



北京交通大学

# 图像处理与机器学习

Digital Image Processing and Machine Learning

主讲人：黄琳琳

电子信息工程学院



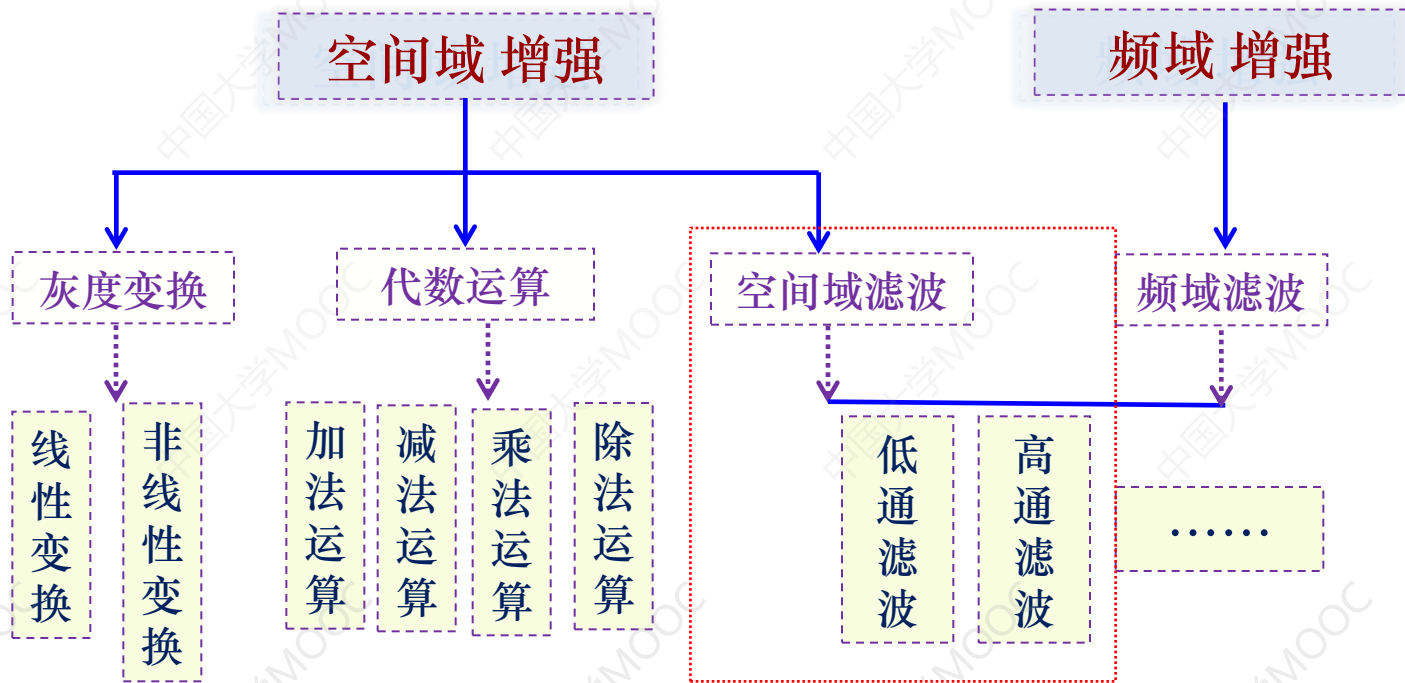
## 第二章 图像增强

- ◆ 引言
- ◆ 空间域增强
- ◆ 频域增强



# 引言

## ➤ 图像增强方法





# 灰度变换

## ➤ 空间域增强

-- 直接对构成图像像素的灰度级操作

输入图像  $x(j,i)$     输出图像  $y(j,i)$

$$y(j,i) = T[x(j,i)]$$

灰度变换函数

信号系统分析



# 空间域滤波

## ➤ 信号与系统分析

- 系统：接受**输入**、产生相应**输出**
- 分析：输入与输出之间对应**关系**

## ➤ 一维**连续**线性时不变系统



$$y(t) = h(t) * x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau) x(t - \tau) d\tau$$

$h(t)$ : 系统冲击响应



# 空间域滤波

## ➤ 一维连续线性时不变系统

$$y(t) = h(t) * x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau)x(t-\tau)d\tau$$

$h(t)$ : 系统冲击响应

## ➤ 一维离散线性时不变系统

$$y(i) = h(i) * x(i) = \sum_n h(n)x(i-n)$$

$h(i)$ : 系统冲击响应



# 空间域滤波

➤ 一维离散系统  $y(i) = h(i) * x(i) = \sum_n h(i)x(i+n)$

➤ 二维离散系统

二维离散卷积运算:

$$y(j,i) = h(j,i) * x(j,i)$$

$$y(j,i) = \sum_m \sum_n h(m,n) x(j+m,i+n)$$



# 空间域滤波

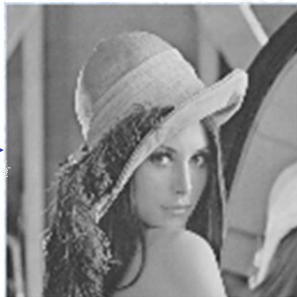
待增强图像



$x(j, i)$

图像增强  
系 统

增强后图像



$y(j, i)$

$$y(j, i) = \sum_m \sum_n \boxed{h(m, n)} x(j+m, i+n)$$

空间域滤波





# 空间域滤波

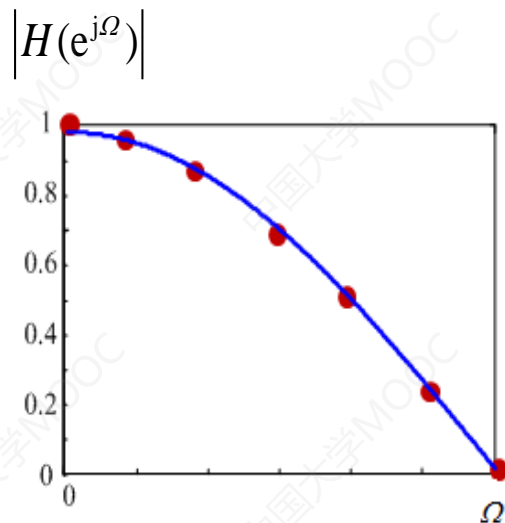
## ➤ 一维离散系统: 均值滤波器

$$h[k] = \{1, 1, 1\}$$

$$H(e^{j\Omega}) = DTFT\{h[k]\}$$

$$H(e^{j\Omega}) = \sum_{k=0}^{L-1} h(k)e^{-j\Omega k} = 1 + e^{-j\Omega} + e^{-j2\Omega}$$

$$H(e^{j\Omega}) = \cos^2 \Omega \cdot e^{-j\Omega} \quad |H(e^{j\Omega})| = \cos^2 \Omega$$



低通滤波器



# 空间域滤波

## ➤ 一维离散系统: 均值滤波器

$$h[k]=\{1, 1, 1\}$$

## ➤ 二维离散系统: 均值滤波器

$$h(m,n)=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



# 空间域滤波

$$y(j,i) = \sum_m \sum_n h(m,n) x(j+m, i+n)$$

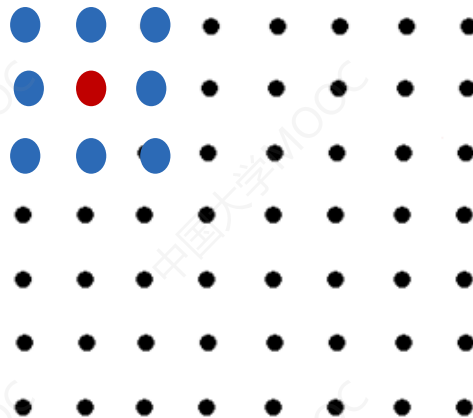
1	1	1
1	1	1
1	1	1

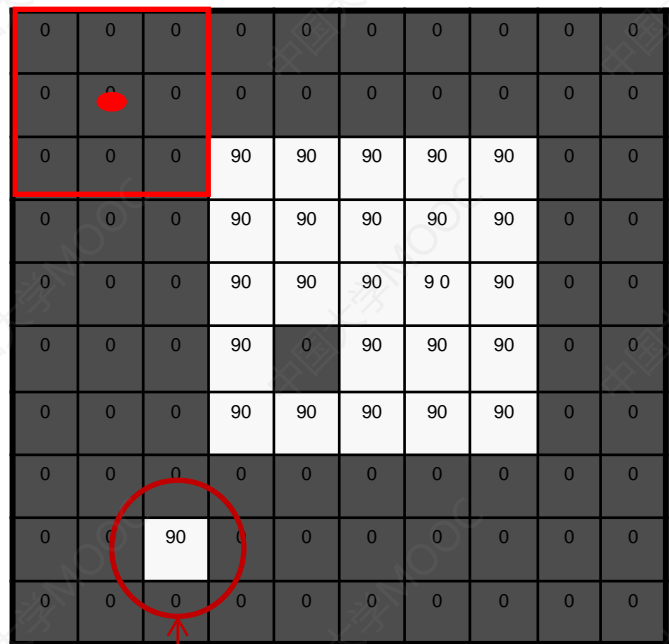
$$y(j,i) = \frac{1}{9} \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 x(j+m, i+n)$$

$$y(j,i) = \frac{1}{9} [x(j-1, i-1) + x(j-1, i) + x(j-1, i+1) + x(j, i) + \dots]$$

输入图像像素及其周边8个点灰度级的平均值

图像均值滤波器

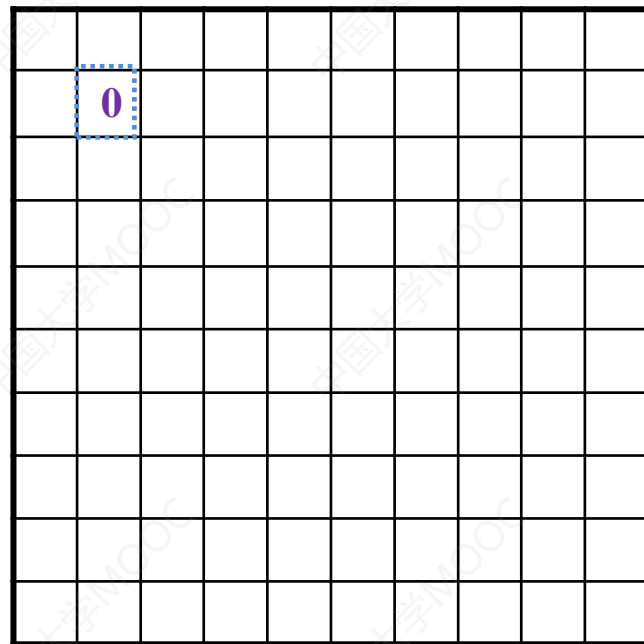




$x(j,i)$

图像均值滤波器

噪声点

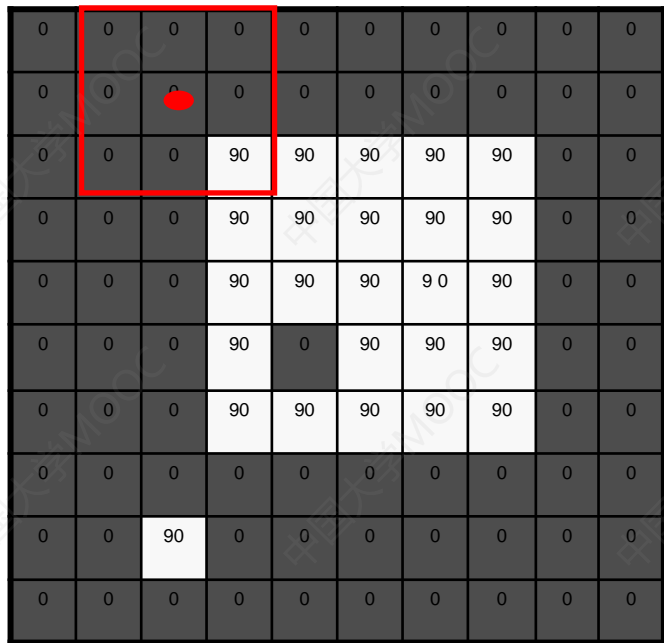


$y(j,i)$

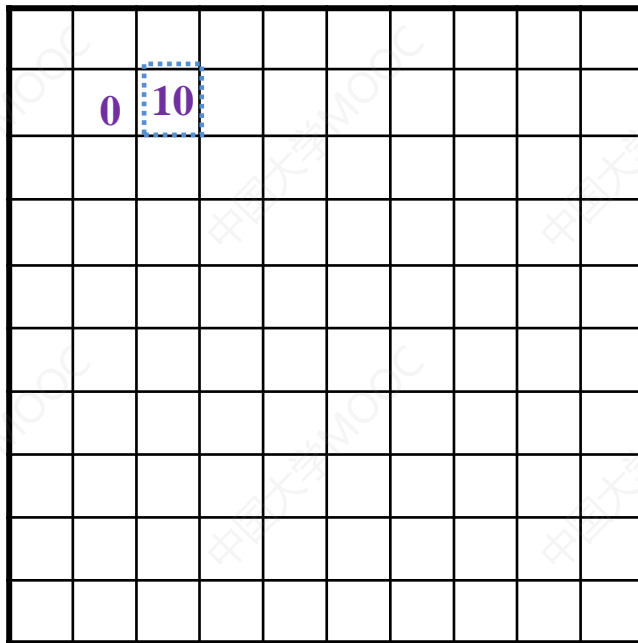
$$y(j,i) = \frac{1}{9} \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 x(j+m, i+n)$$



# 空间域滤波



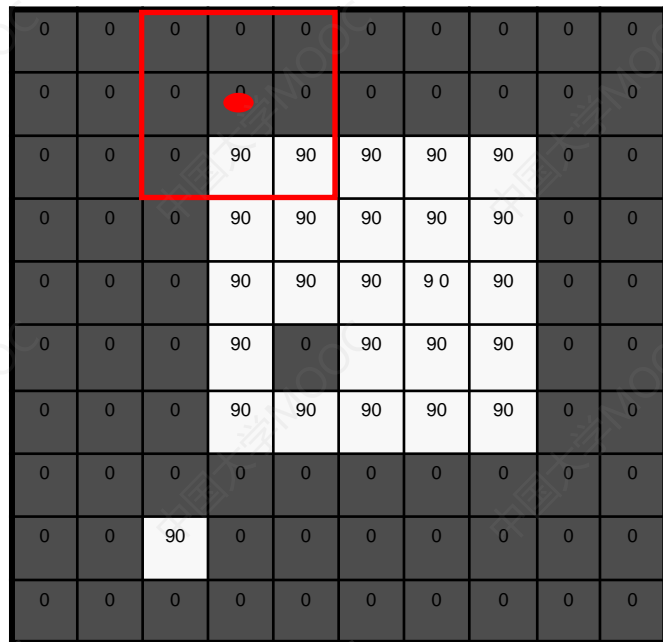
$x(j,i)$



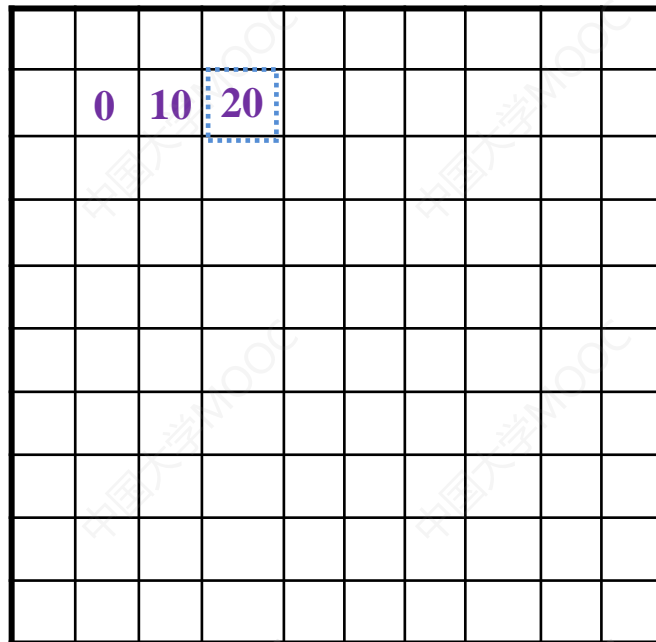
$y(j,i)$



# 空间域滤波



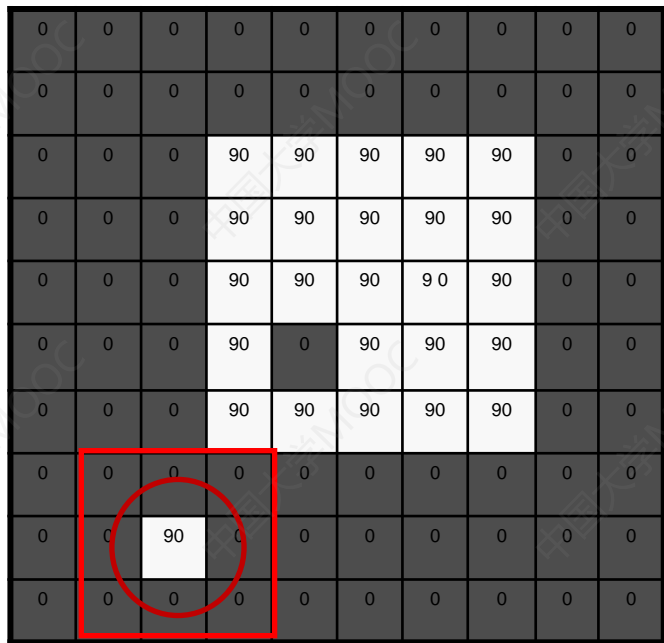
$x(j,i)$



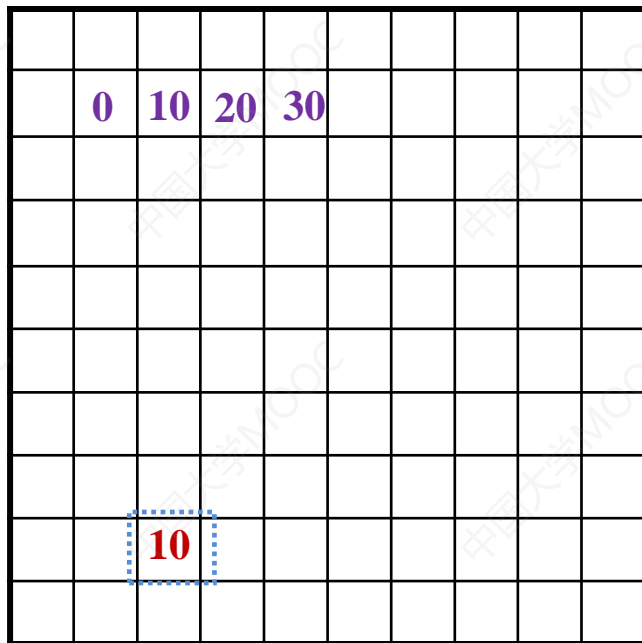
$y(j,i)$



# 空间域滤波



$x(j,i)$



$y(j,i)$



# 空间域滤波

## ➤ 一维离散系统：高斯低通滤波器

$$h[k]=\{1, 2, 1\}$$

## ➤ 二维离散系统：高斯低通滤波器

$$h(m,n)=\begin{array}{|c|c|c|}\hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array} \times \frac{1}{16}$$

加权平均





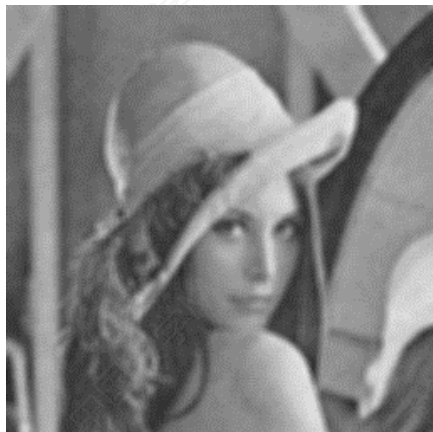
# 空间域滤波

## ➤ 图像滤波器应用

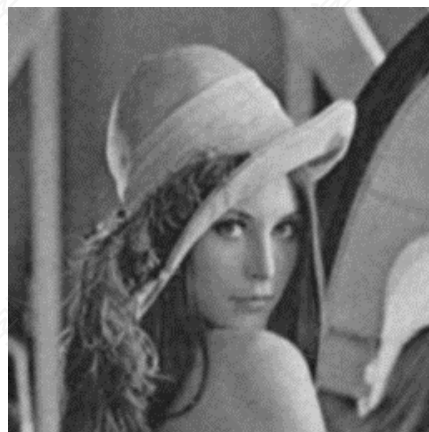
去除噪声



被噪声污染图像



均值滤波



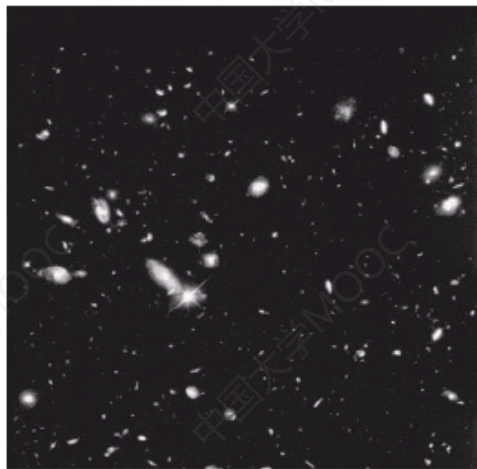
高斯滤波



# 空间域滤波

## ➤ 均值滤波器应用

## 提取感兴趣物体



Hubble 空间望远镜获取图像



均值滤波



均值滤波图像 二值化



# 空间域滤波



原图



高斯低通滤波

低通滤波：图像平滑



# 谢 谢

本课程所引用的一些素材为主讲老师多年的教学积累，来源于多种媒体及同事和同行的交流，难以一一注明出处，特此说明并表示感谢！