
大数据与信息工程学院

《数字图像处理》实验指导书

适用专业：通信工程

贵州大学

2013 年 5 月

前言

通过本课程的学习要求学生学习和掌握数字图像处理中的一些基本理论和处理方法：图像的基本运算和变换，图像的增强处理（平滑滤波、锐化滤波、频域滤波）及简单的图像复原处理方法。为了使学生更好的理解和深刻掌握以上知识，培养学生对数字图像的分析 and 处理能力设置了以下几个实验项目：

实验一 图像的基本运算及常用变换；

实验二 数字图像的空域增强处理；

实验三 数字图像的频域增强处理

实验四 数字图像复原处理。

学生应认真阅读《数字图像处理》教材中的与实验相关的章节内容，提前做好实验预习，做到每个实验前明确实验目的、掌握实验的基本内容及操作方法；在实验中正确使用实验设备，认真观察实验结果；实验后根据要求做好总结，上交实验报告。

目 录

实验一 图像的基本运算及常用变换.....	1
实验二 数字图像的空域增强处理.....	6
实验三 数字图像的频域增强处理.....	9
实验四 数字图像复原处理.....	12
实验报告的基本内容及要求	14

实验一 图像的基本运算及常用变换

实验学时：2

实验类型：验证

实验要求：必修

一、实验目的

通过本实验的学习使学生熟悉 MATLAB 图像处理工具箱的编程和使用；

掌握数字图像的基本算术运算和逻辑运算的原理和应用；

掌握常用的变换：二维离散傅立叶变换、二维离散余弦变换的正反变换，及一些性质的验证。

二、实验内容

- 1、彩色图像文件的读取和显示。
- 2、利用 8 邻域平均法对图像去噪。
- 3、编写程序。读取图像 manface1.jpg 和 manface2.jpg。用两图像相减的方式获取运动轨迹
- 4、二维离散傅立叶变换的平移性质验证。
- 5、二维离散余弦变换的应用。

三、实验原理

- 1、图像文件的读取：imread 函数

语法：

```
A = imread( 'filename' ,fmt)
[X,map] = imread( 'filename' ,fmt)
[...] = imread( 'filename' )
[...] = imread(...,idx)    (CUR, ICO, and TIFF only)
[...] = imread(...,ref)    (HDF only)
[...] = imread(...,'BackgroundColor',BG) (PNG only)
[A,map,alpha] = imread(...) (PNG only)
```

- 2、图像文件的显示：imshow 函数

当用户调用 `imshow` 函数显示一幅图像时，该函数将自动设置图像窗口、坐标轴和图像属性。这些自动设置的属性具体包括图像对象的 `CData` 属性和 `CDataMapping` 属性、坐标轴对象的 `CLim` 属性、图像窗口对象的 `Colormap` 属性。

另外，根据用户使用参数的不同，`imshow` 函数在调用时除了完成前面提到的属性设置外还可以完成以下的操作：

设置其它的图形窗口对象的属性和坐标轴对象的属性以优化显示效果，如可以设置隐藏坐标轴及其标示等。包含和隐藏图像边框。调用 `true_size` 函数以显示没有彩色渐变效果的图像。

语法：

```
imshow(I, n)
imshow(I, [low high])
imshow(BW)
imshow(X, map)
imshow(RGB)
imshow(..., display_option)
imshow(x, y, A, ...)
imshow filename
h = imshow(...)
```

- 3、在图像处理中一种最简单的图像恢复算法是利用其邻域像素的值求和再取平均来得到改点的一个恢复值：

$$f(x, y) = \frac{1}{9} [f(x-1, y-1) + f(x-1, y) + f(x-1, y+1) + f(x, y) + f(x, y-1) + f(x, y+1) + f(x+1, y-1) + f(x+1, y) + f(x+1, y+1)]$$

- 4、运动检测原理：在序列图像中，通过逐像素比较可直接求取前后两帧图像之间的差别。

假设照明条件在多帧图像间基本不变化，那么差图像中的不为零处表明该处的像素发生了移动。换句话说，对时间上相邻的两幅图像求差可以将图像中目标的位置和形状变化突出出来。

- 5、Matlab 中的 `fft2` 函数

语法：

```
Y = fft2(X)
Y = fft2(X, m, n)
```

- 6、Matlab 中的 `ifft2` 函数

语法：

$$Y = \text{ifft2}(X)$$
$$Y = \text{ifft2}(X, m, n)$$

7、二维傅立叶变换的平移性质。

8、Matlab 中二维离散余弦变换函数 `dct2`

语法：

$$B = \text{dct2}(A)$$
$$B = \text{dct2}(A, m, n)$$
$$B = \text{dct2}(A, [m \ n])$$

9、Matlab 中的函数 `dctmtx`

此函数可以用来求离散余弦变换的变换矩阵 D 。

语法：

$$D = \text{dctmtx}(n)$$

10、DCT 域的图像压缩原理。

离散余弦变换 DCT (Discrete Cosine Transform) 是数码率压缩的一个常用的变换编码方法。DCT 是先将整体图像分成 $N \times N$ 像素块，然后对 $N \times N$ 像素块逐一进行 DCT 变换。在变换编码中一个很重要的因素是块的大小。最通用的大小是 8×8 和 16×16 ，由于计算方面的原因，两个都是 2 的乘方。若是采用 8×8 的变换块，则得到的变换为 $C(u, v)$ 称为 DCT 系数。

此矩阵的左上角系数 $G(1,1)$ 相当于最低频率的系数，简称为子图像的直流 (DC) 系数或直流成分；除此之外的 $C(u, v)$ 均为交流系数。在右下角的系数 $G(8,8)$ 是最高频率的系数；在右上角的系数 $G(1,8)$ ，表示水平方向频率最高，垂直方向频率最低的系数；在左下角的系数 $G(8,1)$ ，表示垂直方向频率最高，水平方向频率最低的系数。

另外在进行 DCT 变换以前，二维空间图像亮度数据通常较高，应该先进行向下电平移位。如果是 256 灰度级，则将亮度值剪掉 128。

由于大多数图像的高频分量较少，相应于图像高频分量的系数经常为零，加之人眼对高频成分的失真不太敏感，所以可用更粗的量化。因此，传送变换系数的数码率要大大小于传送图像像素所用的数码率。到达接收端后通过反离散余弦变换回到原值。虽然会有一定的失真，但人眼是可以接受的。

例：有一幅灰度图像为：

139	144	149	153	155	155	155	155
144	151	153	156	159	156	156	156
150	155	160	163	158	156	156	156
159	161	162	160	160	159	159	159
159	160	161	162	162	155	155	155
161	161	161	161	160	157	157	157
162	162	161	163	162	157	157	157
162	162	161	161	163	158	158	158

电平移位后为：

11	16	21	25	27	27	27	27
16	23	25	28	31	28	28	28
22	27	32	35	30	28	28	28
31	33	34	32	32	31	31	31
31	32	33	34	34	27	27	27
33	33	33	33	32	29	29	29
34	34	33	35	34	29	29	29
34	34	33	33	35	30	30	30

DCT 系数

235.6	-1.0	-12.1	-5.2	2.1	-1.7	-2.7	1.3
-22.6	-17.5	-6.2	-3.2	-2.9	-0.1	0.4	-1.2
-10.9	-9.3	-1.6	1.5	0.2	-0.9	-0.6	-0.1
-7.1	-1.9	0.2	1.5	0.9	-0.1	0.0	0.3
-0.6	-0.8	1.5	1.6	-0.1	-0.7	0.6	1.3
1.8	-0.2	1.6	-0.3	-0.8	1.5	1.0	-1.0
-1.3	-0.4	-0.3	-1.5	-0.5	1.7	1.1	-0.8
-2.6	1.6	-3.8	-1.8	1.9	1.2	-0.6	-0.4

从上面的 DCT 变换系数矩阵可以看出高频分量占得很少。所以对于系数小的我们可以分配较少的比特，大的系数可以分配较多的比特，对其进行量化编码。

四、实验组织运行要求

集中授课的教学形式

五、实验条件

计算机一台；

Matlab 软件

六、实验步骤

- 1、读取一个彩色图像文件并显示。将此图像转换为 256 色的灰度图像。用 `subimage` 函数将彩色图像和灰度图像同时显示。
- 2、读取灰度图像。用 `imnoise` 函数加入椒盐噪声；采用 8 邻域像素平均的方法对有噪声的图像去噪。同时显示原图像，噪声图像，和恢复后的图像。加入不同参数的椒盐噪声比较实验结果。
- 3、编写程序。产生一个 50×50 的矩阵。其中第 $(20, 10)$ 到 $(20, 15)$ 的值为 255。其余矩阵元素为 0。对该矩阵做二维傅立叶变换，并显示其频谱图。将该图像中的目标向 y 方向平移。即将 $(20, 35)$ 到 $(20, 40)$ 的元素置为 255。其余值为 0。对该矩阵做二维傅立叶变换，并显示其频谱图。对两频谱图进行比较，得出结论。依照以上方法验证傅立叶变换的 X 方向的平移性质。
- 4、对给定图像进行二维 DCT 变换，并将 DCT 系数矩阵中值小于给定阈值的元素置为 0，然后使用反离散余弦变换重建图像。同时显示原图像和重建图像。

七、思考题

- 1、时域图像在 X 方向、 Y 方向有平移时，其频谱是否会发生变化？
- 2、如果对图像做旋转处理后，其频谱会发生什么变化？

八、实验报告

- 1、实验预习：前期实验和教材相关内容。
- 2、实验记录：根据设计方案记录结果。
- 3、实验结果：根据记录结果与预期结果对比。

实验二 数字图像的空域增强处理

实验学时：2

实验类型：验证

实验要求：必修

一、实验目的

通过本实验的学习使学生熟悉和掌握数字图像中的空域增强的一些典型方法：直方图的均衡化处理、平滑滤波、锐化滤波。

二、实验内容

- 1、对灰度图像进行直方图的均衡化处理，达到图像增强的目的。
- 2、利用平均滤波和中值滤波对图像进行平滑滤波。
- 3、利用拉普拉斯运算对图像进行锐化滤波。

三、实验原理

1、直方图均衡化：

基本思想：把原始图的直方图变换为均匀分布的形式，这样就增加了灰度值的动态范围从而达到增强图像整体对比度的效果。其优点是能自动地增强整个图像的对比度。

均衡化步骤：(1) 列出原始灰度级；

(2) 归一化原始灰度级；

(3) 统计原始直方图个灰度级像素 n_k ；

(4) 计算原始直方图；

(5) 计算累计直方图；

(6) 确定映射关系（原则是：取最靠近的灰度级别）；

(7) 统计新直方图各灰度级像素 n_k

(8) 计算新直方图；

也可以用以下方法：

(1) 计算出原始图像的所有灰度级 s_k ， $k = 0, 1, \dots, L-1$ ；

(2) 统计原始图像各灰度级的像素数 n_k ；

(3) 计算原始图像的直方图 $p(s_k) = \frac{n_k}{n}$, $k = 0, 1, \dots, L-1$;

(4) 计算原始图像的累积直方图

$$t_k = EH(s_k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n} = \sum_{i=0}^k p_s(s_i);$$

(5) 取整运算:

$$t_k = \text{int}[(N-1)t_k + \frac{k}{N}];$$

(6) 定义映射关系 $s_k \rightarrow t_k$;

(7) 统计新直方图各灰度级的像素数 n_k ;

(8) 计算新的直方图 $p_t(t_k) = \frac{n_k}{n}$;

2、邻域平均法

对含噪声原始图像 $f(x, y)$ 的每个像素点取一个邻域 S 。计算 S 中的所有像素灰度级的平均值, 作为空间域平均处理后图像 $g(x, y)$ 的像素值。即:

$$g(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(x, y) \in S} f(x, y)$$

其中 M 为邻域 S 中的像素点数。

3、中值滤波

对含噪声原始图像 $f(x, y)$ 的每个像素点取一个邻域 S (一般选取奇数点模板窗口)。选取 S 中的所有像素灰度级的中间值, 作为空间域平均处理后图像 $g(x, y)$ 的像素值。即:

$$g(x, y) = \text{Med}_S\{f(x, y)\}$$

4、拉普拉斯运算实现图像锐化

四邻域拉普拉斯算子

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x, y) &= \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \\ &= -5\{f(x, y) - \frac{1}{5}[f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) + f(x, y)]\} \end{aligned}$$

而锐化后的图像可以定义为:

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

四、实验组织运行要求

集中授课的教学形式

五、实验条件

计算机一台；

Matlab 软件

六、实验步骤

1、编写函数 imagehist。

其功能为：求给定图像直方图，并显示。

2、编写函数 imageeq1。其功能为：对图像做直方图均衡化处理。

3、调用函数 imagehist，来求图像 lenna.tif 的直方图。调用 MATLAB 函数 imhist，来求图像 lenna.tif 的直方图。并比较 imagehist 和 imhist 两者所得结果有无异同。

4、编写 m 文件。调用函数 imageeq1 和库函数 histeq，对图像 lenna.tif 作直方图均衡化处理。同时显示原图像、原始图像的直方图、均衡化的图像、均衡化后的直方图。比较两种增强方式的结果。

5、编写均值滤波函数和中值滤波函数。

6、分别利用自编函数和库函数对图像进行图像去噪处理。

7、对图像进行拉普拉斯运算并比较结果。

七、思考题

1、平滑滤波和锐化滤波有和相同点、不同点及联系？

2、直方图的均衡化增强的原理？

八、实验报告

1、实验预习：前期实验和教材相关内容。

2、实验记录：根据设计方案记录结果。

3、实验结果：根据记录结果与预期结果对比。

实验三 数字图像的频域增强处理

实验学时：2

实验类型：验证

实验要求：必修

一、实验目的

通过本实验的学习使学生熟悉和掌握数字图像中频域增强的基本原理及应用。

二、实验内容

1、利用低通滤波器对图像增强。

2、利用高通滤波器对图像增强。

三、实验原理

1、频域增强原理：

设函数 $f(x, y)$ 与线性位不变算子 $h(x, y)$ 的卷积结果是 $g(x, y)$ ，即

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y)$$

那么根据卷积定理在频域有

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v)$$

其中， $G(u, v)$ 、 $H(u, v)$ 、 $F(u, v)$ 分别是 $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$ 、 $f(x, y)$ 的傅立叶变换。

频域增强的主要步骤：

- (1) 计算所需增强图像的傅立叶变换；
- (2) 将其与一个（根据需要设计的）转移函数相乘；
- (3) 再将结果进行傅立叶反变换以得到增强的图。

2、低通滤波器

图像的能量大部分集中在幅度谱的低频和中频部分，而图像的边缘和噪声对应于高频部分，所以低通滤波器可以降低噪声的影响。

- (1) 理想低通滤波器

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{if } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{if } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

其中 D_0 是一非负整数

$D(u, v)$ 是从点 (u, v) 到频率平面原点的距离。

$$D(u, v) = (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}。$$

(2) 巴特渥斯低通滤波器

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D(u, v)/D_0]^{2n}} \quad \text{其中: } n \text{ 是阶数。}$$

3、高通滤波器

图像中的边缘对应高频分量，所以要锐化图像可以采用高通滤波。

(1) 理想高通滤波器

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{if } D(u, v) \leq D_0 \\ 1 & \text{if } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

(2) 巴特渥斯高通滤波器

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [D_0/D(u, v)]^{2n}} \quad \text{其中: } n \text{ 是阶数。}$$

四、实验组织运行要求

集中授课的教学形式

五、实验条件

计算机一台；

Matlab 软件

六、实验步骤

- 1、编写程序。读取图像，并对其加入“盐和胡椒”噪声。对噪声图像做理想低通滤波和巴特渥斯低通滤波处理。比较选择不同参数时的实验结果。
- 2、编写程序。读取图像。对图像做理想高通滤波和巴特渥斯高通滤波处理。比较选择不同参数时的实验结果。

七、思考题

- 1、理想低通滤波时振铃效应的产生的原因？

八、实验报告

- 1、实验预习：前期实验和教材相关内容。
- 2、实验记录：根据设计方案记录结果。
- 3、实验结果：根据记录结果与预期结果对比。

实验四 数字图像复原处理

实验学时：2

实验类型：验证

实验要求：必修

一、实验目的

通过本实验的学习使学生熟悉和掌握数字图像复原中的逆滤波和维纳滤波的原理及应用

二、实验内容

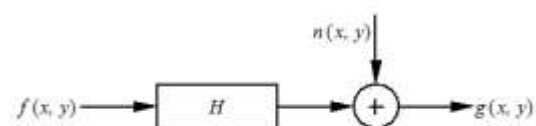
- 1、利用逆滤波对图像进行复原。
- 2、利用维纳滤波对图像进行复原。

三、实验原理

1、图像退化模型

空域：

$$g(x, y) = H[f(x, y)] + n(x, y)$$



2、逆滤波原理

频域：

$$G(u, v) = F(u, v)H(u, v) + N(u, v)$$

$$\hat{I}(u, v) = J(u, v) / H(u, v) \quad u, v = 0, 1, \dots, N-1$$

$$\hat{f}(x, y) = \mathcal{F}^{-1} \left\{ \frac{G(u, v) - N(u, v)}{H(u, v)} \right\} = \mathcal{F}^{-1} \left\{ F(u, v) - \frac{N(u, v)}{H(u, v)} \right\}$$

3、维纳滤波

复原公式：

$$\begin{aligned}\hat{F}(u, v) &= \left[\frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + S_n(u, v) / S_f(u, v)} \right] G(u, v) \\ &= \left[\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_n(u, v) / S_f(u, v)} \right] G(u, v)\end{aligned}$$

如果噪声为 0，则维纳滤波退化为逆滤波。

如果噪声功率谱和信号功率谱都是未知或不能估计时可近似为：

$$\hat{F}(u, v) = \left[\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + K} \right] G(u, v)$$

四、实验组织运行要求

集中授课的教学形式

五、实验条件

计算机一台；

Matlab 软件

六、实验步骤

- 1、编写逆滤波复原程序。读取图像，人工产生一个模糊图像，通过逆滤波方法对该模糊复原。人工产生一个模糊且带有噪声的图像，过逆滤波方法对该模糊复原。比较无噪声和有噪声时逆滤波的复原效果。计算复原后图像的 PSNR。
- 2、编写维纳滤波复原程序。人工产生一个模糊且带有噪声的图像，利用维纳滤波方法对该模糊复原。计算复原后图像的 PSNR，与逆滤波的复原效果比较。

七、思考题

- 1、逆滤波的特点？
- 2、维纳滤波实现时的难点？

八、实验报告

- 1、实验预习：前期实验和教材相关内容。
- 2、实验记录：根据设计方案记录结果。
- 3、实验结果：根据记录结果与预期结果对比。

实验报告的基本内容及要求

每门课程的所有实验项目的报告必须以课程为单位装订成册，格式详见附件五。实验报告应体现预习、实验记录和实验报告，要求这三个过程在一个实验报告中完成。

1. 实验预习

在实验前每位同学都需要对本次实验进行认真的预习，并写好预习报告，在预习报告中要写出实验目的、要求，需要用到的仪器设备、物品资料以及简要的实验步骤，形成一个操作提纲。对实验中的安全注意事项及可能出现的现象等做到心中有数，但这些不要求写在预习报告中。

设计性实验要求进入实验室前写出实验方案。

2. 实验记录

学生开始实验时，应该将记录本放在近旁，将实验中所做的每一步操作、观察到的现象和所测得的数据及相关条件如实地记录下来。

实验记录中应有指导教师的签名。

3. 实验总结

主要包括对实验数据、实验中的特殊现象、实验操作的成败、实验的关键点等内容进行整理、解释、分析总结，回答思考题，提出实验结论或提出自己的看法等。

贵州大学实验报告

学院：

专业：

班级：

姓名		学号		实验组	
实验时间		指导教师		成绩	
实验项目名称					
实验目的					
实验要求					
实验原理					
实验仪器					
实验步骤					

实 验 内 容	
实 验 数 据	
实 验 总 结	

注：各学院可根据教学需要对以上栏木进行增减。表格内容可根据内容扩充。