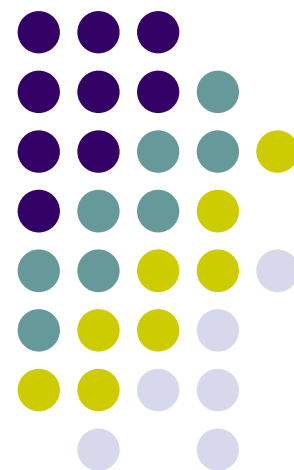


数字图像处理

第六讲 图像分割



提纲



- 基础知识
- 点、线、边缘检测
 - 背景知识
 - 孤立点的检测
 - 线检测
 - 边缘模型
 - 基本边缘检测
 - 高级边缘检测
- 边缘连接和边界检测



引言



- 图像分割
 - 把图像细分为构成它的区域或物体
 - 分割的粒度取决于应用问题
- 分割是图像处理最困难问题之一
 - 分割的精度决定了处理任务的成败
- 分割的基本原理
 - 灰度的不连续性：根据灰度的突变分割
 - 灰度的相似性：区域内的图像很相似



基础知识



- R 表示图像所占的区域
- 图像分割将 R 分割成 n 个区域 R_1, \dots, R_n :
 1. $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
 2. R_i 是一个连通集合, $i = 1, \dots, n$
 3. $R_i \cap R_j = \emptyset, \forall i \neq j$
 4. $Q(R_i) = True$, $i = 1, \dots, n$ —— R_i 是一个区域
 5. 对于任意的相邻区域 R_i 和 R_j , $Q(R_i \cup R_j) = False$
 - $Q(\cdot)$ 表示某个用于划分区域的函数



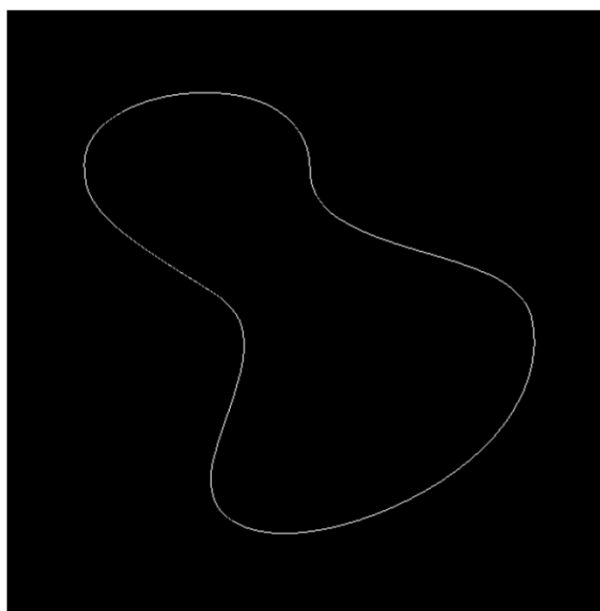
灰度的不连续性



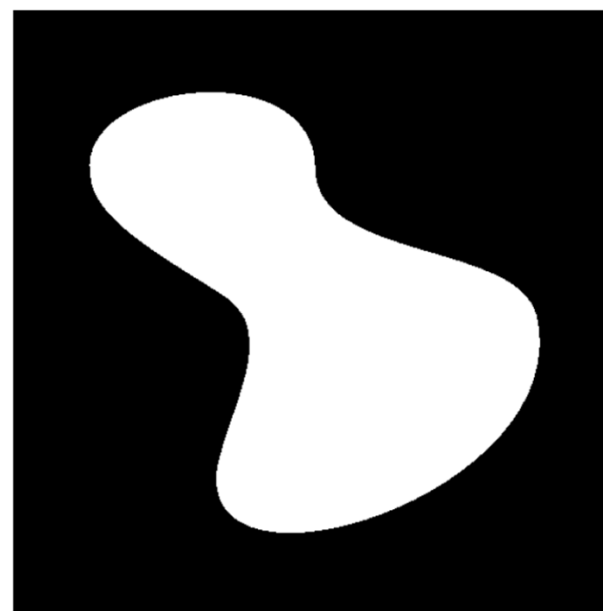
- 区域的边界差异很大，且和背景不同
 - 利用灰度的局部不连续性检测边界
- 基于边缘的分割



原图



计算边界

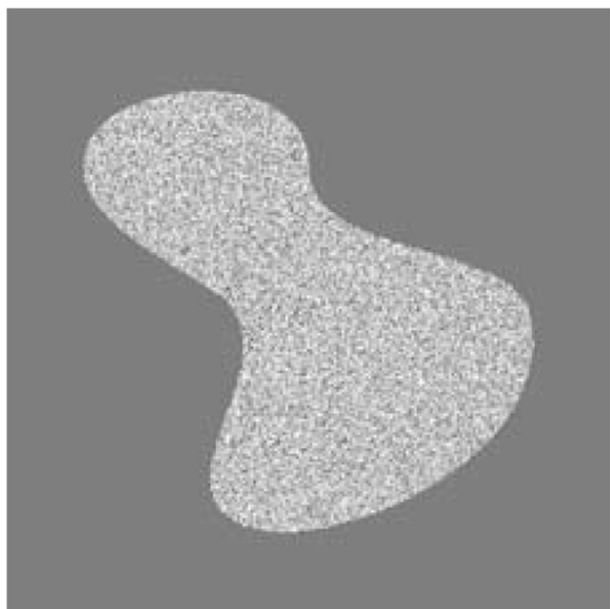


分割

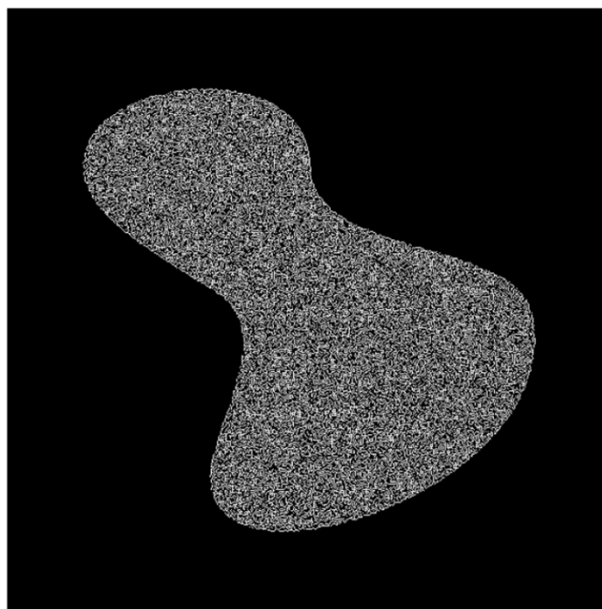


灰度的相似性

- 基于区域的分割
 - 区域内的像素依据某些准则很相似



原图



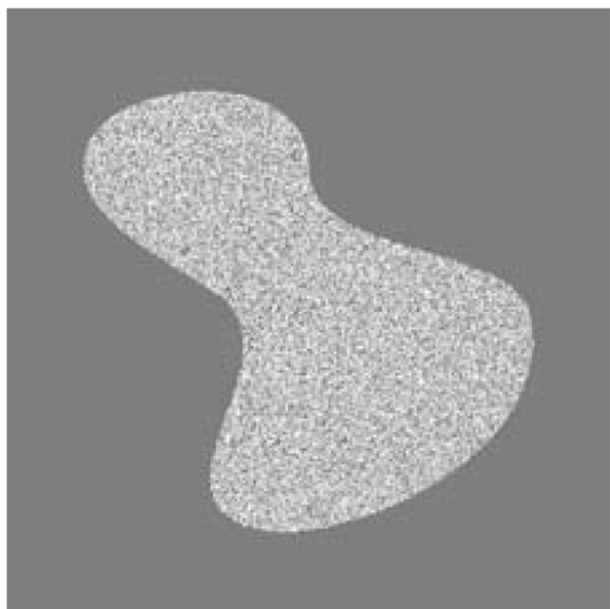
边缘信息



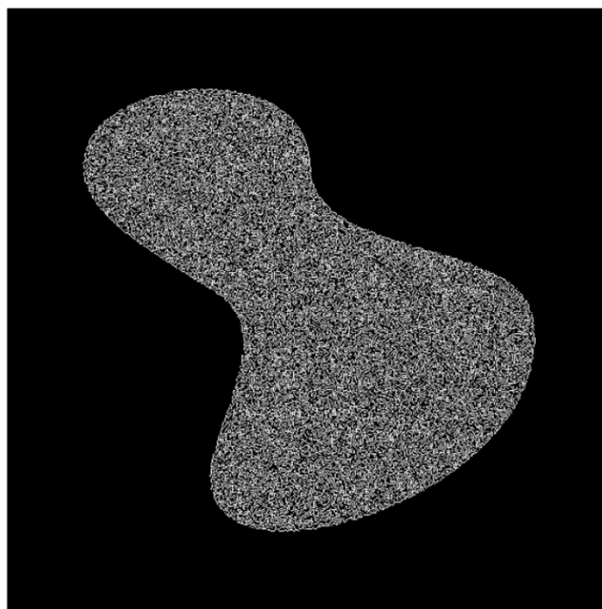
灰度的相似性

- 基于区域的分割
 - 区域内的像素依据某些准则很相似

分割成 4×4 区域，标准差非零标为白色



原图



边缘信息



分割





提纲

- 基础知识
- 点、线、边缘检测
 - 背景知识
 - 孤立点的检测
 - 线检测
 - 边缘模型
 - 基本边缘检测
 - 高级边缘检测
- 边缘连接和边界检测



基本概念



- 边缘
 - 边缘像素：灰度发生剧烈变化
 - 边缘是连通的边缘像素集合
- 线
 - 一种特殊的边缘
 - 两侧的灰度值都很大或都很小
- 点
 - 长宽只有1个像素的线





提纲

- 基础知识
- 点、线、边缘检测
 - 背景知识
 - 孤立点的检测
 - 线检测
 - 边缘模型
 - 基本边缘检测
 - 高级边缘检测
- 边缘连接和边界检测



背景知识



- 1阶或2阶导数可以检测局部灰度突变
- 1阶导数的性质
 - 在恒定灰度区域为**零**
 - 在突变（斜坡、台阶）的**起点非零**
 - 沿着斜坡**非零**
- 2阶导数的性质
 - 在恒定灰度区域为**零**
 - 在突变（斜坡、台阶）的**起点和终点非零**
 - 沿着恒定斜率斜坡为**零**



数学基础



- 一维函数 $f(x)$

- 一阶导数

- 数值是有限的
- 最小间隔1像素

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f'(x) = f(x + 1) - f(x)$$

- 二阶导数

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{\partial f'(x)}{\partial x} = f'(x + 1) - f'(x)$$

$$= f(x + 2) - f(x + 1) - f(x + 1) + f(x)$$

$$= f(x + 2) - 2f(x + 1) + f(x)$$



数学基础



- 一维函数 $f(x)$

- 一阶导数

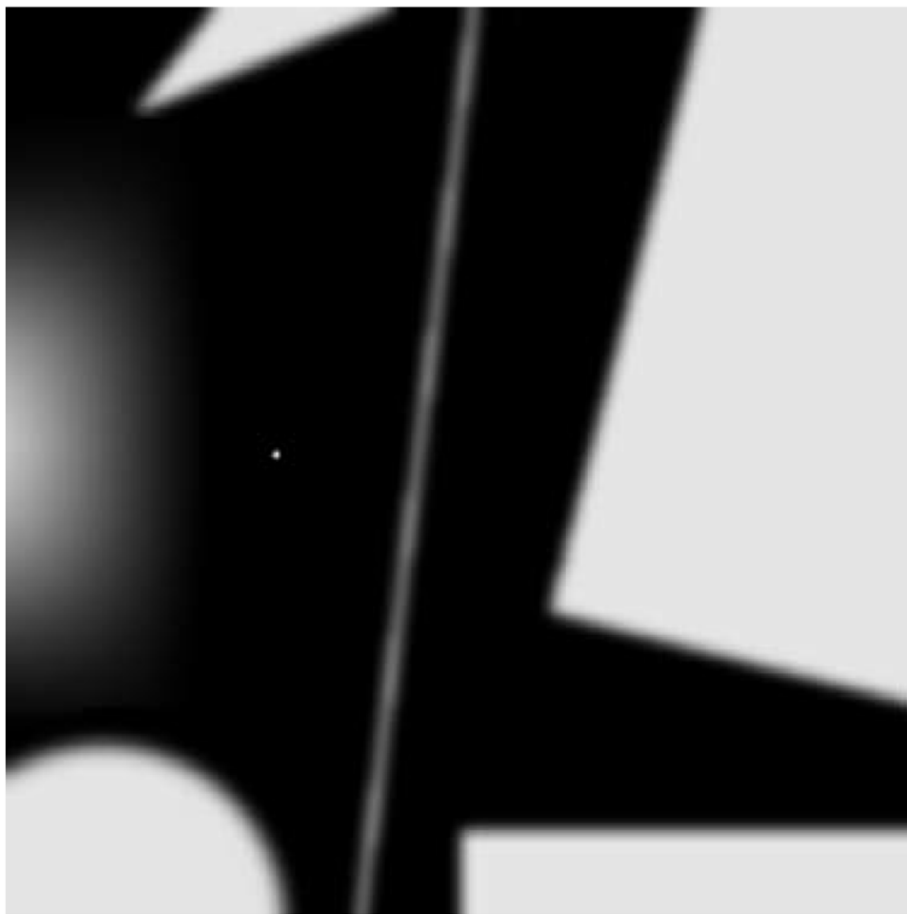
$$\frac{\partial f}{\partial x} = f'(x) = f(x + 1) - f(x)$$

- 二阶导数

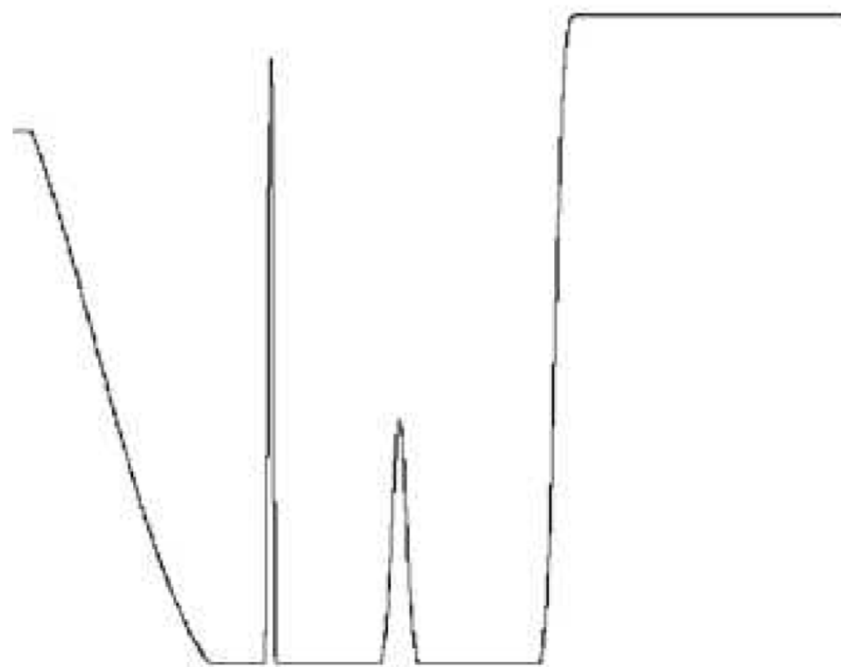
$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f''(x) = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x)$$



举例



原图



中心水平线上的灰度

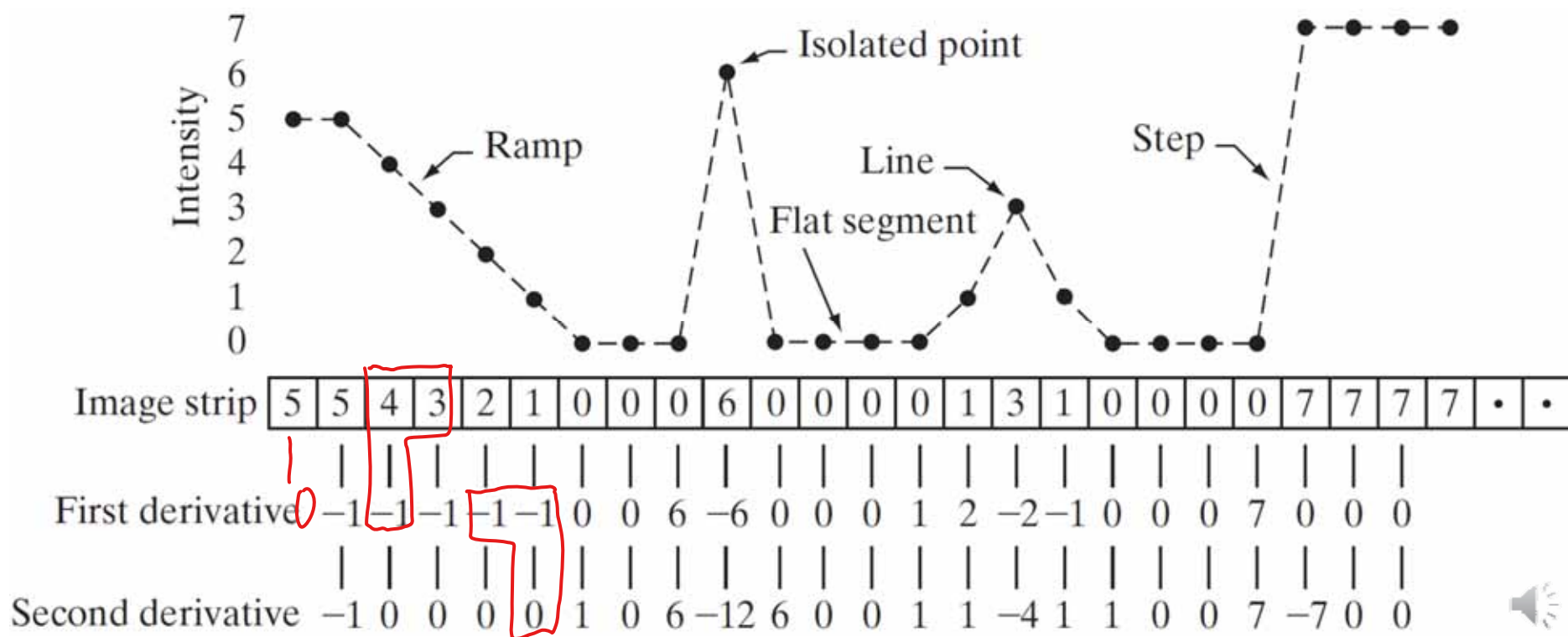
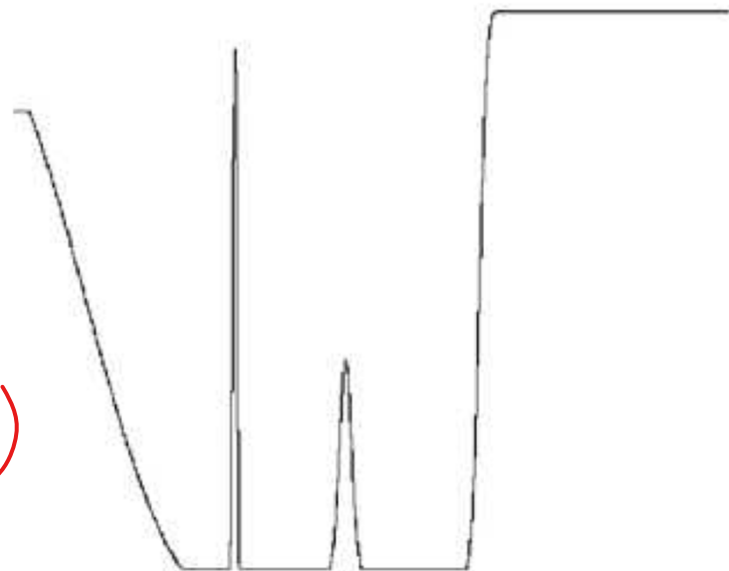


举例

$$f(x+1) - f(x)$$

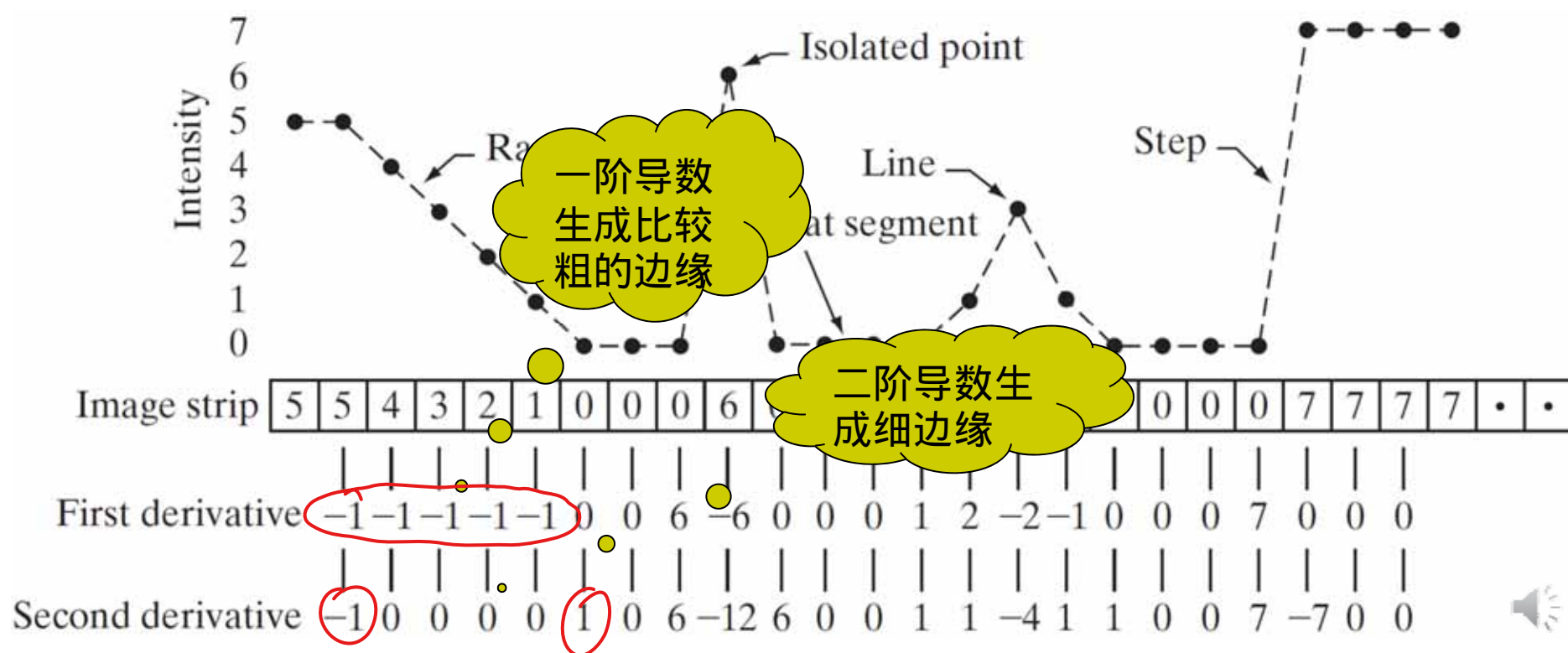
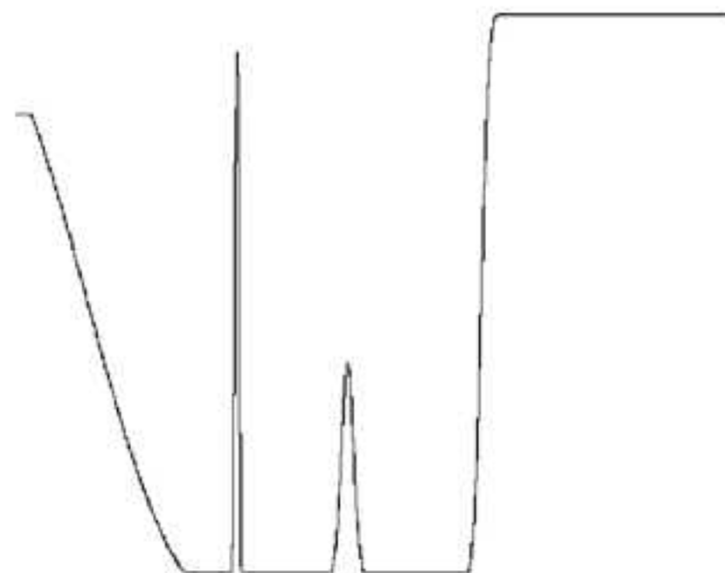
一阶、二阶导数

$$\hookrightarrow f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$



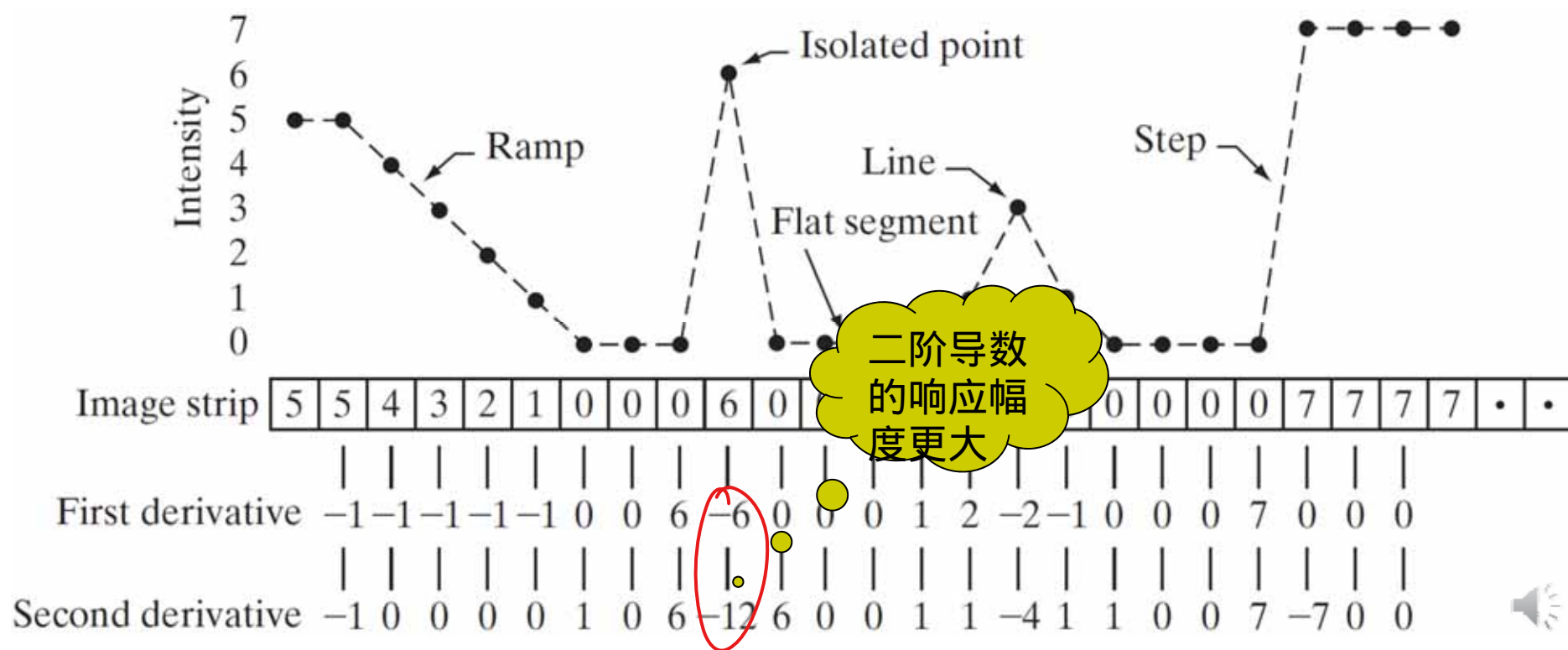
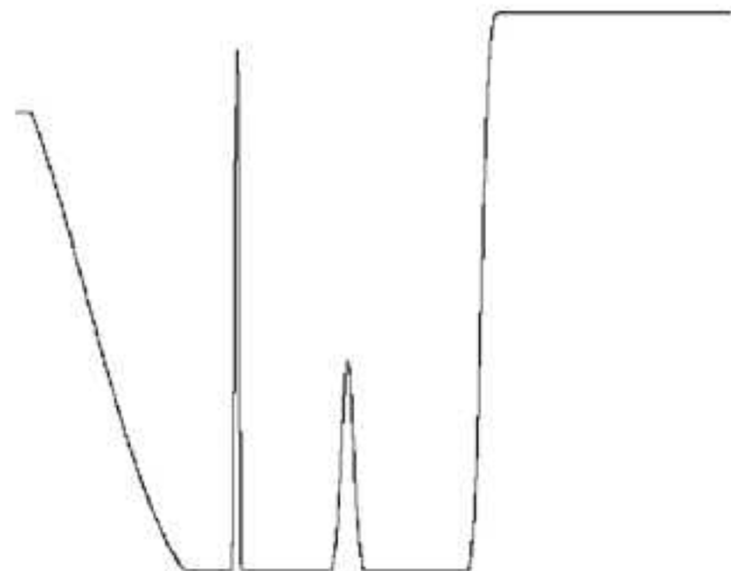
举例

一阶、二阶导数



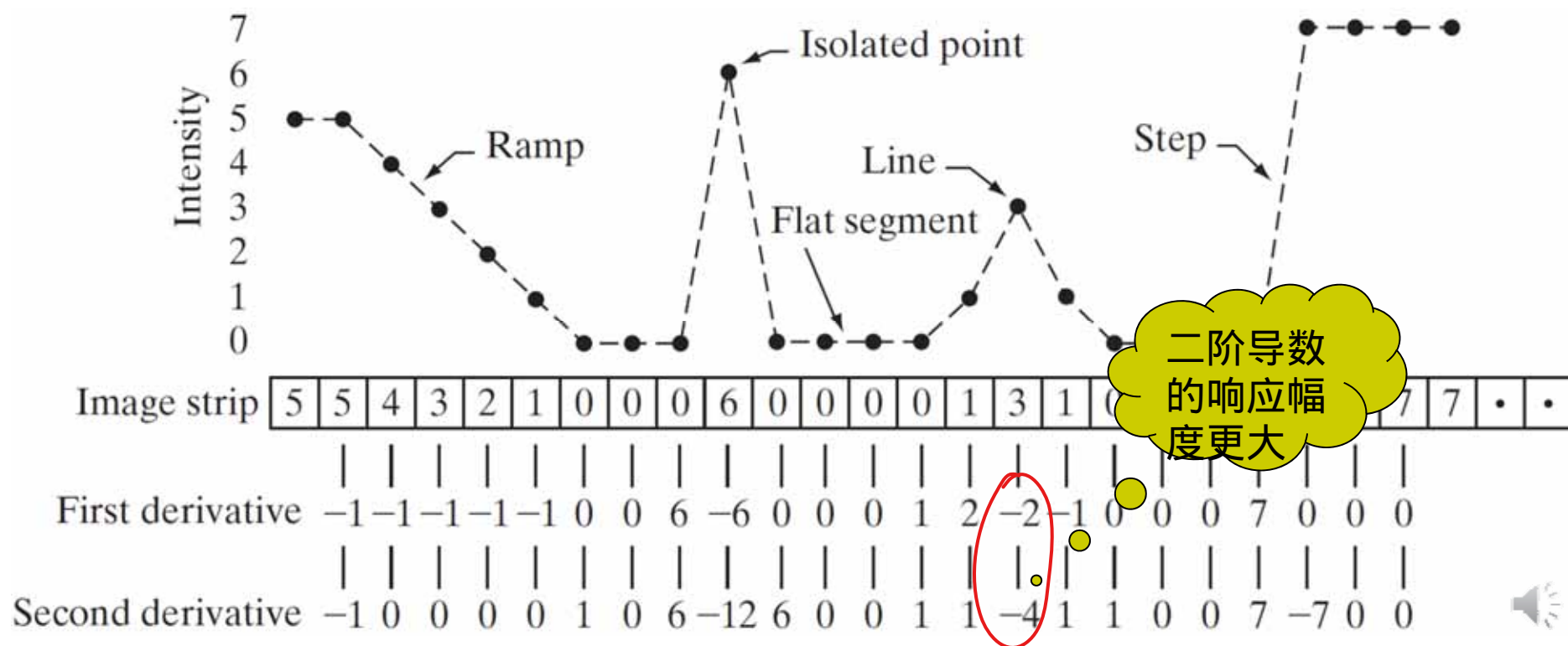
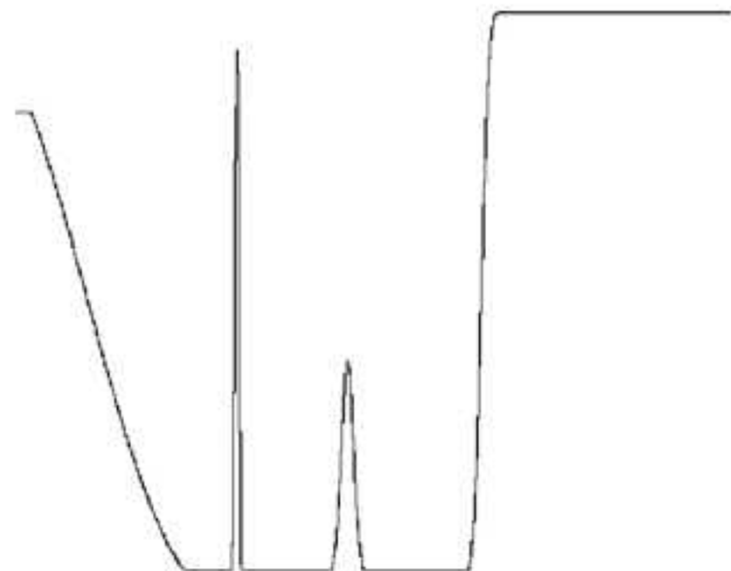
举例

一阶、二阶导数



举例

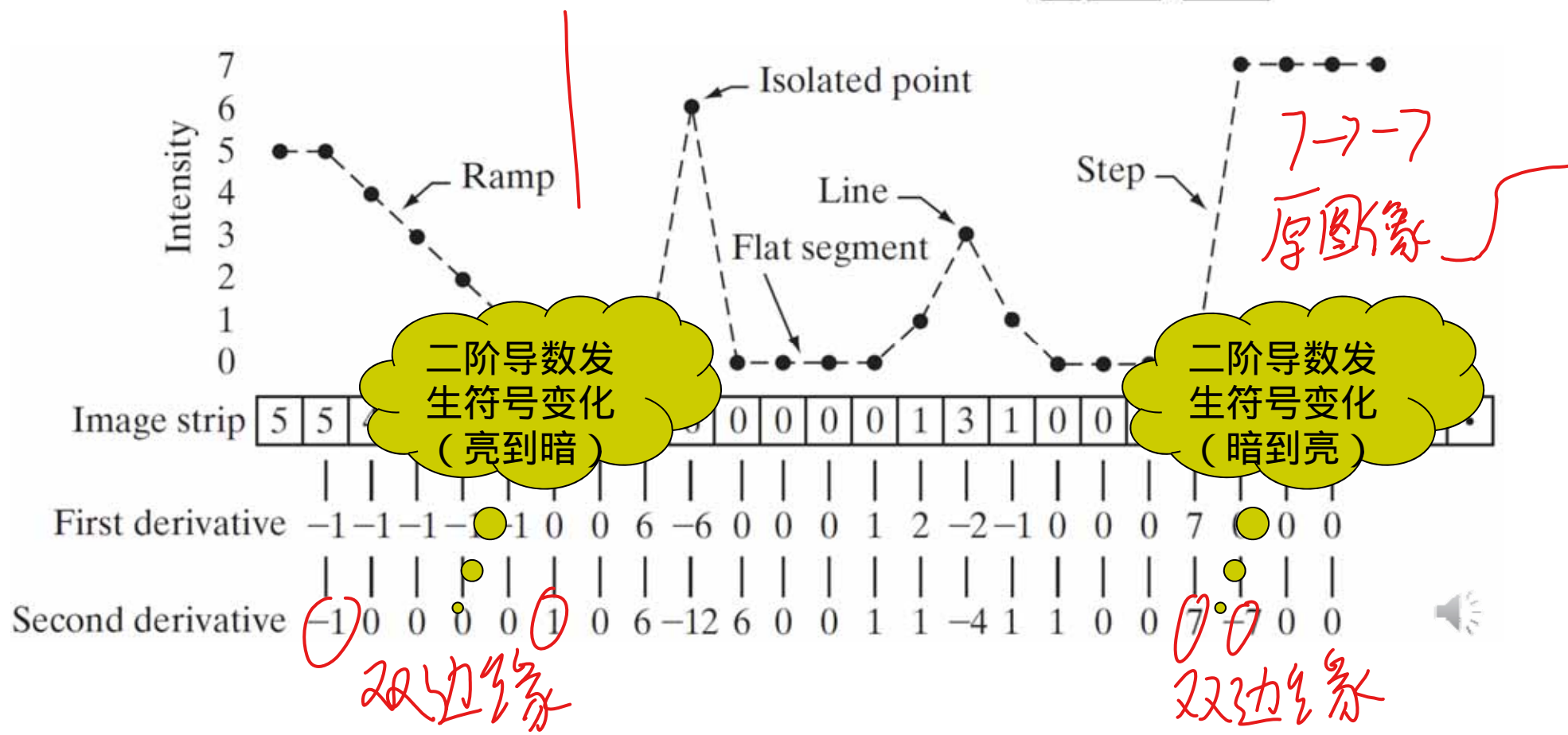
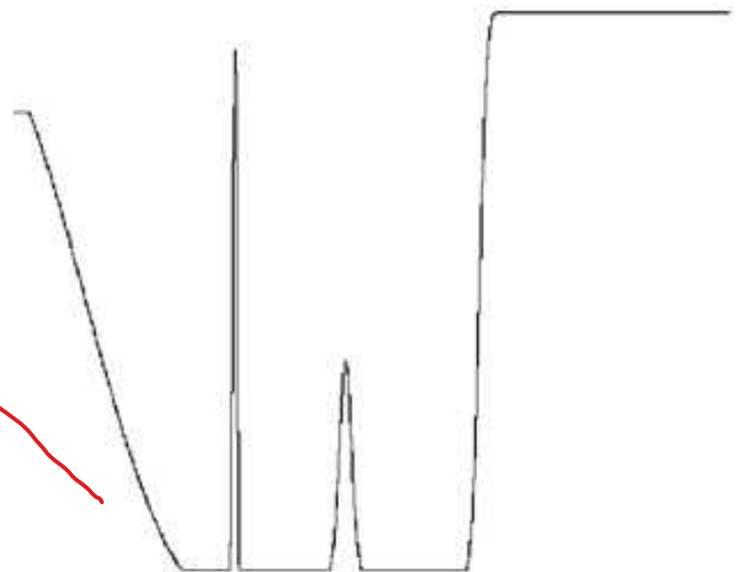
一阶、二阶导数



举例

一阶、二阶导数

$-1 \rightarrow 0$ 原图像亮度在下降





一般结论

- 一阶导数通常产生较粗的边缘
- 二阶导数对细节有较强的响应
 - 细线、孤立点、噪声
- 二阶导数在斜坡和台阶产生双边缘响应
- 二阶导数的符号变化有指示意义
 - 灰度从亮到暗
 - 灰度从暗到亮



计算导数



- 空间滤波器
 - 模板

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

- 计算公式

$$\begin{aligned} R &= w_1 z_1 + w_2 z_2 + \cdots + w_9 z_9 \\ &= \sum_{k=1}^9 w_k z_k \end{aligned}$$





提纲

- 基础知识
- 点、线、边缘检测
 - 背景知识
 - 孤立点的检测
 - 线检测
 - 边缘模型
 - 基本边缘检测
 - 高级边缘检测
- 边缘连接和边界检测



孤立点的检测



- 利用二阶导数检测孤立点 (2阶响应细节)
 - 响应更强
- 拉普拉斯算子

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

- 离散拉普拉斯算子

$$\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} = f(x + 1, y) + f(x - 1, y) - 2f(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} = f(x, y + 1) + f(x, y - 1) - 2f(x, y)$$





孤立点的检测

- 利用二阶导数检测孤立点
 - 响应更强
- 拉普拉斯算子

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

- 离散拉普拉斯算子

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x, y) = & f(x + 1, y) + f(x - 1, y) + f(x, y + 1) \\ & + f(x, y - 1) - 4f(x, y) \end{aligned}$$

x, y 两个方向偏导和



拉普拉斯算子



- 标准形式

$$\begin{aligned}\nabla^2 f(x, y) = & f(x+1, y) + f(x-1, y) \\ & + f(x, y+1) + f(x, y-1) \\ & - 4f(x, y)\end{aligned}$$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

90度增量
各向同性

- 对角线形式

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

45度增量
各向同性





检测方法

- 根据响应幅度是否大于某阈值 T

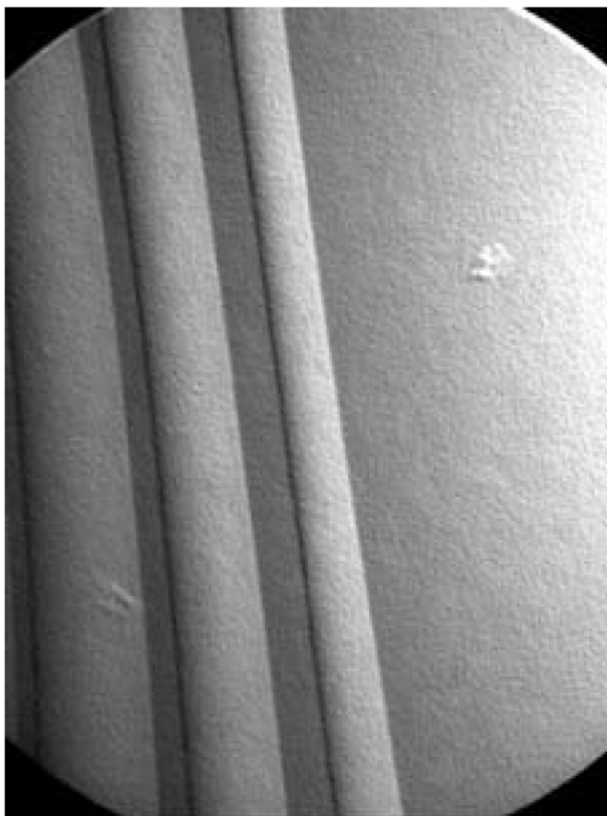
$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |R(x, y)| \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

- 其中

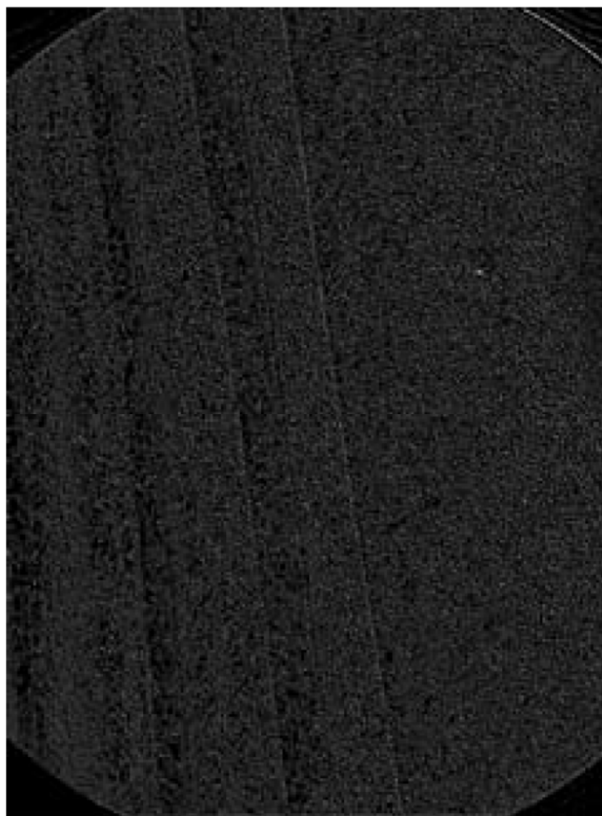
$$\begin{aligned} R &= w_1 z_1 + w_2 z_2 + \cdots + w_9 z_9 \\ &= \sum_{k=1}^9 w_k z_k \end{aligned}$$



举例



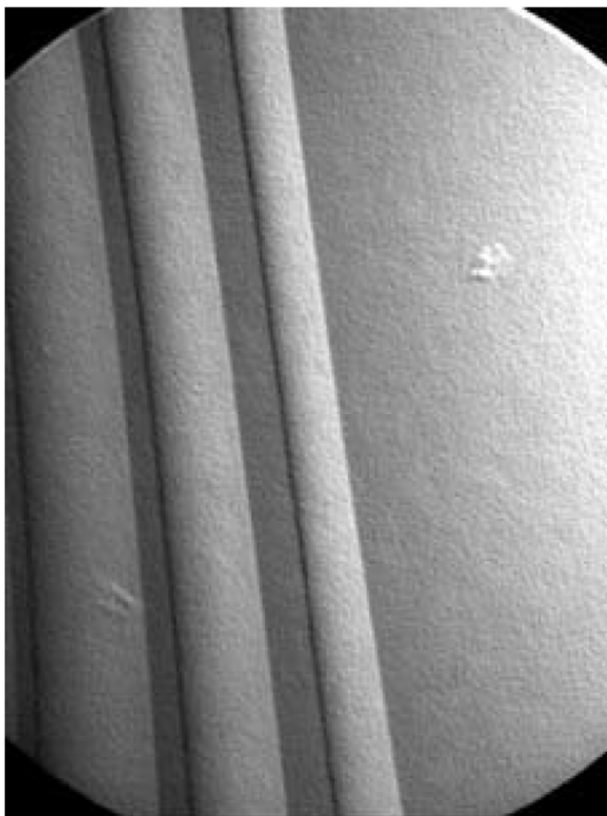
有一个孔的
涡轮叶片



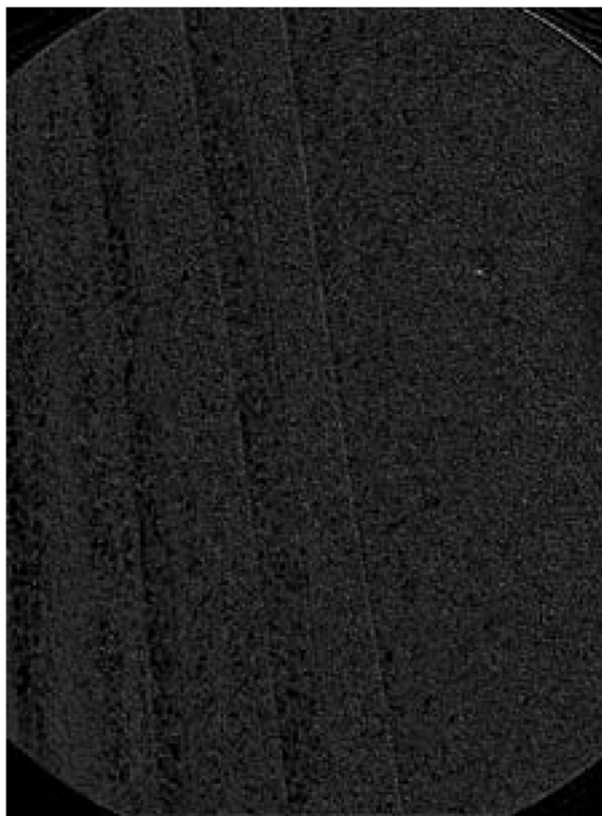
拉普拉斯滤波
后图像



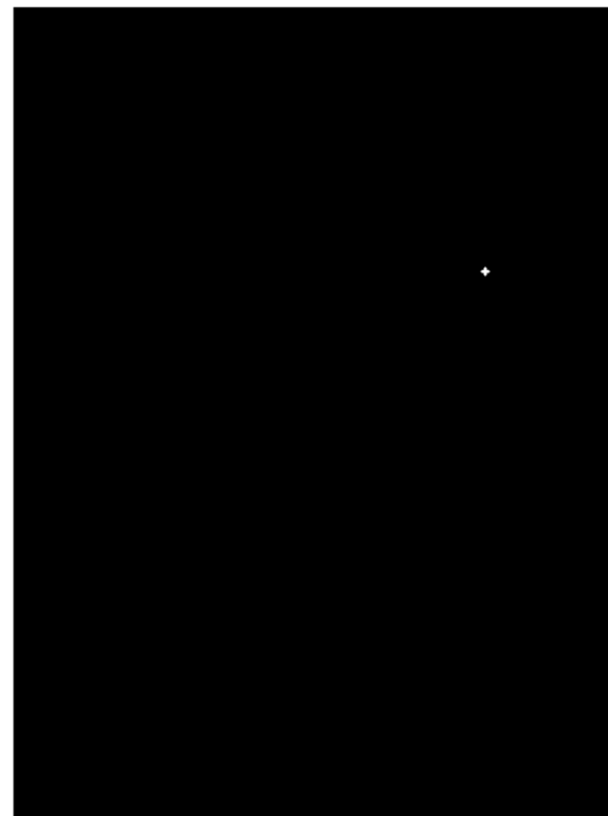
举例



有一个孔的
涡轮叶片



拉普拉斯滤波
后图像



阈值化
(最高亮度的90%)

