

哈爾濱工業大學

视听觉信号处理  
实验报告

题 目	空域滤波、边缘检测
学 院	计算学部
专 业	视听觉信息处理
学 号	1180300109
学 生	段帅
任 课 教 师	姚鸿勋

哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院

2020 秋季

# 一、实验目标

## 正文小四

1. 掌握图像处理中常见的空域滤波算法
2. 掌握图像处理中常见的边缘检测算子

# 二、实验内容

读取图片文件：

Bmp 位图：(24 位 位图)

文件格式：文件信息头、位图信息头、调色板、像素信息，其中 24 位图无调色板，头部信息占 54 字节；像素的排列方式是从下到上，从左到右；位图的每一行像素所占字节数必须被 4 整除。若不能倍 4 整除，则在该位图每一行的十六进制码末尾“补”1 至 3 个字节的“00”

图片信息如下

分辨率	640 x 640
宽度	640 像素
高度	640 像素
位深度	24

1. 实现给图像添加高斯噪声和椒盐噪声，显示并保存结果图像。

(1) 噪声实现思路：

信噪比  $p$  来表示被噪声污染像素占总像素的比例，在  $0 \sim 1$  生成随机数  $a$ ，若  $a < p$ ，则赋予噪声

(2) 高斯噪声：

均值决定着整个图像的明亮程度，均值大于 0，表示图像加上一个使自己变亮的噪声，小于 0，表示图像加上一个使自己变暗的噪声。

方差越大，数据越分散，噪声也就越多。

(3) 椒盐噪声：

根据信噪比随机为图像分配灰度 0 和 255 的椒粒噪声和盐粒噪声

(4) 注意：

灰度越界处理：小于 0 近似 0，大于 255 近似 255

灰度化：

$$\text{gray} = 0.299 * \text{pixel}[0] + 0.578 * \text{pixel}[1] + 0.114 * \text{pixel}[2]$$

2. 实现图像中的空域滤波：中值滤波和均值滤波算法，选取合适的方法对 1 中的图像进行平滑处理，显示并保存结果图像。

(1) 均值滤波：

卷积核

$$\mathbf{W} = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

边界填充：复制填充（可以防止出现黑边）

使用卷积核 与 图像进行卷积运算，得到均值滤波结果

(2) 中值滤波：

在每个像素的八邻域内寻找中值替换原像素的灰度值，得到中值滤波的结果

3. 实现图像中的边缘检测算子：Canny 算子和 Sobel 算子。(8 points)

(1) Sobel 算子

卷积核

$$\begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ -2 & \boxed{0} & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} -1 & -2 & -1 \\ 0 & \boxed{0} & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{c} \downarrow \\ \downarrow \\ \downarrow \end{array}$$

→

计算每个像素的梯度，与设定的梯度阈值 T 比较，高于梯度阈值记为边界，灰度为 255，否则灰度为 0

(2) Canny 算子

Step1: 高斯平滑

高斯核

$$\frac{1}{159} \begin{pmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{pmatrix}$$

使用高斯核与图像卷积得到图 1

Step2: 梯度计算

使用 sobel 算子计算 x 方向和 y 方向的梯度值，以及梯度方向  
得到 x 梯度矩阵，y 梯度矩阵

Step3: 非极大值抑制

先梯度方向离散为 8 邻域的方向

再将像素点的梯度值与梯度方向前后像素的梯度值比较，若最大则记为边界，灰度 255，否则保持灰度到下一步处理。

得到图 2

Step4: 双阈值处理

设置灰度下限 low，灰度上限 high

低于灰度下限记为非边界，灰度为 0；高于灰度上限记为边界，灰度为 255  
对于灰度介于 low 与 high 之间，若像素的八邻域存在真实边缘，该像素的灰度值记为 255

4. 自己学习新算法，简述算法原理。显示并保存实验结果。与对比方法形成优缺点说明。(6 points)

(1) Laplacian 算子

该算子为二阶差分算子

卷积核

$$H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \text{ 或 } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & -4 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ 或 } \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

前两个为一般核，后一个为扩展对角项的核  
将卷积核与图像卷积运算得到结果

### 三、实验结果

原图：



高斯噪声：



椒盐噪声：



均值滤波对高斯噪声的处理：



中值滤波对椒盐噪声的处理：

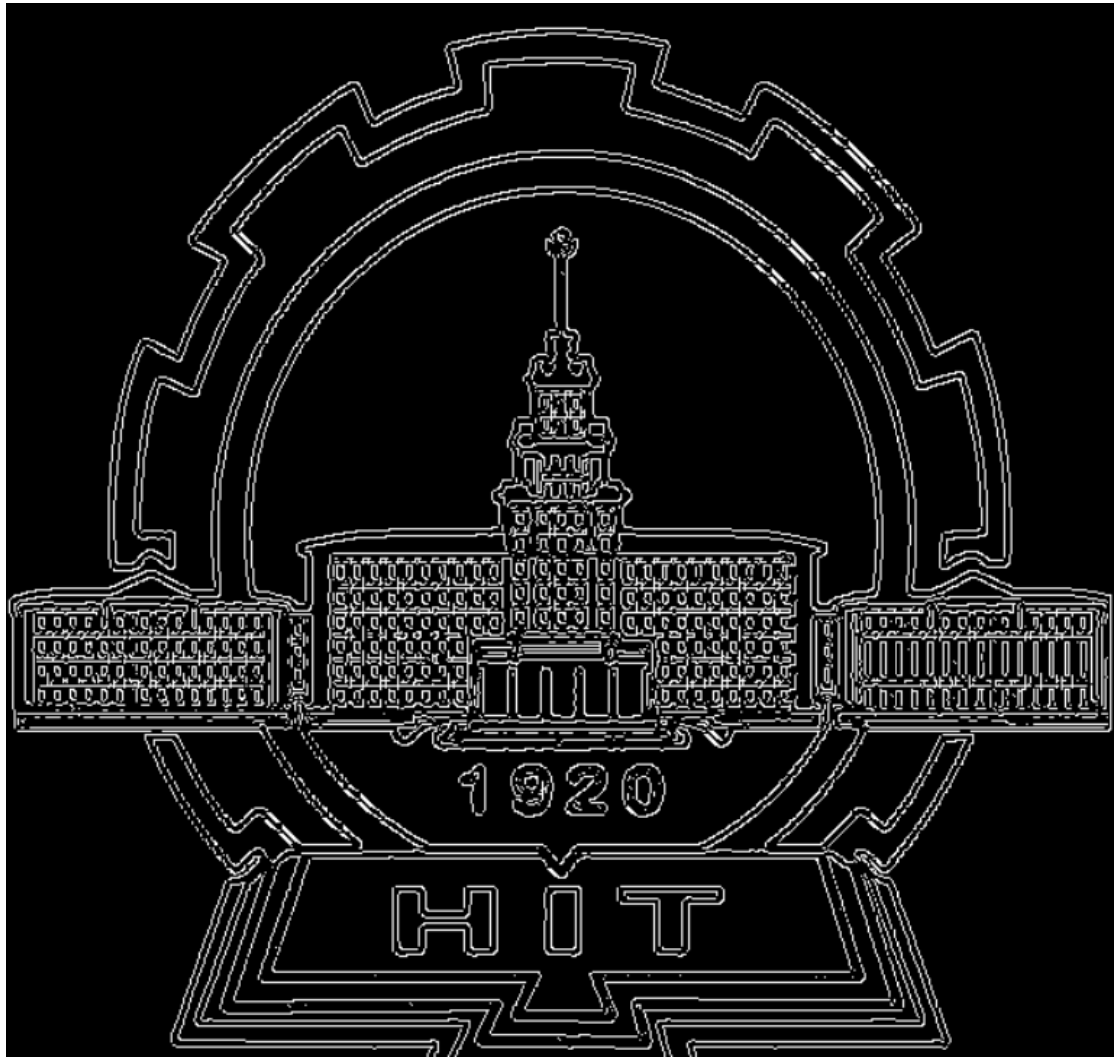


Sobel 算子处理边缘

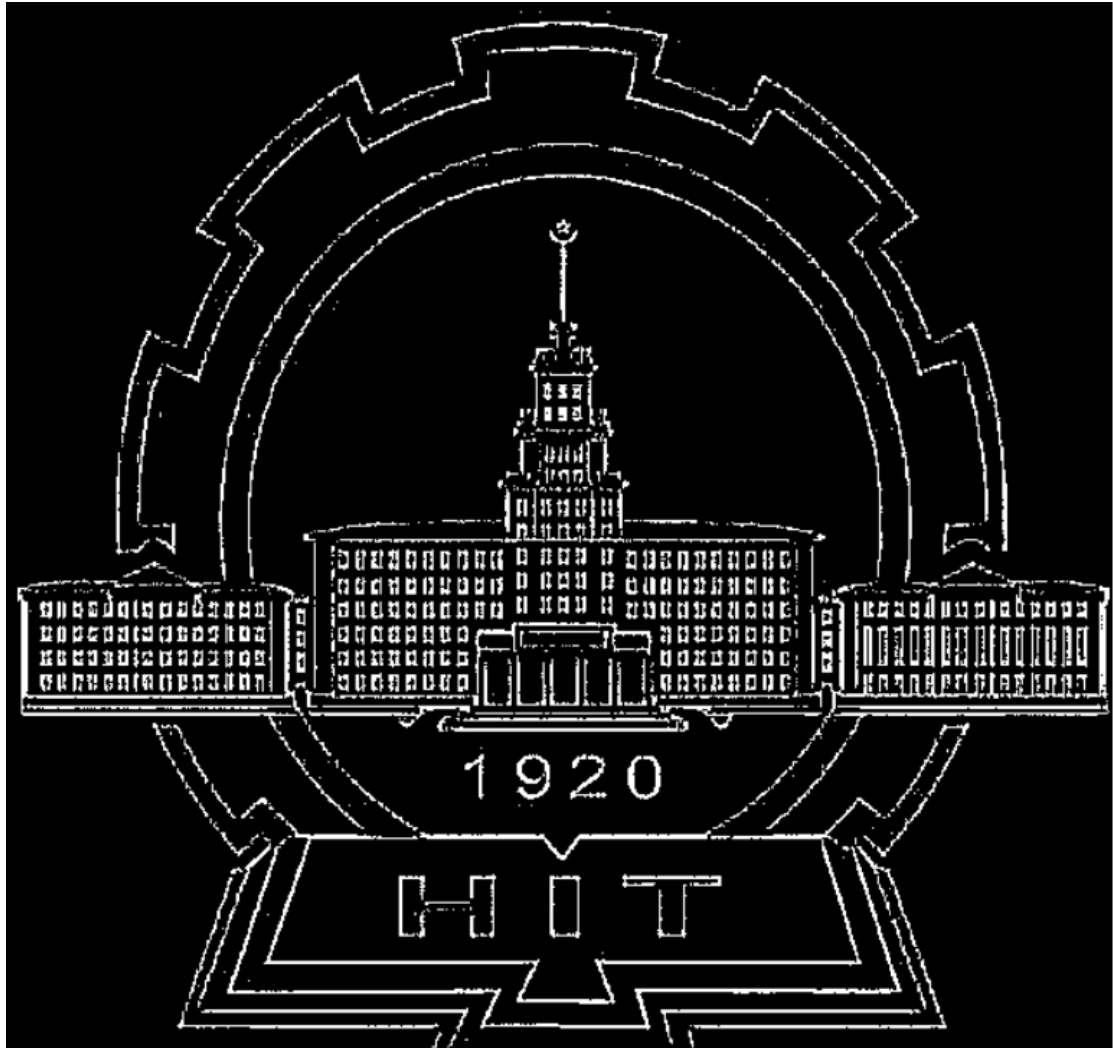




Canny 算子



Laplacian 算子:



高斯滤波



## 四、实验分析

### 1. 噪声

- (1) 信噪比表示噪声在有效信号中的比例，即信噪比越高，图片污染程度越高
- (2) 高斯噪声小于均值变暗，高于均值变亮；方差越大，数据越分散，污染严重

### 2. 空域滤波

- (1) 基本思路为设计卷积核，与图片卷积运算
- (2) 注意边界填充：0 填充（出现黑边），复制，镜像
- (3) 注意灰度越界问题， $\text{gray} < 0$ , 则令  $\text{gray} = 0$ ;  $\text{gray} > 255$ , 则令  $\text{gray} = 255$
- (4) 均值滤波处理高斯噪声优于中值滤波，但处理椒盐噪声效果很差
- (5) 中值滤波处理椒盐噪声效果好，但处理高斯噪声效果差

### 3. 边缘提取

- (1) sobel 算子有局部平滑的作用，在处理含有噪声的图片的边缘提取问题效果较好
- (2) canny 算子是理论上的最优的边缘提取算子，可以有效提取细边界
- (3) 非极大值抑制可以消除假边界
- (4) 双阈值处理可以去除孤立高频噪声

若 low, high 过低, 会出现冗余边界

若 low, high 过高, 会丢失信息

所以应当适当选择 low 和 high 的值来得到最优结果

#### 4. 自行学习内容

(1) laplacian 算子: 二阶差分算子

因此对噪声较为敏感, 提取边界容易受噪声影响, 常用来做锐化

(2) Roberts 算子

对于  $45^\circ$  和  $135^\circ$  的边界较为敏感, 但是核为  $2 \times 2$ , 得到边界较粗

(3) 高斯平滑

各向同性, 响应不会受方向的影响