

实验一 空域图像增强和滤波

时间： AM 08:30-10:05, 2018.10.12(星期五)

地点：信软学院西 303, 沙河校区

一、实验目的

1. 熟悉和掌握利用 MATLAB 工具进行数字图像的读、写、显示、像素处理等数字图像处理的基本步骤和流程;
2. 熟练掌握各种空间域图像增强的基本原理及方法;
3. 熟悉通过灰度变换方式进行图像增强的基本原理、方法和实现;
4. 熟悉直方图均衡化的基本原理、方法和实现;
5. 了解数字图像的空域平滑滤波和锐化滤波器的概念和基本原理;
6. 熟悉和掌握几种基本的空间域低通滤波原理和实现方法;
7. 熟悉和掌握几种基本的空间域统计排序滤波原理和实现方法;
8. 熟悉和掌握几种基本的空间域高通滤波原理和实现方法;
9. 能熟练利用 MATLAB 工具编程实现数字图像的各种空间域滤波处理。

二、实验内容

本次实验主要包括数字图像的灰度变换、直方图处理、空间域平滑和空间域锐化四大部分内容。

(一) 数字图像的灰度变换

1、线性灰度变换

- 1) 读取一幅对比度低的灰度图像 (如图 1-1), 并显示。

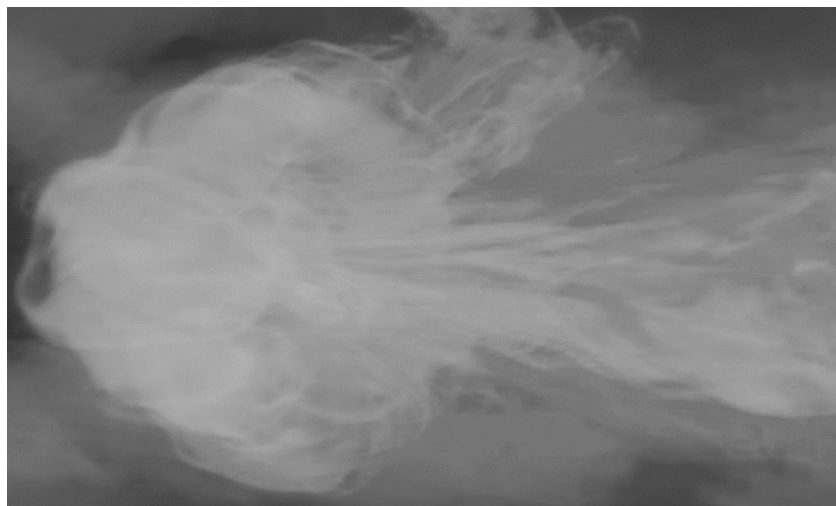


图 1-1 原始低对比度图像（可下载原图，也可自行选图）

2) 以 m 文件形式编写 MATLAB 代码，实现数字图像的灰度范围由[a,b]到[c,d]的线性拉伸，以便于提升原图像的对比度。线性灰度变换公式如下：

$$g(x, y) = \begin{cases} d & f(x, y) > b \\ \frac{d-c}{b-a}[f(x, y) - a] + c & a \leq f(x, y) \leq b \\ c & f(x, y) < a \end{cases} \quad (1)$$

其中， $f(x, y)$ 为原始图像，灰度范围为[a,b]， $g(x, y)$ 为增强后的数字图像，灰度范围为[c,d]。

注：实验中[a,b]可由实际图像来确定，[c,d]可视具体情况人为给定。

3) 显示经过线性灰度变换后的图像，并对变换结果进行必要的分析，画出灰度变换曲线图。（要求：在同一窗口中分别显示原始图像、变换结果及其直方图。）

4) 以另一个文件名形式保存灰度变换后的图像。

2、非线性灰度变换（对数变换或幂律变换选作其一）

1) 读取一幅灰度图像（如图 1-2 所示），并显示。

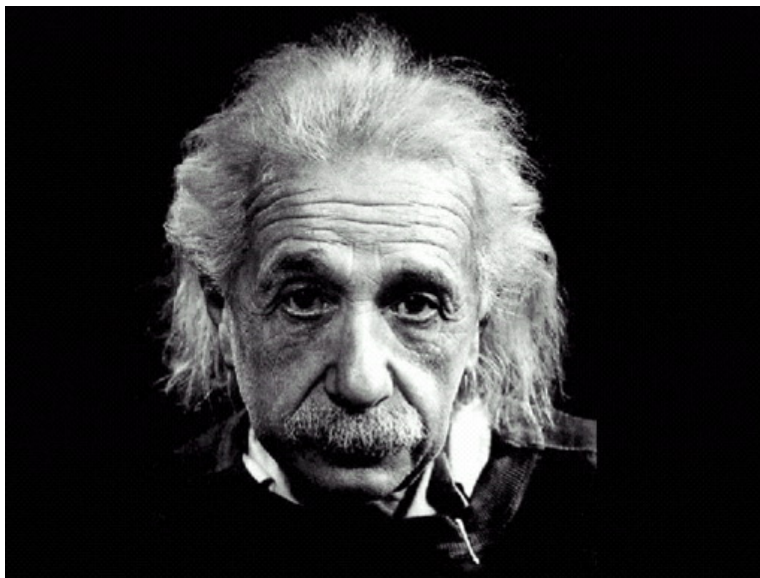


图 1-2 待处理图像（可下载原图，也可自行选图）

2) 分别对其进行对数变换或幂律（伽马）变换。即

对数变换公式为：

$$g(x, y) = c \log(1 + f(x, y)) \quad (2)$$

幂律（伽马）变换为：

$$g(x, y) = cf(x, y)^r \quad (3)$$

注：进行变换前，应根据需要分别选取合适的对数或幂律函数，即确定式（2）和（3）中适当的 c 、 r 等调节因子。

3) 显示变换后的图像，并利用 MATLAB 工具画出对数或幂律变换曲线。

4) 以另一个文件名形式保存变换后的图像。

（二）直方图处理

1) 读取一幅灰度图像（如图 1-3），并显示原始图像。



图 1-3 原始图像 (pout.tif, MATLAB 系统自带测试图)

2) 编写 m 文件实现对输入图像 2 种定义下的**直方图统计**统计 (即各个灰度级出现的次数及概率分布), 并分别画出两种定义下的直方图。

3) 对输入灰度图像进行直方图均衡化处理, 分别显示均衡处理前后的图像和对应的直方图。

4) 对输入灰度图像进行直方图规定化处理, 要求规定的直方图为**高斯分布**, 分别显示均衡处理前后的图像和对应的直方图。

基本要求: 根据直方图均衡化原理自行编写基础代码, 不能直接调用 histeq() 函数进行处理。

(三) 数字图像的空域平滑滤波 (**要求边界处理**)

1、邻域均值滤波

实验操作及处理步骤如下:

- (1) 读入一幅原始灰度图像。
- (2) 在读入的原始图像中加入高斯白噪声。
- (3) 设计如下空间域的 3×3 均值滤波器 H_1 和 5×5 高斯滤波器 H_2 , 如下式(4)~(5)所示。

$$H_1 = \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$H_2 = \frac{1}{273} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 7 & 26 & 47 & 26 & 7 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

(4) 分别利用 H_1 和 H_2 对第(2)步中加噪声的图像进行滤波处理，对处理结果进行必要的分析。

(5) 显示原图、加噪声图及处理结果，如图 1-4 所示。

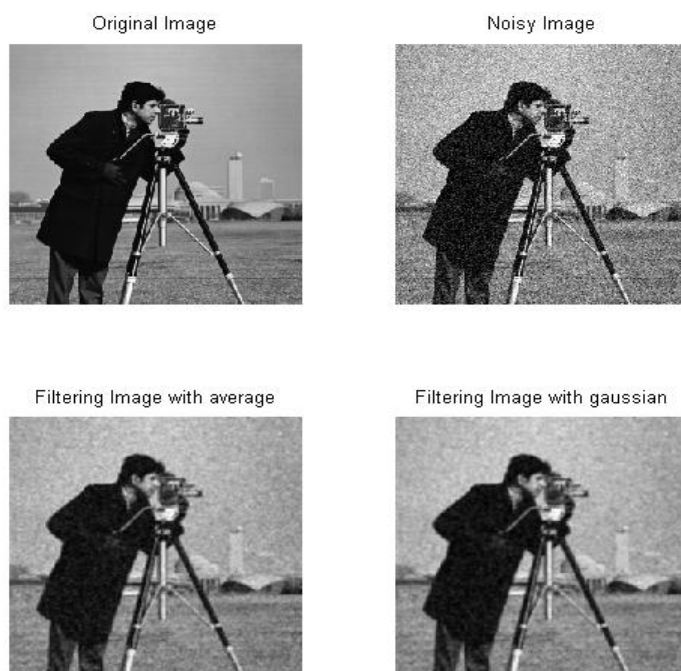


图 1-4 空域平滑滤波处理

2、统计排序滤波

实验操作及处理步骤如下：

(1) 读入一幅原始灰度图像，显示原始图像，如图 1-5 所示。



图 1-5 原始图像

- (2) 在读入的原始图像中加入椒盐噪声。
- (3) 试分别利用最小值、中值和最大值滤波 3 种滤波方式，对第(2)步中加噪声的图像进行滤波处理，并对处理结果进行必要的分析。
- (4) 显示加噪声图及处理结果，如图 1-6 所示。

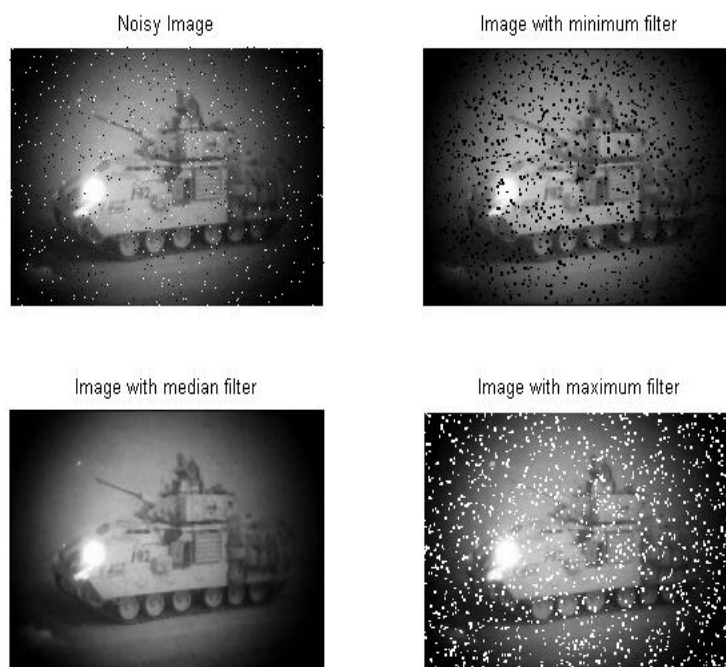


图 1-6 统计排序滤波处理结果

(四) 数字图像的空域高通滤波（要求边界处理）

1、一阶梯度算子

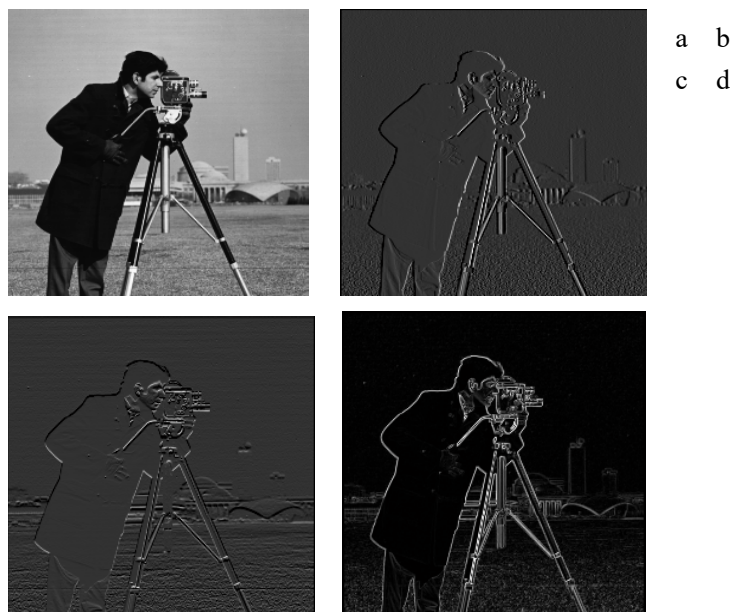
实验操作及处理步骤如下：

- (1) 读入一幅原始图像。
- (2) 设计如下所示的 3×3 一阶梯度算子（Prewitt 滤波器）。

$$g_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, g_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

(3) 利用以上式(6)滤波器, 对第(1)步中读入图像分别进行滤波处理。

(4) 分别显示原图、x/y 方向梯度图及合成梯度图, 如图 1-7 所示。



(a) 原图; (b) x 方向梯度; (c) y 方向梯度; (d) 合成梯度(幅度)图

图 1-7 图像的一阶梯度图

2、Laplacian 算子

实验操作及处理步骤如下:

(1) 读入一幅原始灰度图像。

(2) 设计如下所示的 3×3 Laplace 滤波器模板。

$$H_{lap} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

(3) 利用上述滤波器, 对第(1)步中读入图像进行滤波, 对处理结果进行必要的分析。

(4) 显示原图及滤波结果, 如图 1-8 所示。



(a) 原图

(b) 滤波结果

图 1-8 数字图像的 Laplace 滤波

3、反锐化掩模处理 (Unsharp masking)

实验操作及处理步骤如下：

- (1) 读入一幅原始灰度图像。
- (2) 利用如式(4)或(5)所示的平滑滤波器，进行平滑滤波。
- (3) 用原始图减去第(2)步处理结果，得到 Unsharp 掩模图像。
- (4) 再用原始图加上 Unsharp 掩模图像（即上一步的结果），即得到反锐化处理图像。
- (5) 显示各个处理步骤的结果，如图 1-9 所示。



图 1-9 图像的 Unsharp masking 结果

4、高提升滤波

实验操作及处理步骤如下：

- (1) 读入一幅原始灰度图像。
- (2) 设计如下式(8)所示的 3×3 Laplace 高提升滤波器。

$$H_1 = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

- (3) 利用以上滤波器，对第(1)步中读入图像进行滤波，对处理结果进行必要的分析。
- (4) 显示原图及滤波结果，如图 1-10 所示。



(a) 原图

(b) 滤波结果

图 1-10 图像的高提升滤波

三、实验报告及要求

1. 原始图像可在课程网站“实验指导”中下载，也可根据需要自行选择合理的待处理图像。
2. 简述实验原理。
3. 根据各个实验内容分别叙述其实验步骤、程序设计流程图（[建议用 Visio 软件](#)），并对实验结果进行必要的分析和总结。
4. 要求提交 MATLAB 源代码，以 xxx.m 文件名形式保存，并注意程序代码书写的规范性。
5. 严格按电子科技大学《实验报告》的相关要求，撰写实验报告，并按时提交纸质版实验报告。代码及处理图形打印后粘贴于实验报告的相应位置。

[实验报告中还需要回答和完成以下思考题。](#)

四、思考题

1. 为了扩展一幅图像的灰度，使其最低灰度为 C 、最高灰度为 $L-1$ ，试给出一个单调的灰度变换函数。
2. 数字图像经过对数变换与幂律变换后，变换结果有什么差异？请按不同参数的取值范围进行具体分析。
3. 从连续函数的概率分布来分析，直方图均衡处理可以使得各个灰度级分布变为均匀分布，即拉平直方图。而对实际数字图像的处理结果却是一种近似平直，而不是严格意义上的均匀直方图，试说明其理由。
4. 简要叙述数字图像空域平滑与锐化滤波的异同和作用。
5. 一幅数字图像经高通滤波后，滤波结果是图像的高频还是低频成分。图像的低频成分和高频成分分别反映了图像区域的什么特征？
6. 设计空间域平滑和锐化滤波器的一般性原则分别是什么，即空域平滑模板和锐化模板各自的特点有哪些？

提示与备注

1. 读入一幅数字图像进行处理前，需要注意以下几点：
 - 1) 如果输入图像为 24 位 RGB 真彩色图像，则需要对其进行灰度化处理。
 - 2) 对单个像素点（像元）进行循环处理时，需要转换类型为双精度（double）型；以免或编译错误，或因数据类型问题造成计算精度误差。另外，MATLAB 的数组或矩阵元素的序号，是从 1 开始的，即 $x(1)$ ，而 $x(0)$ 是不能识别的。这点与 c 语言是不一样的。
 - 3) 处理结束，需要正确显示结果时，应再次转换为 matlab 认可的图像类型（如 `uint8(im)`, `imshow(im,[])`, `mat2gray(im)`等），才可能得到正确合理的显示结果。

2. 本实验中可能用到的部分 MATLAB 函数功能提示：

```
% =====
%  程序运行前的清理工作
% =====
clc,           % 清屏
clf,           % 清除当前的图形窗口
clear all,     % 清除工作区所有变量，释放内存
```

```

close all,          % 关闭所有运行的 matlab 图形窗口

% =====
imread (...),       % 读取图像
imshow(...), imview(...) % 显示图像
imwrite(...),       % 保存图像
% =====

[m n]=size(...), % 求图像尺寸
rgb2gray(...),   % 彩色图像灰度化
mat2gray(...),   % 矩阵数据转换为灰度图像类型
double(...),     % 转为双精度数据类型
uint8(...),      % 转为无符号 8 位数据类型
sort(...),       % 数据排序
min(...), median(...), max(...), % 一维数组/序列的最小值、中值或最大值。
min(min(.)), median(median(.)), max(max(.)),
                                % 2 维矩阵/数组的最小值、中值或最大值。

% =====
% 灰度调整/变换相关函数
% =====

J=imadjust(I);
J=imadjust(I,[low_in; high_in],[low_out; high_out]);
J=imadjust(I,[low_in; high_in],[low_out; high_out],gamma).

% =====
% 绘图相关功能函数
% =====

plot(x,y),          % 绘制 y=f(x)函数曲线
subplot(m,n,k)      % 同一窗口显示 m 行 n 列第 k 个图像
stem, bar(...), hist(...) % 绘制数据柱状图/直方图
imhist(...)         % 绘制图像直方图
histeq(...)         % 图像的直方图均衡化

```

注：各个函数的参数说明及具体用法，可查阅相关的 matlab 帮助文件。获取 “X
XX()” 函数的用法，可在命令窗口（Command Window）键入：“doc XXX” 获得详细
说明。

(1) 基本函数

```
imread();           % 读图像
```

```

imwrite( );           % 保存图像
imshow( ), imview();  % 显示图像
plot(x,y);            % 绘制  $y=f(x)$ 函数曲线
subplot(m,n,k)         % 同一窗口显示 m 行 n 列第 k 个图像
title( );             % 设置图题
xlabel( ), ylabel( ), zlabel( ); % 设置坐标轴物理量标识

```

(2) 图像加噪声

$J = \text{imnoise}(I, \text{type});$ % 图像加噪声, 其中 J 为输出图像, I 为输入图像, type 为字符串, 代表噪声类型, 分别如下表 1 所示。

表 2-1 imnoise()函数功能及参数说明

噪声类型	功能描述
'gaussian'	均值、方差为常数的高斯白噪声
'localvar'	均值为零的高斯白噪声
'poisson'	poisson 噪声
'salt & pepper'	椒盐噪声
'speckle '	斑纹、散斑噪声, 一种特殊的乘性噪声

$h = \text{fspecial}(\text{type}, \text{parameters});$ % 特殊滤波器 h 的生成, parameters 为设定参数, type 为字符串, 代表滤波器类型, 如表 2-2 所示。

表 2-2 fspecial ()函数功能及参数说明

滤波器类型	功能描述
'gaussian'	高斯低通滤波器
'sobel'	Sobel 水平边缘锐化滤波器
'prewitt'	Prewitt 水平边缘锐化滤波器
'laplacian'	2D Laplacian 滤波器
'log'	LoG 滤波器
'average'	均值滤波器
'motion'	运动模糊滤波器

(3) 数据/图像滤波函数

$J = \text{conv2}(I, h);$ % 2D 卷积, 其中 J 为输出矩阵, I 为输入矩阵, h 为滤波器。

$J = \text{imfilter}(I, h);$ % 图像滤波, 其中 J 为输出图像, I 为输入图像, h 为滤波器。

`J = filter2(H, h);` % 2D 滤波，其中 J 为输出图像，I 为输入图像，h 为滤波器。

注：以上各个函数的参数说明及具体用法，可查阅相关的MATLAB帮助文件。获取“XXX()”函数的用法，可在命令窗口（Command Window）键入：“doc XXX”获得详细说明。