

提纲



- 背景知识
- 基本灰度变换函数
- 直方图处理
- 空间滤波基础
- 平滑空间滤波器 导致图像模糊(迎合某些需求)
- 锐化空间滤波器
- 混合空间增强法





平滑线性滤波器

用邻域灰度均值代替中心点灰度值

- 均值滤波器/低通滤波器

- 优点：降低噪声

- 比如去除伪轮廓 灰度级别不够, 出现伪轮廓

- 缺点：边缘模糊

$$R = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 z_i$$

$\frac{1}{9} \times$

1	1	1
1	1	1
1	1	1

- 先求和，再归一化 (9次 $\frac{1}{9}$ 乘法, 代价高)



平滑线性滤波器



- 加权线性滤波器
 - 非均匀权重
 - 降低模糊

$$g(x, y) = \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t)}$$

加权平均

$$\frac{1}{16} \times$$

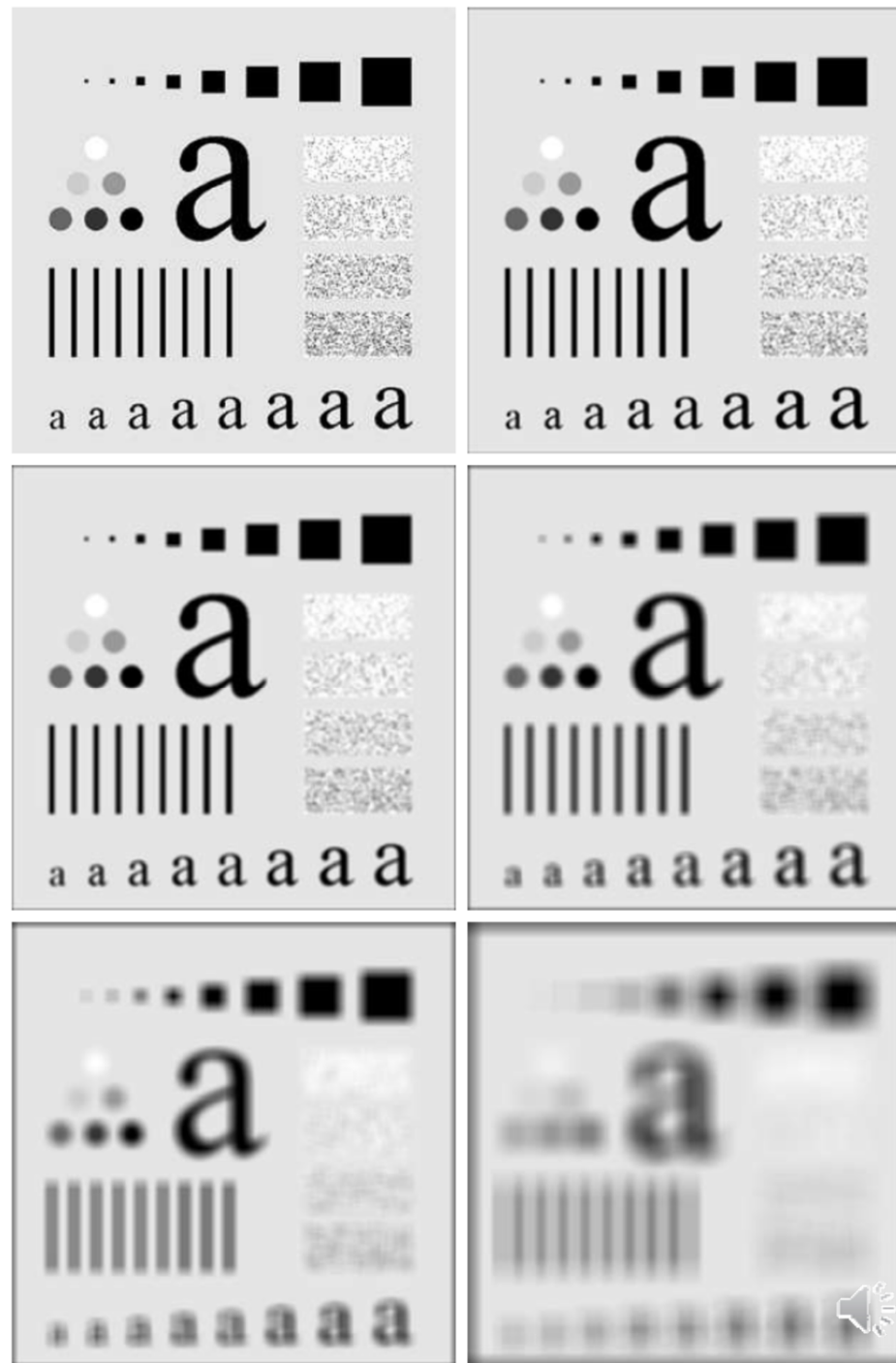
1	2	1
2	4	2
1	2	1



效果展示

- 3、5、9、15、35
的方形均值滤波

- 小物体 去除小物体
- 边缘 边缘变平滑
- 边界 边框明显
(补口产生)
边界模糊



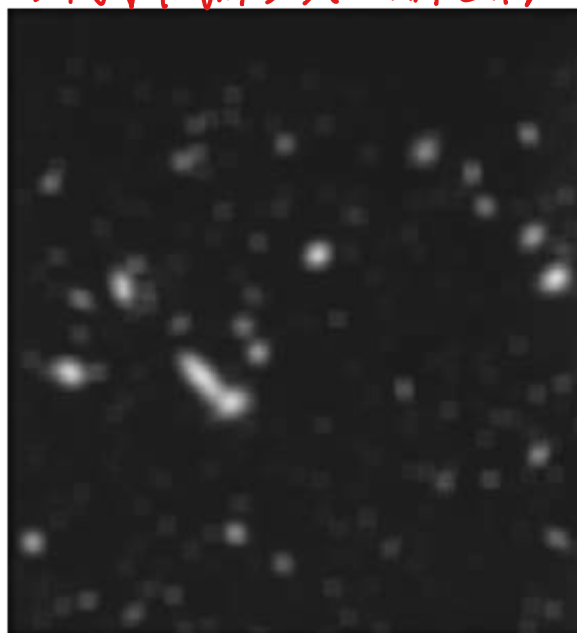


实际应用

- 哈勃望远镜照片
 - 15×15 均值滤波器
 - 阈值处理（最高亮度25%）

去除小物体，大物体也模糊

二值图像





统计排序滤波器

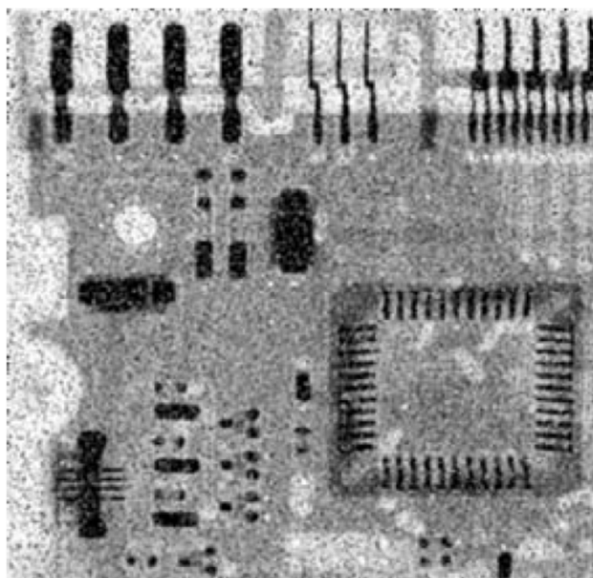
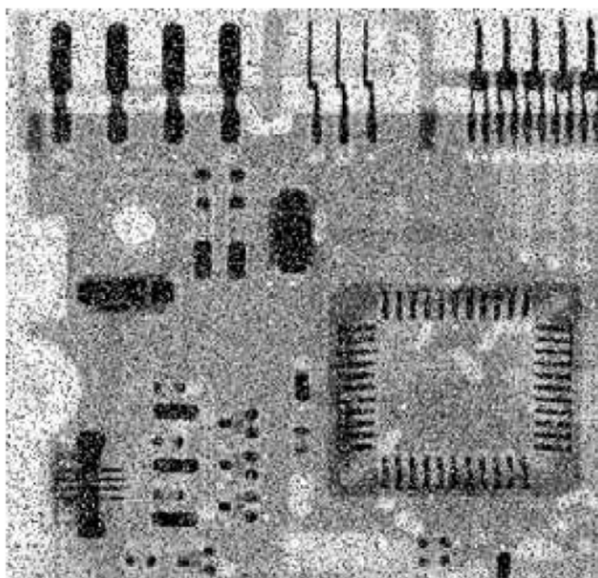
- 非线性滤波器
 - 对滤波器覆盖的像素排序
 - 用排序决定的值替代中心像素
- 中值滤波器 鲁棒性好, 这给去除大噪声
mid
 - 10、15、20、20、20、20、20、25、100
- 最大值滤波器
 - max
- 最小值滤波器
 - min



效果展示

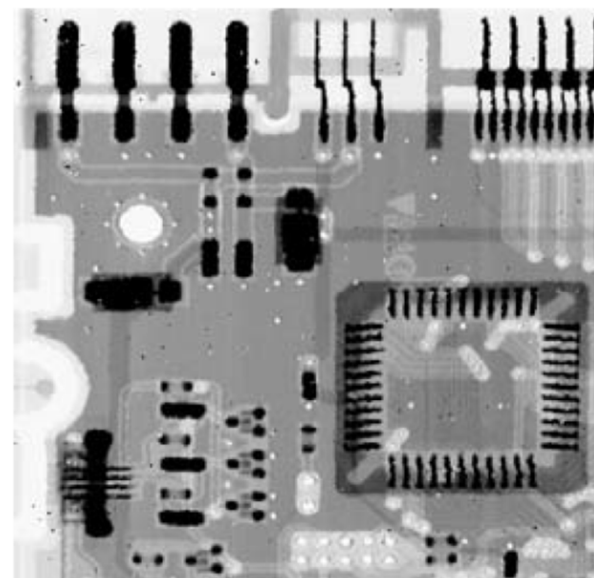
中值滤波降噪

- 电路板的X射线图像

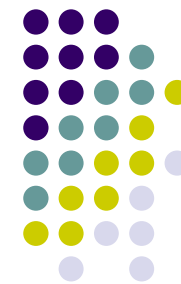


3×3 均值滤波

处理独立同分布的噪声



3×3 中值滤波





提纲

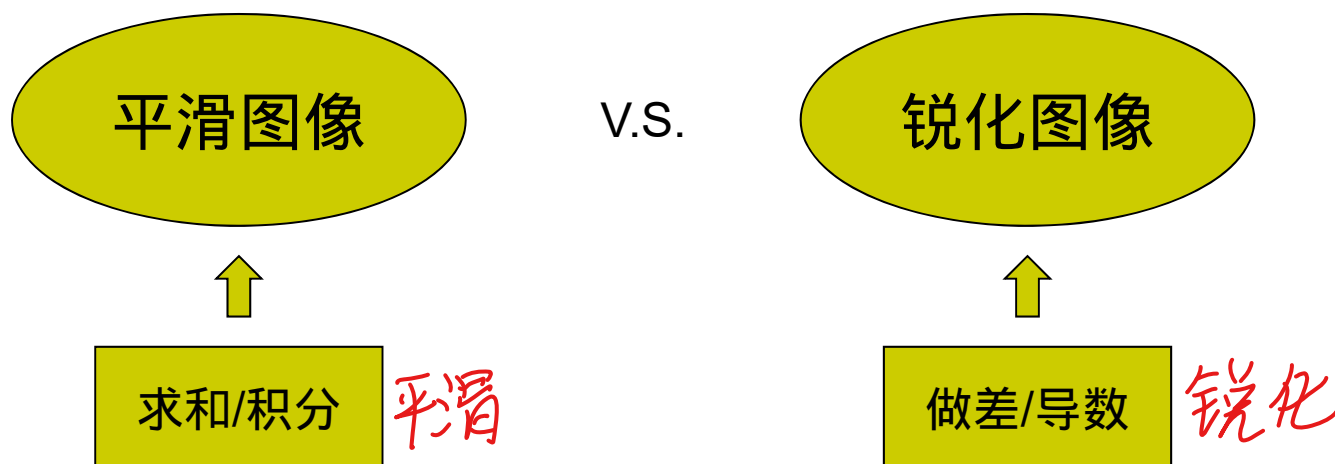
- 背景知识
- 基本灰度变换函数
- 直方图处理
- 空间滤波基础
- 平滑空间滤波器
- 锐化空间滤波器 与平滑相反
- 混合空间增强法



锐化处理 (高通滤波)



- 目的
 - 突出灰度的过渡部分
- 应用广泛
 - 电子印刷、医学成像、工业检测、制导



数学基础



- 一阶导数的性质
 - 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**
- 二阶导数的性质
 - 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

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

差值近似导数

- 二阶导数

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

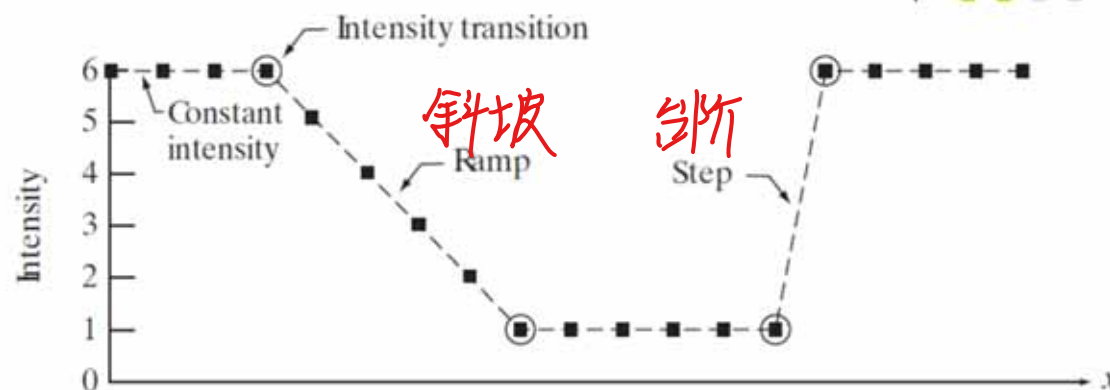
2个1阶导差值



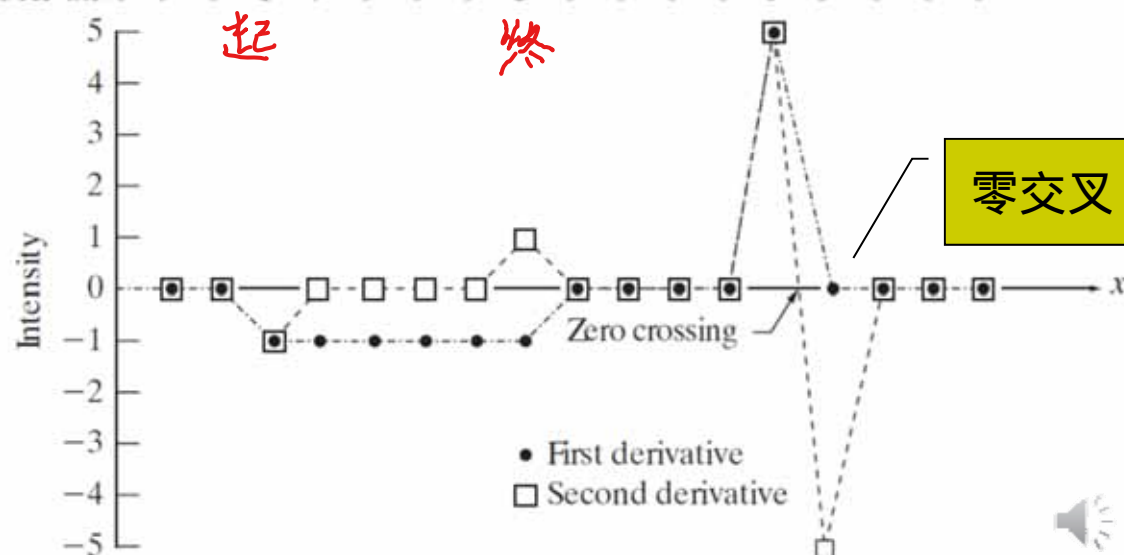
一阶和二阶导数的对比



- 恒定区域
- 斜坡
- 恒定区域
- 台阶
- 恒定区域



Scan line	6	6	6	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6
1st derivative	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
2nd derivative	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	-5	0	0	0	0



直观的结论



- 数字图像的边缘类似于斜坡
- 一阶导数产生较粗的边缘
 - 沿斜坡的导数一直**非零**
- 二阶导数产生两个有间距的双边边缘
 - 由零分开、单像素宽
- 二阶导数在增强细节方面比一阶导数好！





使用二阶导数对图像锐化

- 各向同性滤波器
 - 旋转图像→滤波 = 滤波→旋转结果
- 拉普拉斯算子

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

- 线性算子
- 离散拉普拉斯算子

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

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



拉普拉斯算子

- 标准形式 (浪费4个角)

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

- 对角线形式

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

90度增量
各向同性

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

45度增量
各向同性





使用二阶导数对图像锐化

- 拉普拉斯算子结果叠加到图像中

$$g(x, y) = f(x, y) + c [\nabla^2 f(x, y)]$$

- 采用负的中心系数, $c = -1$
- 采用正的中心系数, $c = 1$

0	-1	0	-1	-1	-1
-1	4	-1	-1	8	-1
0	-1	0	-1	-1	-1

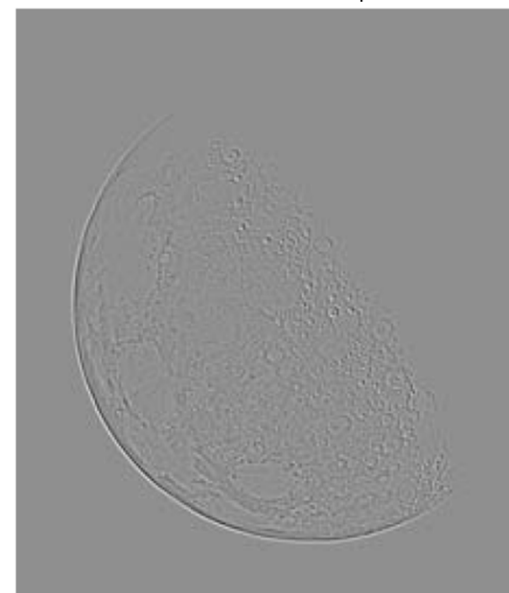
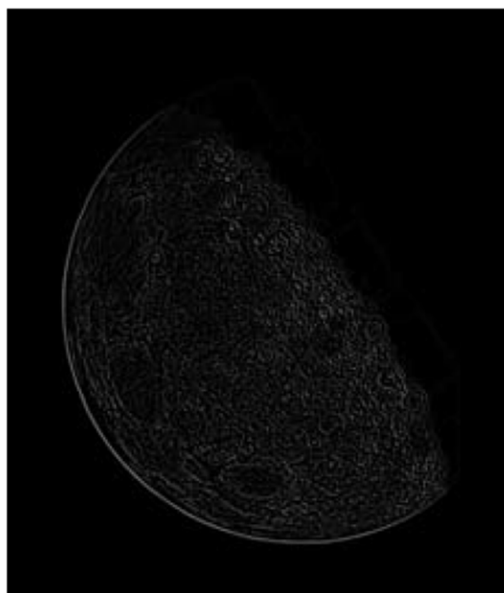


举例

- 月球图像



拉普拉斯滤波后结果



标准拉普拉斯锐化

对角版本拉普拉斯锐化

