



北京交通大学

图像处理与机器学习

Digital Image Processing and Machine Learning

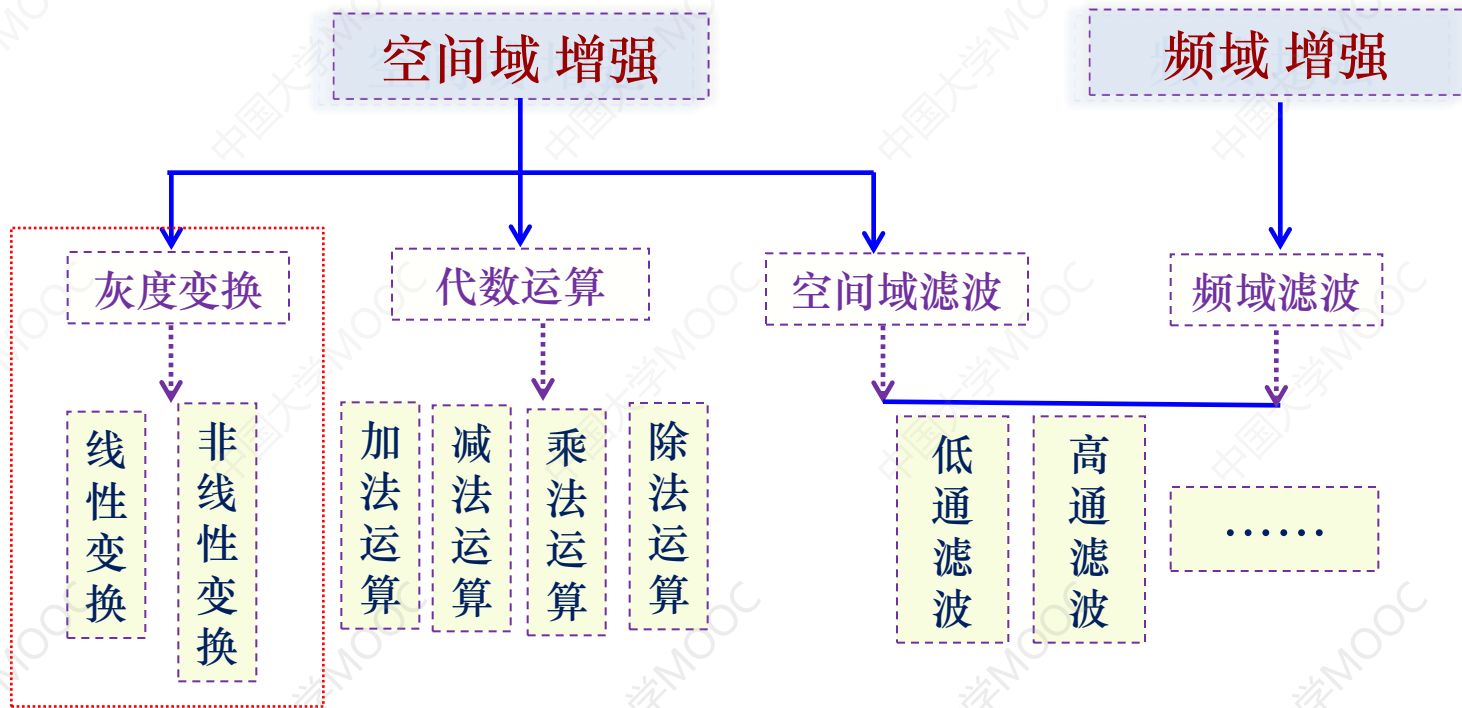
主讲人：黄琳琳

电子信息工程学院



引言

➤ 图像增强方法





空间域增强



对数变换



幂次变换



✓ 变换前后图像直方图之间有何种关系？



空间域增强

➤ 灰度变换 $D_B = f(D_A)$

➤ 灰度直方图

$H_A(D)$: 变换之前图像直方图

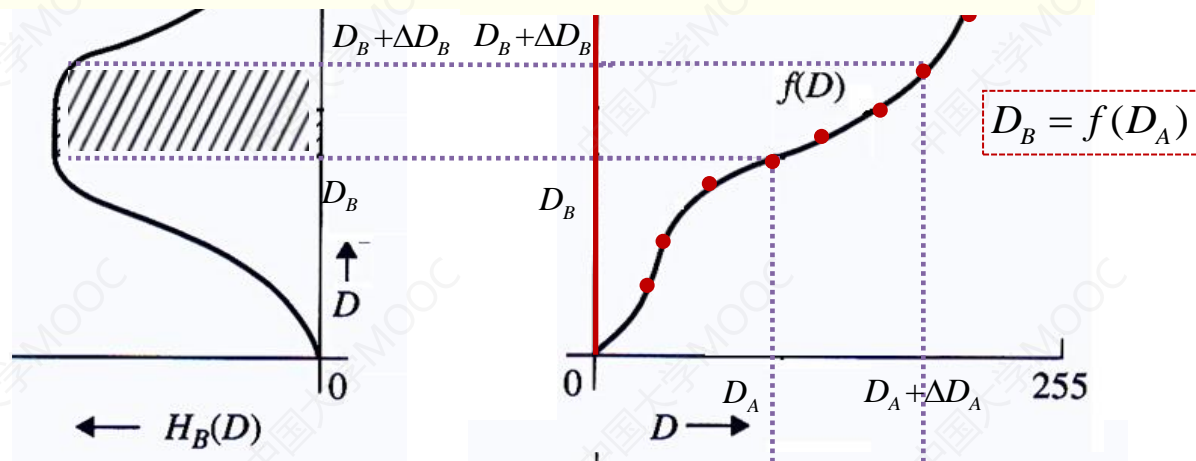
$H_B(D)$: 变换之后图像直方图

$$H_A(D) \xleftrightarrow{?} H_B(D)$$



空间域增强

$$\int_{D_B}^{D_B + \Delta D_B} H_B(D_B) dD = \int_{D_A}^{D_A + \Delta D_A} H_A(D_A) dD$$



变换后图像
直方图

输入图像
直方图



空间域增强

$$\int_{D_B}^{D_B + \Delta D_B} H_B(D_B) dD = \int_{D_A}^{D_A + \Delta D_A} H_A(D_A) dD$$

$$H_B(D) \Delta D_B = H_A(D) \Delta D_A$$

$$H_B(D_B) = \frac{H_A(D_A) \Delta D_A}{\Delta D_B}$$

$$H_B(D_B) = \frac{H_A(D_A)}{\Delta D_B / \Delta D_A}$$

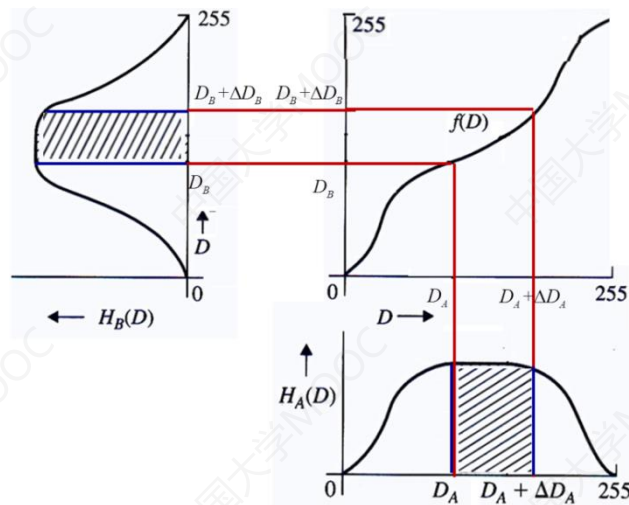
$$\Delta D_A \rightarrow 0, \Delta D_B \rightarrow 0$$

$$H_B(D_B) = \frac{H_A(D_A)}{dD_B / dD_A}$$

$$D_B = f(D_A)$$

$$dD_B / dD_A = df(D_A) / dD_A$$

$$H_B(D_B) = \frac{H_A(D_A)}{f'(D_A)}$$





空间域增强

➤ 灰度变换 $D_B = f(D_A)$

➤ 灰度直方图

$H_A(D)$: 变换之前图像的直方图

$H_B(D)$: 变换之后图像的直方图

$$H_B(D_B) = \frac{H_A(D_A)}{f'(D_A)}$$

灰度变换后图像直方图是变换前直方图
与变换函数导数之比



空间域增强

例：对输入图像采用变换函数 $D_B = aD_A + b$ 进行灰度变换。

试确定变换前后图像灰度直方图的关系。

解：变换前后图像的直方图分别采用

$H_A(D)$ 和 $H_B(D)$ 表示；

$$H_B(D_B) = \frac{H_A(D_A)}{f'(D_A)} \quad f'(D_A) = a$$

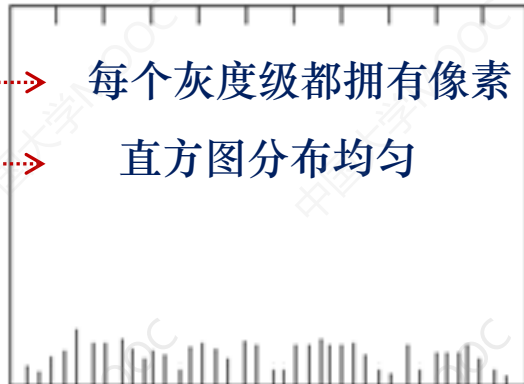
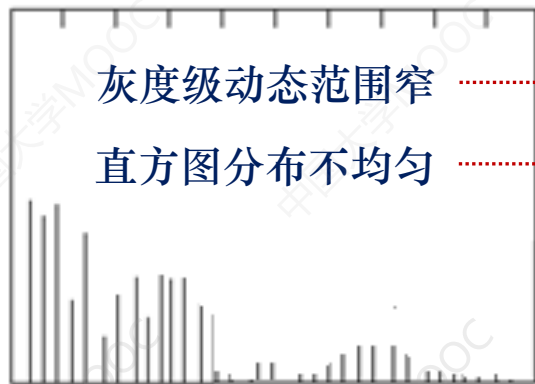
$$H_B(D_B) = \frac{H_A(D_A)}{a}$$



空间域增强



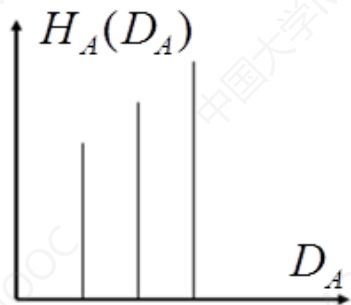
直
方
图
均
衡





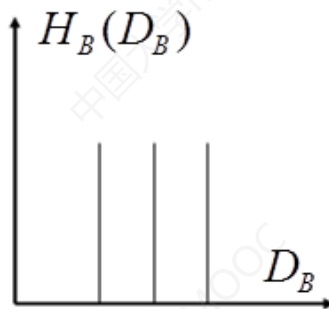
直方图均衡

$H_A(D_A)$ 和 $H_B(D_B)$ 分布代表均衡前后图像直方图



$$D_B = f(D_A)$$

?



每个灰度级拥有相同的像素个数

$$H_B(D_B) = \text{常数}$$



直方图均衡

$H_A(D_A)$ 和 $H_B(D_B)$ 分布代表均衡前后图像直方图

$$D_B = f(D_A) \quad \text{直方图均衡}$$

$$H_B(D_B) = \frac{H_A(D_A)}{f'(D_A)} = \text{常数} = \frac{A_0}{D_m}$$

D_m 代表灰度级, A_0 代表图像像素总数

$$f'(D_A) = \frac{D_m}{A_0} \cdot H_A(D_A)$$



直方图均衡

$$f'(D_A) = \frac{D_m}{A_0} \cdot H_A(D_A)$$

两边积分: $f(D_A) = \frac{D_m}{A_0} \cdot \sum_0^{D_A} H_A(D_A)$

$$D_B = \frac{D_m}{A_0} \cdot \sum_0^{D_A} H_A(D_A)$$



直方图均衡

灰度级	像素个数
0	790
1	1023
2	850
3	656
4	329
5	245
6	122
7	81

8灰度级 64x64 图像

$$D_B = \frac{D_m}{A_0} \cdot \sum_0^{D_A} H_A(D)$$

灰度级	像素个数
0	
1	790
2	
3	1023
4	
5	
6	
7	

$$D_A=0 \rightarrow D_B = \frac{D_m}{A_0} \cdot \sum_0^0 H_A(D) = \frac{7}{64 \times 64} \cdot 790 \approx 1 \quad D_B \approx 1$$

$$D_A=1 \rightarrow D_B = \frac{7}{64 \times 64} \cdot \sum_0^1 H_A(D) = \frac{7}{64 \times 64} \cdot (H_A(0) + H_A(1)) = \frac{7}{64 \times 64} \cdot (790 + 1023) \approx 3$$

灰度级	像素个数
0	790
1	1023
2	850
3	656
4	329
5	245
6	122
7	81

8灰度级 64x64 图像

$$D_B = \frac{D_m}{A_0} \cdot \sum_0^{D_A} H_A(D)$$

灰度级	像素个数
0	
1	790
2	
3	1023
4	
5	850
6	985
7	448

$$D_A=2 \rightarrow D_B = \frac{7}{64 \times 64} \cdot \sum_0^2 H_A(D) = \frac{7}{64 \times 64} \cdot (790 + 1023 + 850) \approx 5$$

$$D_A=3 \rightarrow D_B = \frac{7}{64 \times 64} \cdot \sum_0^3 H_A(D) = \frac{7}{64 \times 64} \cdot (790 + 1023 + 850 + 656) \approx 6$$

$$D_A=4 \rightarrow D_B = \frac{7}{64 \times 64} \cdot \sum_0^4 H_A(D) = \frac{7}{64 \times 64} \cdot (790 + 1023 + 850 + 656 + 329) \approx 6$$

$$D_A=5 \rightarrow D_B = \frac{7}{64 \times 64} \cdot \sum_0^5 H_A(D) = \frac{7}{64 \times 64} \cdot (790 + 1023 + 850 + 656 + 329 + 245) \approx 7$$

$$D_A=6 \rightarrow D_B = \frac{7}{64 \times 64} \cdot \sum_0^6 H_A(D) \approx 7 \quad D_A=7 \rightarrow D_B = \frac{7}{64 \times 64} \cdot \sum_0^7 H_A(D) \approx 7$$

$$656 + 329 = 985$$

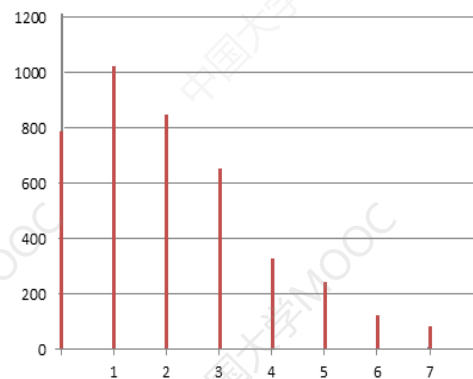
$$245 + 122 + 81 = 448$$



直方图均衡

8灰度级 64x64 图像

灰度级	像素个数
0	790
1	1023
2	850
3	656
4	329
5	245
6	122
7	81



$$D_B = \frac{D_m}{A_0} \cdot \sum_0^{D_A} H_A(D)$$



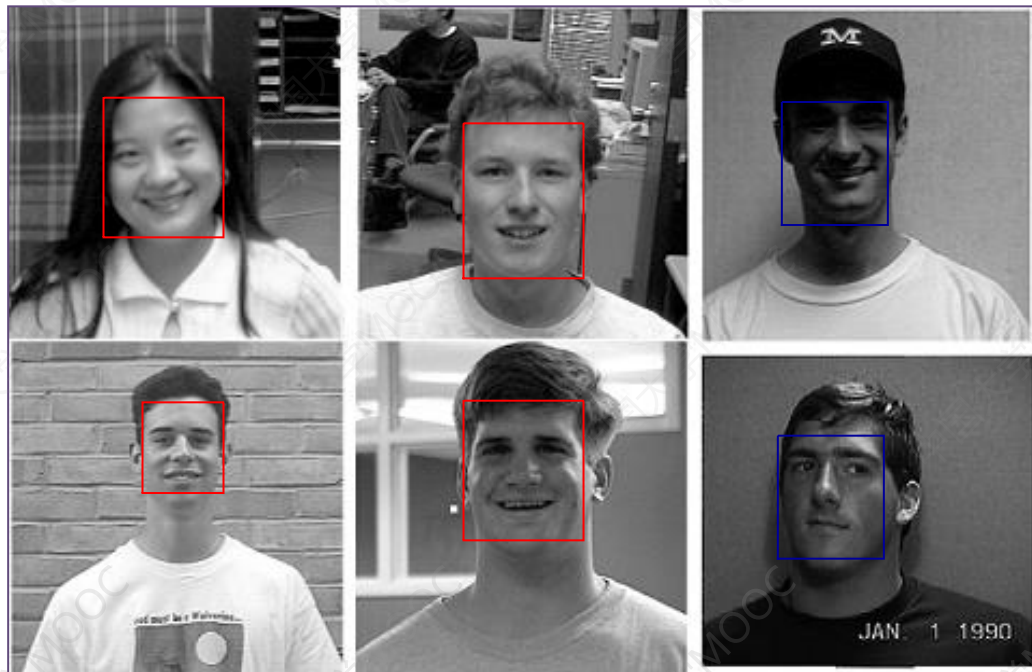
灰度级	像素个数
0	0
1	790
2	0
3	1023
4	0
5	850
6	985
7	448





直方图均衡

➤ 直方图均衡应用 人脸识别





直方图均衡



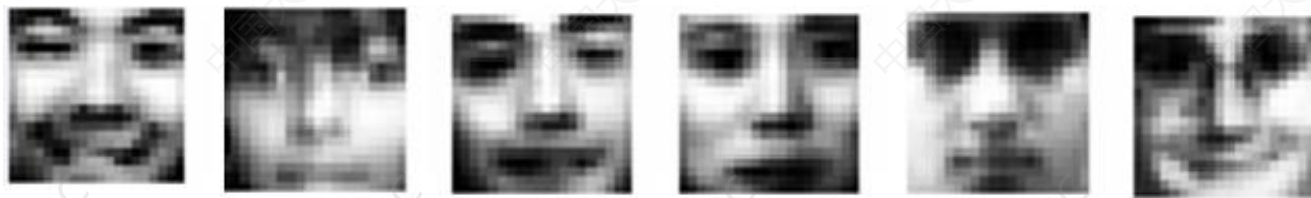
$$D_B = \frac{D_m}{A_0} \cdot \sum_0^{D_A} H_A(D_A)$$

直方图均衡

第一步：计算输入图像直方图

第二步：计算像素新的灰度级

第三步：新灰度级替换原灰度级



人脸识别



空间域增强

- 线性变换
- 非线性变换
 - 对数变换
 - 幂次变换
 - 直方图均衡

...



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！