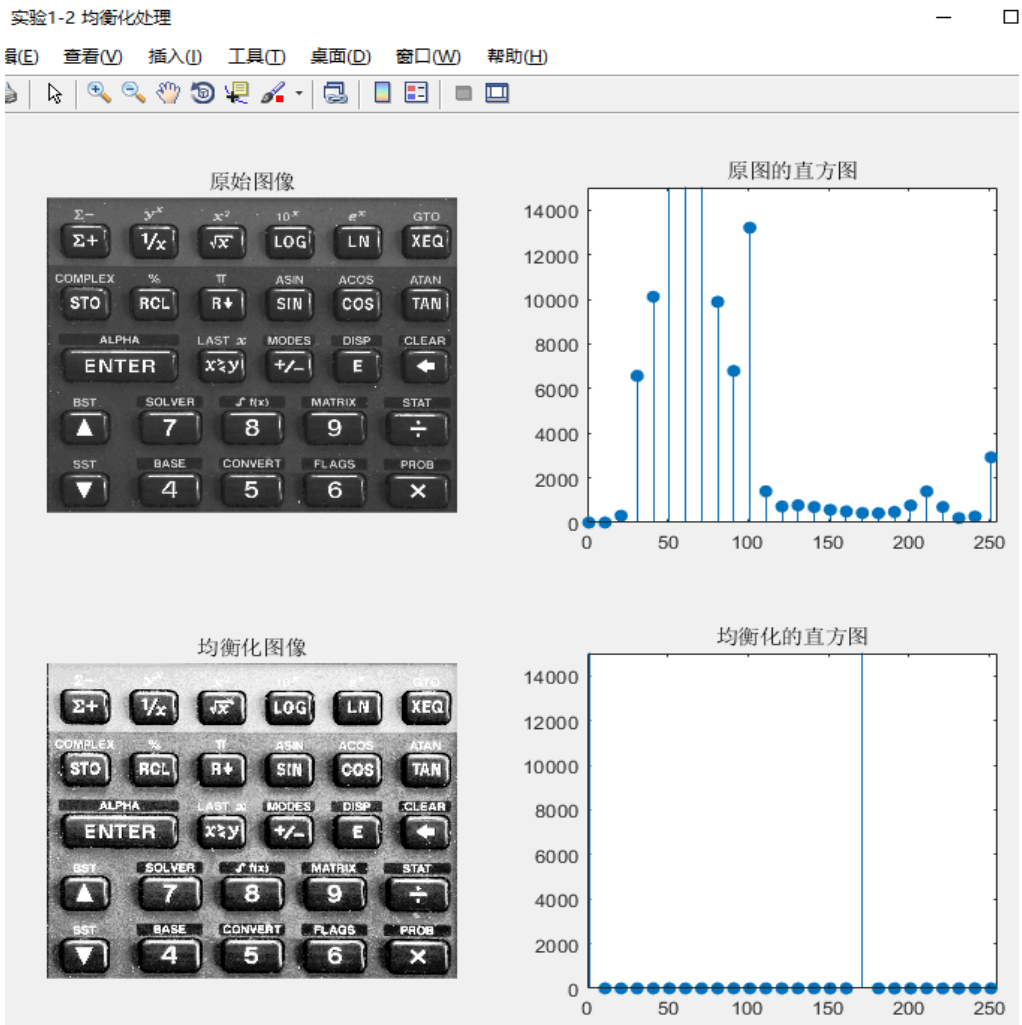


图 2 直方图均衡化处理前后效果对比图

分析：直方图均衡化的方法是非线性灰度变换，均衡化后的直方

图在整个灰度值动态范围内分布均匀化,改善了原图像的亮度分布状态。

3.2 图像空域变换

(1) 平滑处理

对原始图像添加高斯噪声和椒盐噪声,分别利用均值滤波和中值滤波对两种噪声图像进行处理,处理效果如图 3 所示。



图 3 均值滤波和中值滤波平滑效果对比图

分析: 对于高斯噪声,如中上子图所示,邻域平均法在降低噪声的同时使图像的边缘和细节模糊,如右上子图所示,中值滤波对高斯噪声的平滑处理效果不好,但是保留了边缘和细节信息;对于椒盐噪声,如中下子图所示,邻域平均法使图像模糊程度高且去噪效果不好,

而中值滤波在抑制噪声的同时有效保护边缘少受模糊。

(2) 锐化处理

利用 prewitt 算子、sobel 算子和 Laplacian 算子构造卷积模板，利用 `imfilter` 函数根据不同的模板对原始图像进行锐化处理，三种算子对应的处理效果如图 4 所示。

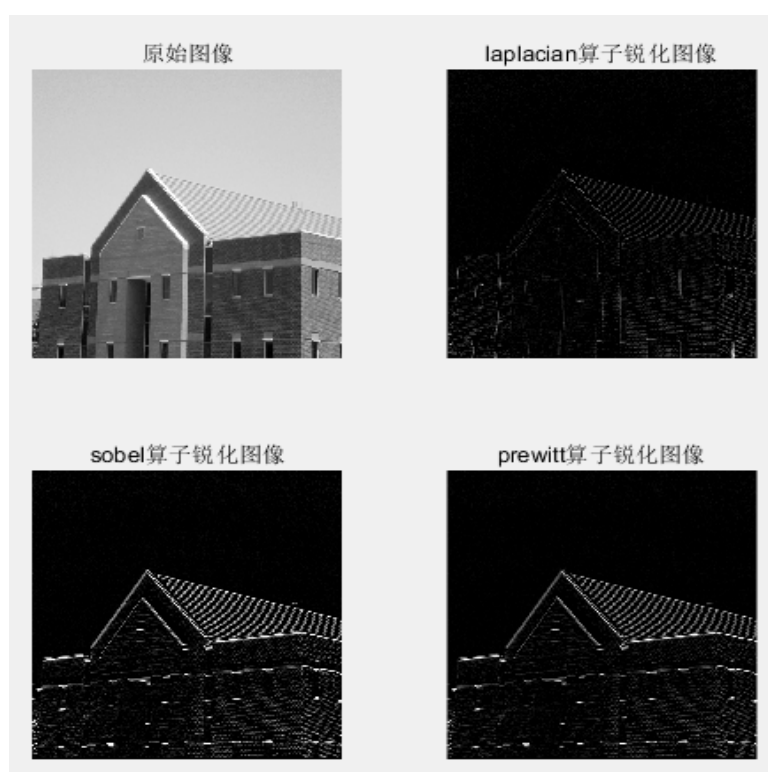


图 4 基于不同算子的锐化效果对比图

分析：根据下面两幅子图，可以看出基于 sobel 算子的模板具有平滑作用，检测出来的边缘较宽，而基于 prewitt 算子的模板处理后检测的边缘较窄，对低噪声的图像检测效果较好，二者都将原图的边缘细节凸显出来，灰度级不变的背景则为全黑。右上子图是基于 laplacian 算子的模板所处理的效果，可以看到处理后边缘部分只剩下杂乱无章的点，类似于在 sobel 算子运算过后筛选出剧烈突变的点，因而无法显示清晰的边缘。

3.3 图像傅里叶变换

利用二维离散傅里叶变换函数 `fft2` 处理原始图像，利用 `abs` 函数得到傅里叶变换的频谱图，将频谱图的中心移动至图像的中心并进行对数变换，对频谱图进行逆变换得到原始图像，整个处理流程的效果图如图 5 所示。

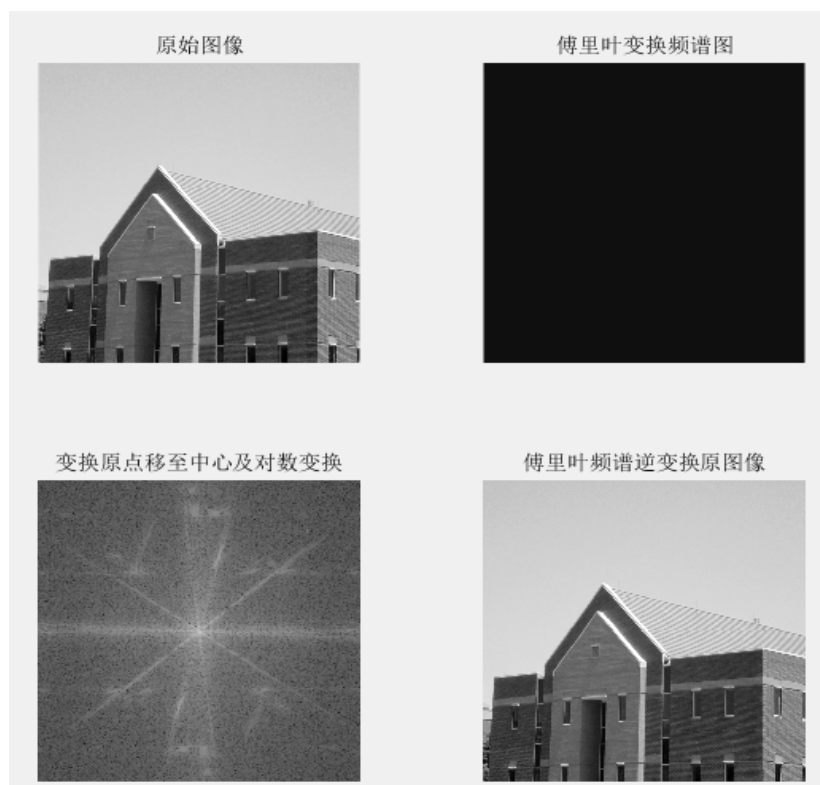


图 5 傅里叶变换的频谱图及逆变换效果图

分析：进行傅里叶变换后的频谱图中，高频分量对应图像的边缘，图像能量主要集中在低频分量上，将频谱中心移动到图像中心后更加适于观察。

3.4 图像频域滤波

对原始图像进行傅里叶变换，进而在频域中进行高斯滤波，同时在空域中直接进行高斯滤波，二者对比效果如图 6 所示。



图 4 基于不同算子的锐化效果对比图

分析：频域高斯滤波与空域中直接进行高斯滤波在边界上是不一致的，中间的子图表明频域高斯滤波具有明显的边界效应。所以实验中所采取的频域滤波方法并不能保证和空域滤波结果的完全一致性。

三、实验心得与体会

实验过程中主要的收获：

- (1) 基本熟悉了 Matlab 软件开发环境，熟悉对图像的基本处理操作；
- (2) 对课堂上所讲解的图像灰度变换、空域滤波、傅里叶变换、频域滤波等知识有了更加深刻的理解，通过实验有了直观的认识；
- (3) 了解了实验的设计方法和流程，通过对实验结果的对比分析，总结了现象所对应的相关原理，从而产生更加深刻的思考。

实验过程中的经验总结：

- (1) 在编写实验运行文件的时候，要注意和测试图像保持在同一文件夹下，否则只能用绝对路径读入测试图像，同时如果要使用工具函数，也要将其对应的文件与运行文件放在同一文件夹下；
- (2) 灰度变换时要根据不同预期效果来设置函数对应的参数，直方图均衡化的图像在整个灰度值动态变化范围内均衡分布，属于非线性

性灰度变换；

- (3) 在图像空域滤波中，用邻域平均法和中值滤波法在添加了不同噪声的图像上进行平滑处理，可以观察两种方法的平滑效果。使用基于三种不同算子的模板对图像进行锐化处理以观察各自的特点；
- (4) 在傅里叶变换中，要注意先进行傅里叶变换，再移动变换原点，顺序不可以改变。在频域滤波的实验中，将频域中点乘的操作和在空域中卷积的操作对比，发现效果有所差异，需要进一步解决此问题。

四、存在的主要问题和建议

在构建频域高斯低通滤波器，利用频域滤波的方法对原图像进行频域滤波处理，将频域滤波的结果与直接在空域进行高斯滤波的效果进行对比，发现二者不一致。查阅资料分析，差异性的原因在于从空域模板转化到频域滤波时候，没有合理处理空域滤波器的延拓和布局问题，可以根据参考资料进一步解决此问题。