

# 数字图像处理实验

图像分割

# 实验目标

- 掌握图像分割的基础知识，了解并学习基于边缘检测的图像分割算法
- 掌握对图像中边缘进行检测的基础知识和方法，学习各边缘检测算子的使用，并利用MATLAB工具实现不同方案之间的效果优劣的比较和总结

# 图像分割基础

## 分割的定义：

将图像划分成若干个互不相交的具有独特性质的区域的过程。

## 区域的定义：

区域是像素的连通集，其内部的像素一般具有灰度相似性，区域之间边界上的像素一般具有灰度不连续性。

## 连通的定义：

在一个连通集中的任意两个像素之间，存在一条完全由这个集合的元素构成的连通路径。



# 图像分割方案

- 图像分割的算法可大致分为五类：
  1. 基于阈值的图像分割方案
  2. 基于区域的图像分割方案
  3. 基于边缘的图像分割方案
  4. 基于特定理论的图像分割方案
  5. 基于深度学习的图像分割方案



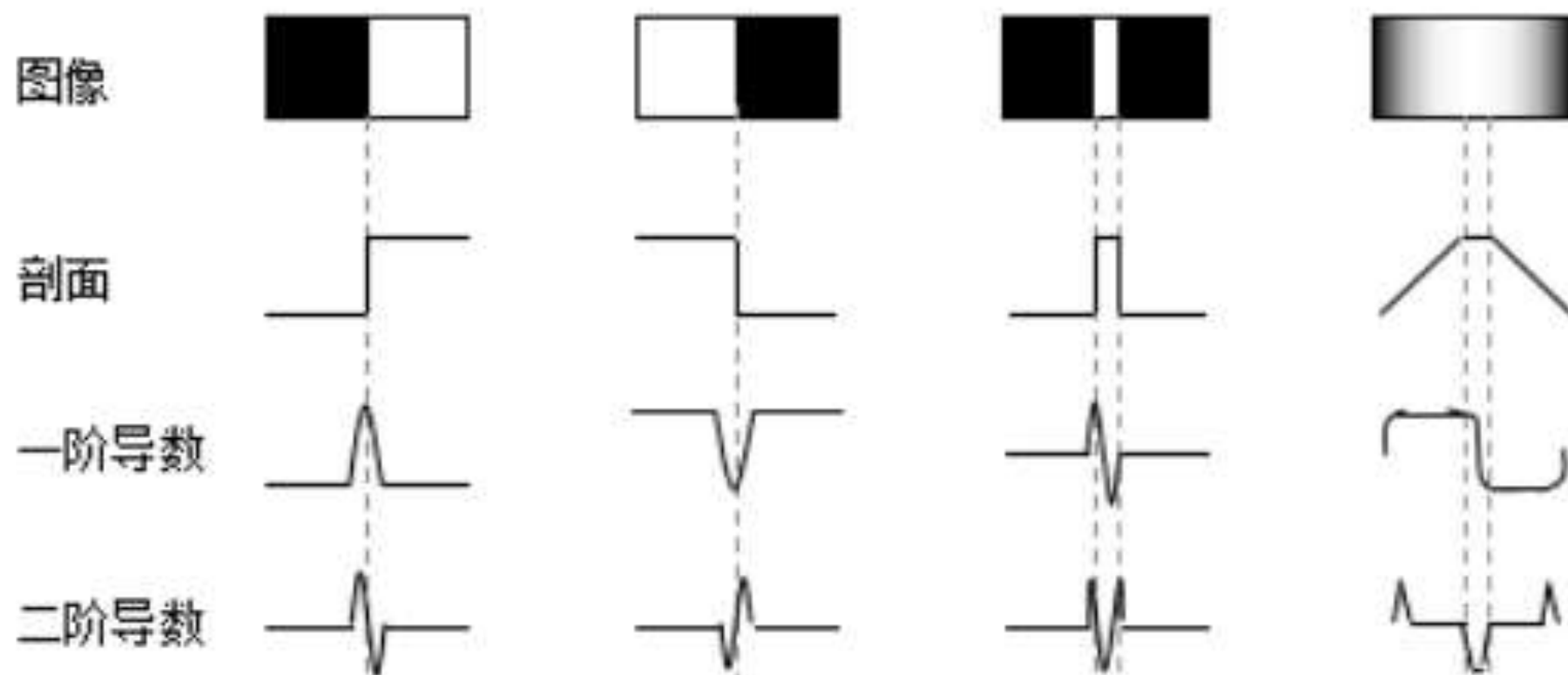
# 基于边缘的图像分割

**算法思路：**首先确定图像中的边缘像素，然后再把这些像素连接在一起构成所需的区域边界。

**图像边缘：**边缘检测是基于区域边界上的像素具有灰度不连续性的性质来对区域进行一个界定，所以，图像边缘可以理解为图像灰度发生空间突变的像素的集合。

**图像边缘的两大要素：方向和幅度。**沿着边缘走向的像素值变化比较平缓，而沿着垂直于边缘方向的像素值则变化比较大。根据这一变化特点，通常会采用一阶和二阶导数来描述和检测边缘。

# 灰度图像中边缘类型



不同的边缘类型及其一阶导数和二阶导数的表示

# 针对图像的梯度计算

设 $f(x, y)$ 为连续的图像函数， $G_x$ 和 $G_y$ 分别为 $x$ 方向和 $y$ 方向的梯度，则在点 $(x, y)$ 处的梯度可以表示为一个矢量，梯度定义如下：

$$G(f(x, y)) = \left[ \frac{\partial f(x, y)}{\partial x}, \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right]^T$$

在欧氏距离下，对应的梯度的幅值和方向可以表示为：

$$|G(x, y)| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x| + |G_y|$$

$$\theta(x, y) = \arctan(G_x / G_y)$$

# 微分算子

为了能有效估计出 $G_x$ 及 $G_y$ 值，得到该点的梯度幅值和方向，进而进一步确定其是否为边缘点，通常使用一些经典的模板算子来做数字化近似。

常用的一阶微分算子有Roberts、Prewitt、Sobel等算子，常用的二阶微分算子有Laplace算子。在实际处理操作中常用模板矩阵与图像像素值矩阵卷积来实现微分运算。

**值得注意的是**，直接采用微分运算不可避免地会受到噪声的很大影响，直接使用微分算子只适用于图像噪声比较少的简单图像。



# Roberts算子

Roberts算子又称为Roberts交叉算子，它是利用局部差分算子寻找边缘的模板，在 $2 \times 2$ 邻域上计算对角导数。

其模板如下图所示：

<b>-1</b>	<b>0</b>
<b>0</b>	<b>1</b>

Roberts-x

<b>0</b>	<b>-1</b>
<b>1</b>	<b>0</b>

Roberts-y

# Sobel算子

Sobel提出一种将方向差分运算与局部平均相结合的方法，是在以点 $(x, y)$ 为中心的 $3 \times 3$ 邻域上计算x和y方向的偏导数。

其模板如下图所示：

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Sobel-x

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Sobel-y

# Prewitt算子

Prewitt提出了与Sobel算子类似的计算偏微分估计值的方法，是在以点 $(x, y)$ 为中心的 $3 \times 3$ 邻域上计算x和y方向的偏导数。

其模板如下图所示：

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

Prewitt-x

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

Prewitt-y

# Laplace算子

Laplace算子是一个二阶微分算子，通过过零点的检测来实现边缘检测，具有旋转不变性。由于其对噪声非常敏感，所以常对图片进行一次平滑去噪后再使用。

常用的两种模板如下图所示：

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

# 边缘检测流程

有了上述各算子计算梯度的幅值和方向后，边缘检测算法也由此被提出，其主要步骤有三点：

1. **滤波**：利用高斯模板进行卷积来平滑图形；
2. **增强**：利用微分算子来计算梯度的幅值和方向，将局部区域内强度值有显著变化的点凸显出来；
3. **检测**：在图像中有许多点的梯度幅值比较大，但是并不都是边缘，需要做进一步的筛选，最常用的就是使用阈值进行筛选。

# Canny边缘检测算法

Canny算子是非常经典实用的检测方案，它的基本思想是寻找图像梯度的局部最大值，其主要步骤有四点：

1. 利用高斯模板进行卷积来平滑图形；
2. 利用微分算子来计算一阶梯度的幅值和方向；
3. 对梯度幅值进行非极大值抑制，得到局部的梯度极大值；
4. 使用双阈值算法检测和连接边缘。

# MATLAB中的边缘检测

MATLAB提供了边缘函数（`edge`）来实现对图像边缘的检测：

$$[e, s] = \text{edge}(p, 'method', para)$$

其中`p`为输入图像，`method`是边缘检测的类型，`para`为与`edge`对应的参数。`e`为与`p`同样大小的逻辑矩阵，在检测到边缘的位置时值为1，其它位置则为0。`s`为可选参数。

# 练习作业

1. 自行编码实现上述边缘检测算法，并与Matlab中自带的边缘检测函数效果进行比较；
2. 调整相关参数，比较不同参数情况下的效果，观察结果并对各边缘检测算子的性能表现做出总结。

**注：**Canny边缘检测算法为可选任务，完成后有额外加分。  
实验效果对比可以仅调用Matlab自带函数来进行





# 验收方式

1. 课堂验收
2. 实验结果截图+源码分类打包压缩，压缩包名称为学号+姓名，发送到邮箱 `m201972000@hust.edu.cn`