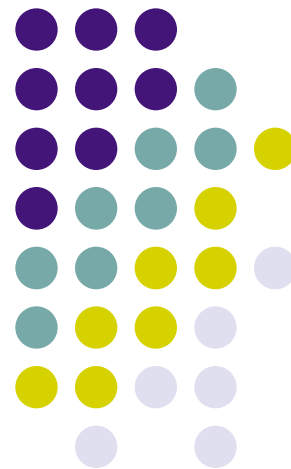


# 数字图像处理

## 第二章

### 空间域图像增强 (Part I)



# 空间域图像增强



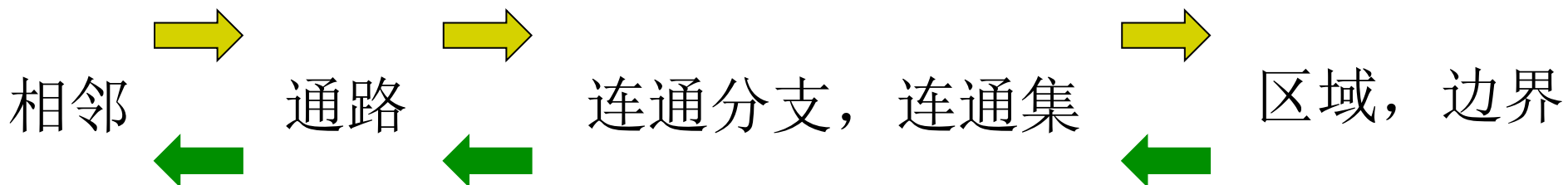
- 像素间的基本关系
- 空间域图像增强背景知识
- 基本灰度变换
- 直方图处理



# 像素间的基本关系

- 相邻像素
- 邻接性、连通性、区域和边界
- 距离度量

逻辑关系

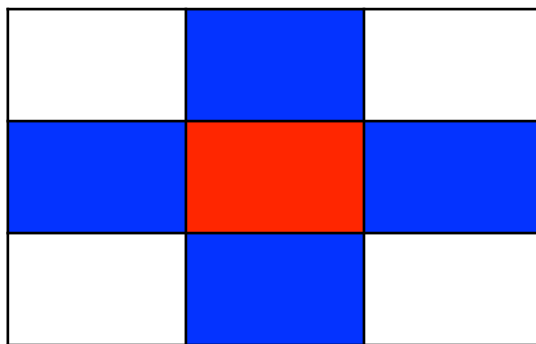


# 相邻像素

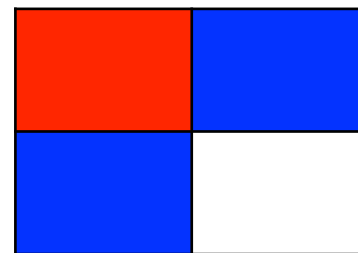


- 4邻域：位于坐标 $(x,y)$ 的像素 $p$ 有四个水平和竖直的相邻像素，坐标为：

$$N_4(p) = (x-1, y), (x+1, y), (x, y-1), (x, y+1)$$



- 边界的像素点怎么办？

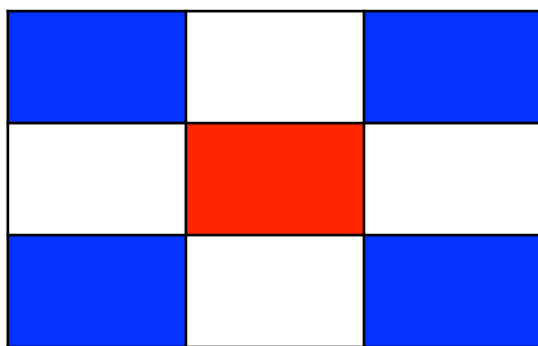


# 相邻像素

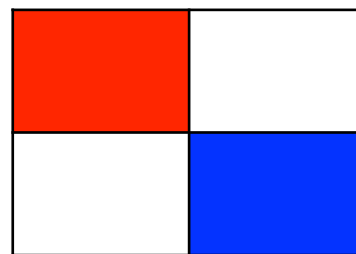


- 4对角邻域：位于坐标 $(x,y)$ 的像素 $p$ 有四个对角的相邻像素，坐标为：

$$N_D(p) = (x-1, y-1), (x-1, y+1), (x+1, y-1), (x+1, y+1)$$



- 边界的点怎么办？

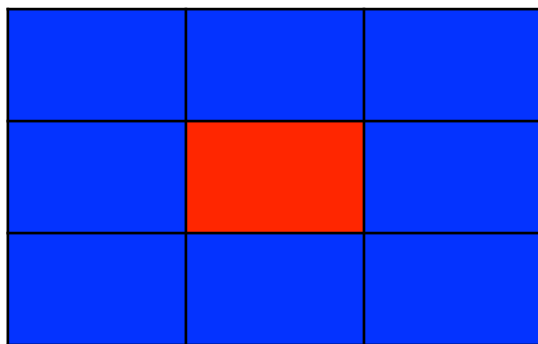


# 相邻像素

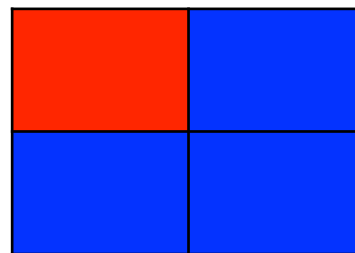


- 8邻域：位于坐标(x,y)的像素p有8个水平、竖直以及对角的相邻像素，坐标为：

$$N_8(p) = N_4(p) + N_D(p)$$



- 边界的点怎么办？

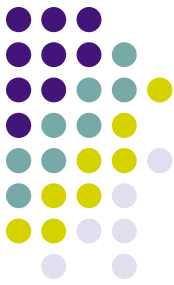


# 邻接性



- 令 $V$ 是用于定义邻接性的灰度值集合
  - 对于二值图像,  $V=\{1\}$ 或 $V=\{0\}$
  - 对于非二值图像,  $V$ 是灰度级任意一个子集, 比如 $V=\{128, 129, \dots, 255\}$ ;
- $V$ 集合把灰度级化成2个等价类;  
也可以认为 $V$ 集合把灰度图像染成二值图像

# 邻接性



- 4邻接：如果 $q$ 在 $N_4(p)$ 集合中，且 $q$ 的灰度与 $p$ 的灰度都在集合 $V$ 中，则 $q$ 和 $p$ 是4邻接的
- 8邻接：如果 $q$ 在 $N_8(p)$ 集合中，且 $q$ 的灰度与 $p$ 的灰度都在集合 $V$ 中，则 $q$ 和 $p$ 是8邻接的
- M邻接（混合邻接）：  $q$ 的灰度与 $p$ 的灰度都在集合 $V$ 中，如果i)  $q$ 在 $N_4(p)$ 中，或者ii)  $q$ 在 $N_D(p)$ 中，且 $N_4(p) \cap N_4(q)$ 的灰度都不在集合 $V$ 中，则 $q$ 和 $p$ 是 $m$ 邻接的

消除二义性

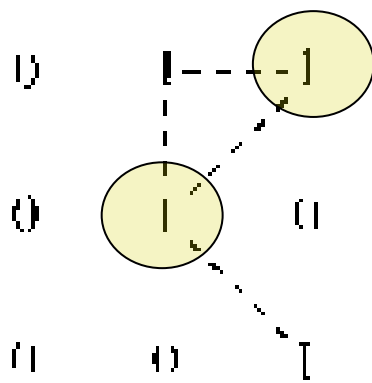


# 例子

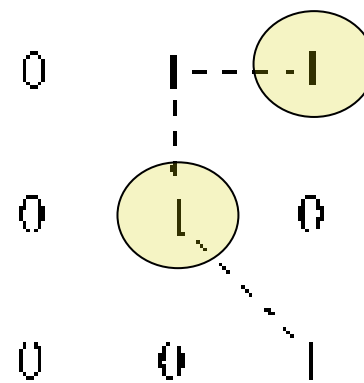


0	1	1
0	1	0
0	0	1

(a)



(b)



(c)

**8邻接**

**m邻接**

# 连通性



- 从坐标 $(x,y)$ 的像素点 $p$ 到坐标 $(s,t)$ 的像素点 $q$ 的路（也可能是曲线）称为**通路**

$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{N-1}, y_{N-1}), (x_N, y_N)$

相邻像素点是邻接的

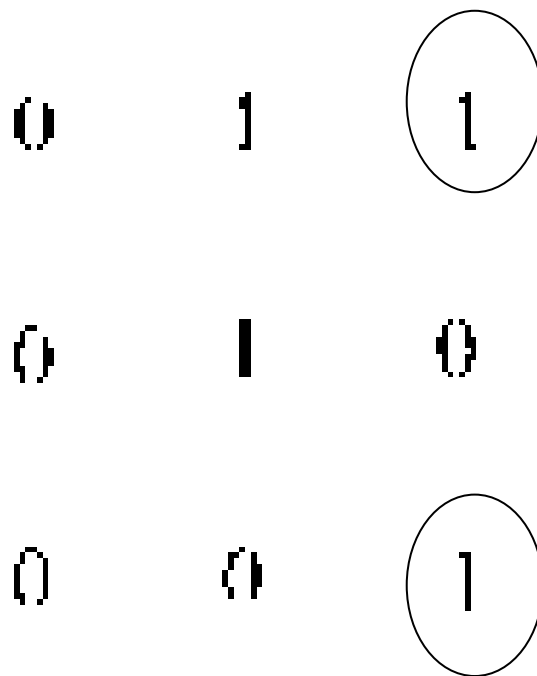
$(x,y) = (x_0, y_0)$

$(s,t) = (x_N, y_N)$

通路长度为**N**

如果 $(x,y)=(s,t)$ ,  
则此通路称为闭  
合通路

# 计算



从东北角的1到东南角的1，8通路和m通路的长度是多少？存在4通路嘛？

# 小测试



	q	1
p	1	
1		

当 $(p,q)$ 分别取  $(0,0)$ ,  $(1,0)$ ,  $(0,1)$ ,  $(1,1)$ ,  
从左下方的**1**到右上方的**1**的**m通路**  
的长度分别是多少？

# 连通集



- 令 $S$ 代表一幅图像中像素的子集。如果在 $S$ 中全部像素之间存在一条通路，则说明像素 $p$ 和像素 $q$ 在 $S$ 中是连通的
- 对于 $S$ 中任何像素 $p$ ， $S$ 中连通到该像素的像素集叫做 $S$ 的**连通分量**
- 如果 $S$ 仅有一个连通分量，则集合 $S$ 叫做**连通集**

# 边界

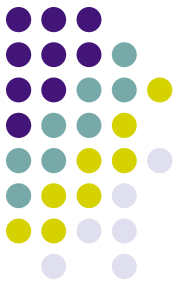


- 令 $R$ 是图像中的像素子集。如果 $R$ 是连通集，则称 $R$ 为一个区域
- 一个区域 $R$ 的边界（也称为边缘或轮廓线）是区域中像素的集合
- 边界内的点存在该区域中一个或者多个不在 $R$ 中邻点

# 边缘与边界



- 边界：一个有限区域的边界形成一条闭合通路，是个“整体”概念
- 边缘：具有某些导数值（超过预先设定的阈值）的像素形成；
- 边界只考察其邻点是否属于集合V，属于二值判断。边缘考察灰度级的差别，粒度更细。边缘可能不闭合。
- 什么时候边缘=边界？ 二值图像



# 距离度量

- 给定三个像素点

- $p, (x,y)$

- $q, (s,t)$

- $z, (v,w)$

- 如果

(a)  $D(p, q) \geq 0$  [  $D(p, q) = 0$ , 当且仅当  $p = q$  ]

(b)  $D(p, q) = D(q, p)$

(c)  $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$

则D为距离函数或度量



# 距离度量



- 欧式距离

$$D_r(p, q) = \sqrt{(x - s)^2 + (y - t)^2}$$

- L1距离（城市街道距离，曼哈顿距离）

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

- 棋盘距离

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$$

- QQ群 664387252

**Two Assignments** (will be released soon)

[Assignment A](#) (Deadline: **Apr. 6**)

[Assignment B](#) (Deadline: **Apr. 27**)



数字图像处理-2018春季

扫一扫二维码，加入群聊。

# 例子



```
      2
    2 1 2
  2 1 0 1 2
    2 1 2
      2
```

```
2 2 2 2 2
2 1 1 1 2
2 1 0 1 2
2 1 1 1 2
2 2 2 2 2
```

分别是什么距离？

# 空间域图像增强



- 像素间的基本关系
- 空间域图像增强背景知识
- 基本灰度变换
- 直方图处理

# 背景知识



- 增强的首要目标是处理图像，使其比原始图像更适合于**特定**应用

面向问题



X成像技术不适用于处理月球发回的照片

# 背景知识



- 两大类方法：
  - **空间域方法**：图像平面本身，对图像的像素直接处理；
  - 频域方法：修改图像的频谱例如傅里叶变换为基础；

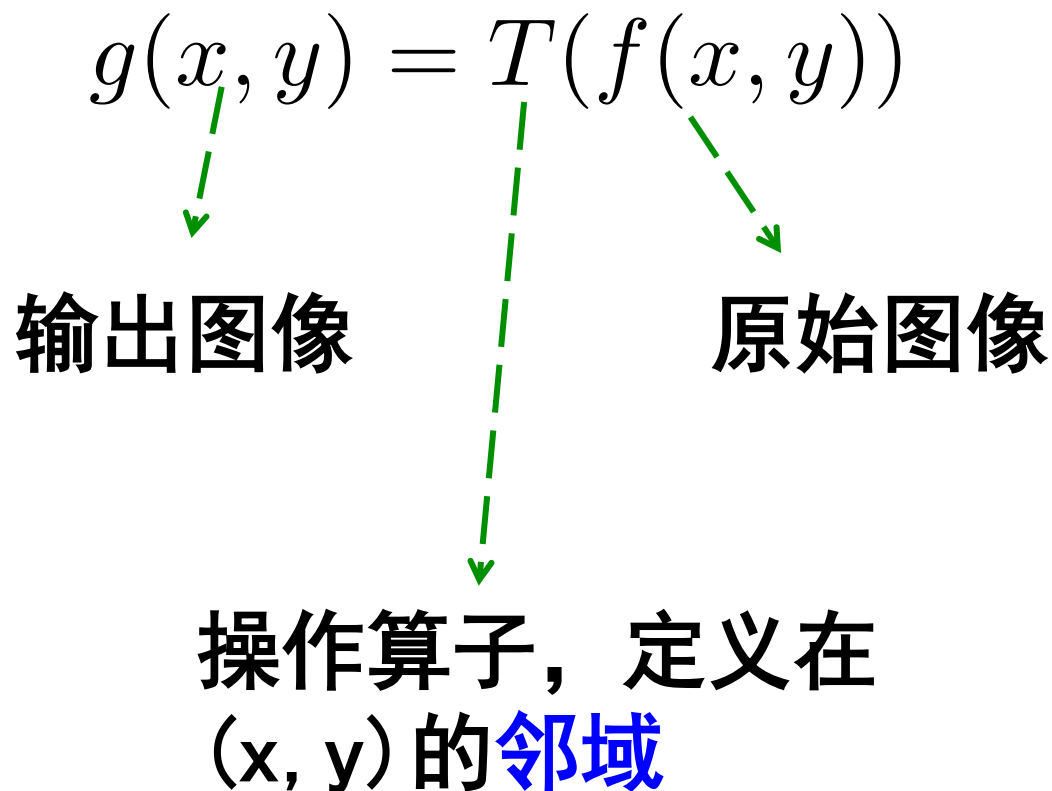
离散

连续

# 背景知识



- 空间域方法是直接对像素操作的过程

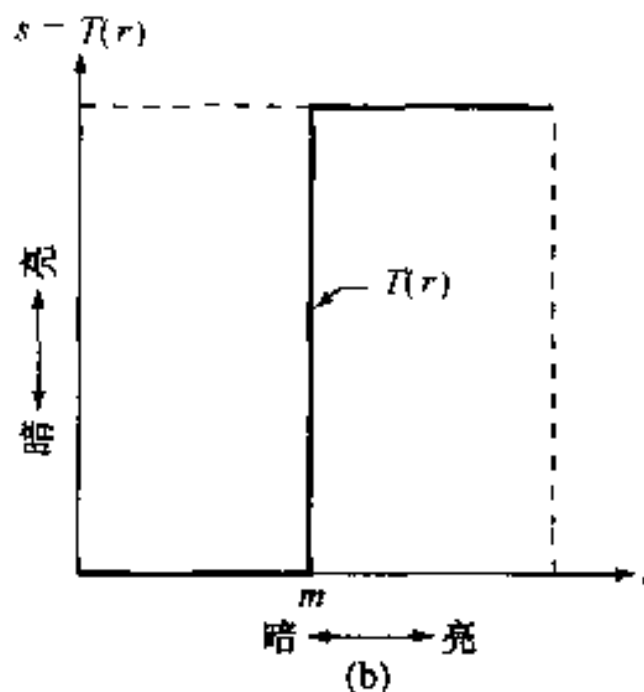
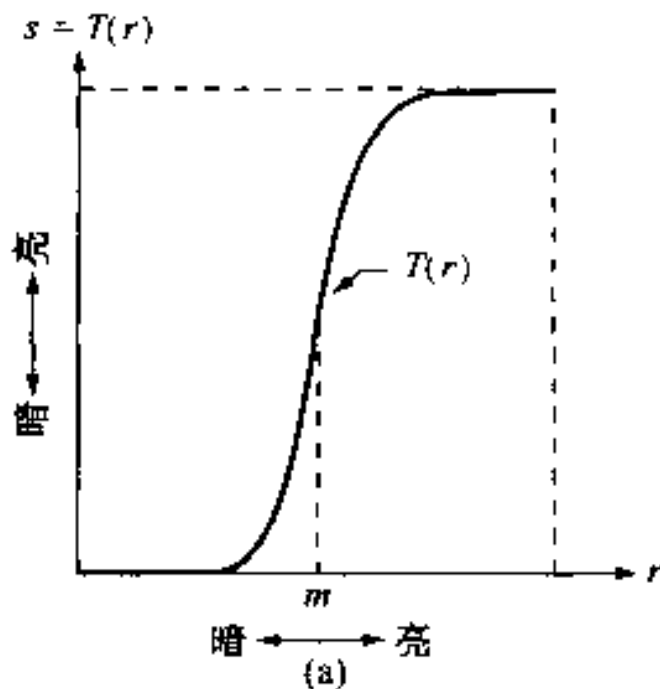


# 背景知识



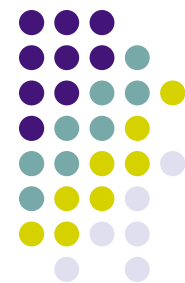
- 当邻域为本身时，T操作变成灰度级变换函数（也叫做强度映射）

$$s = T(r)$$





# 空间域图像增强

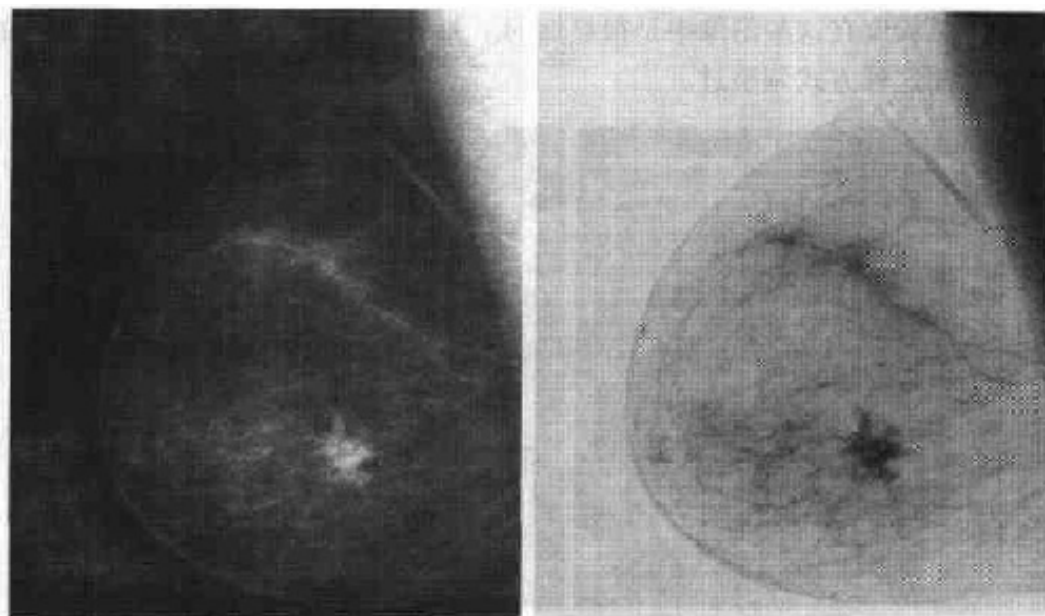


- 像素间的基本关系
- 空间域图像增强背景知识
- 基本灰度变换
- 直方图处理

# 图像反转



- 公式:  $S = L - 1 - r$        $L = 2^b$



反转前

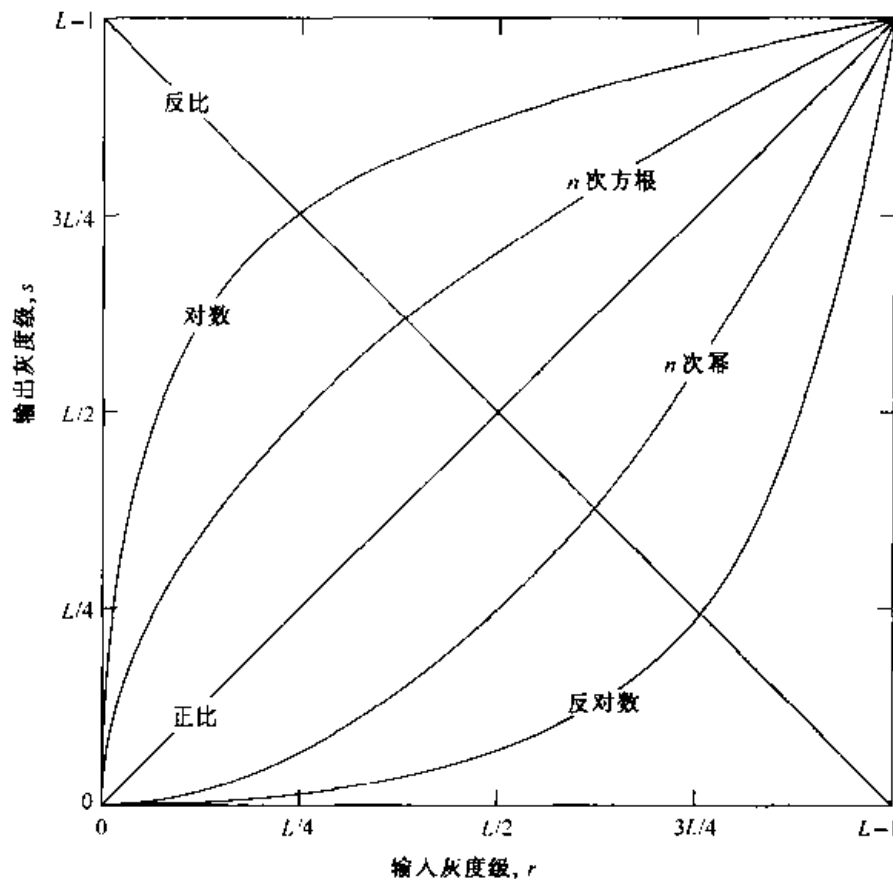
反转后

反转后可以  
看到有一小  
块病变。

尽管两幅图  
像本质上内  
容一样，但  
是分析图像  
的难易变了

# 对数变换

- 公式  $s = c \log(1 + r)$



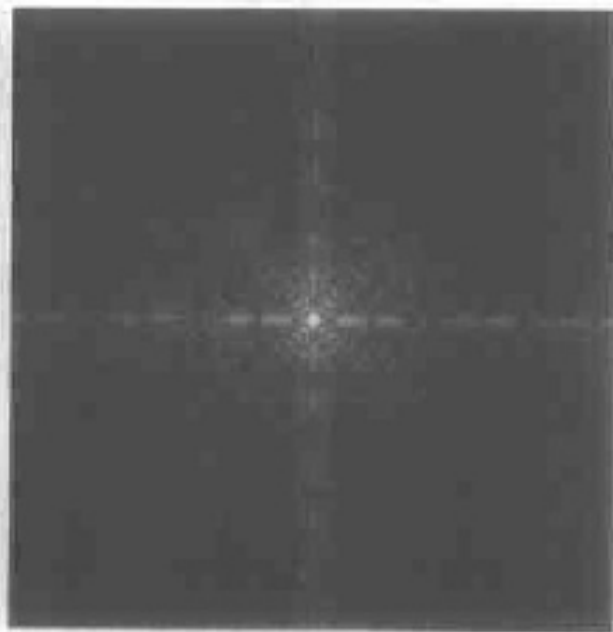
# 对数变换

- 公式  $s = c \log(1 + r)$



(a)

变换前



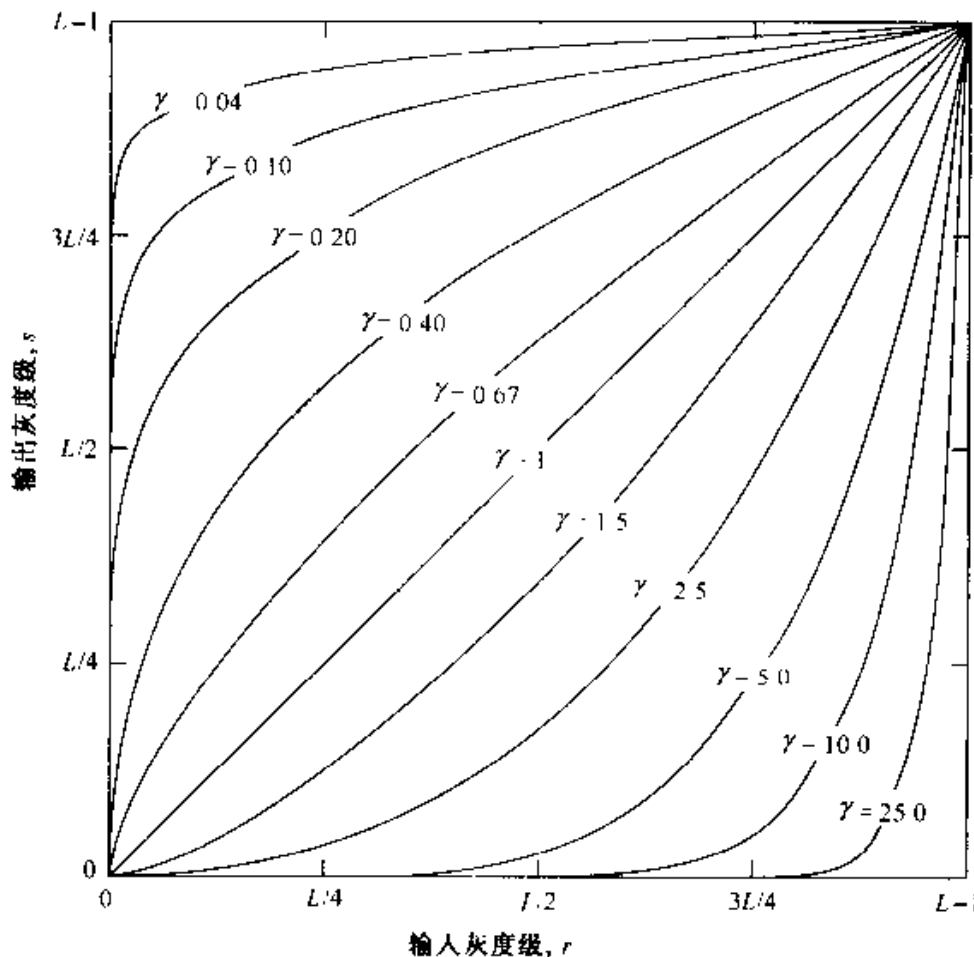
(b)

变换后,  $c=1$

变换后,  
看到了  
图像更  
多的细  
节

# 幂次变换

- 公式  $s = cr^\gamma$



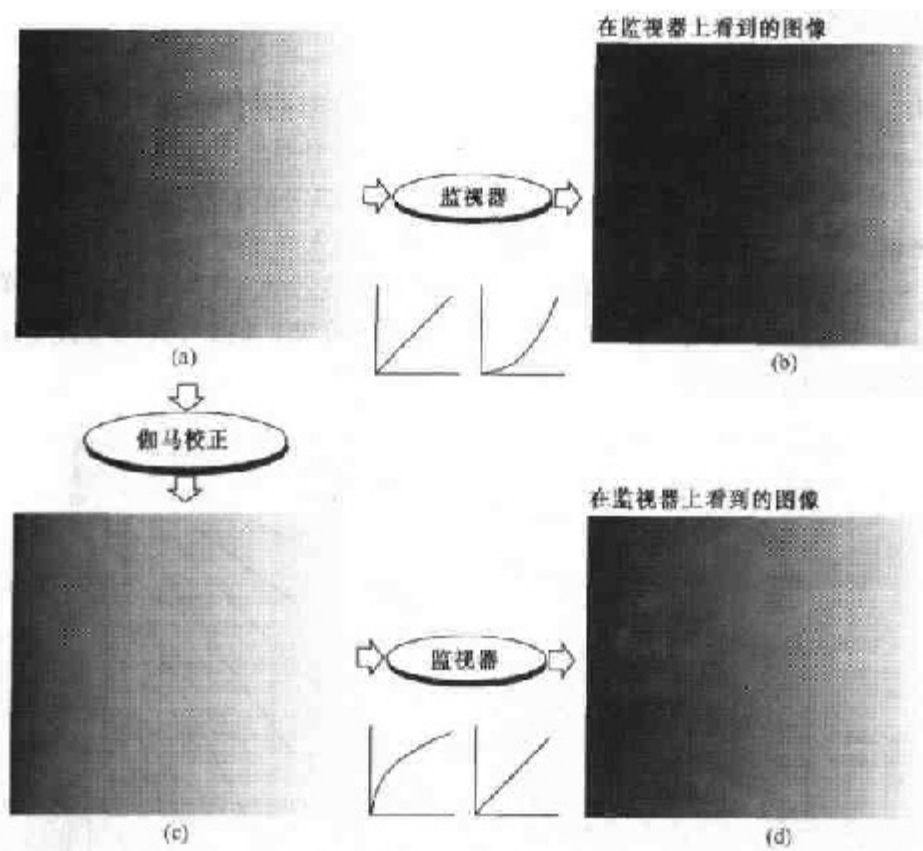
由于伽马参数对最后效果至关重要，因为幂次变换也称为伽马变换



# 幂次变换

- 公式

$$s = cr^\gamma$$



$$\gamma = 2.5$$

经伽马变换后，图像变得更接近真实值





伽马参数分  
别取 0.6, 0.4,  
0.3

伽马变换可  
用于增强对  
比度

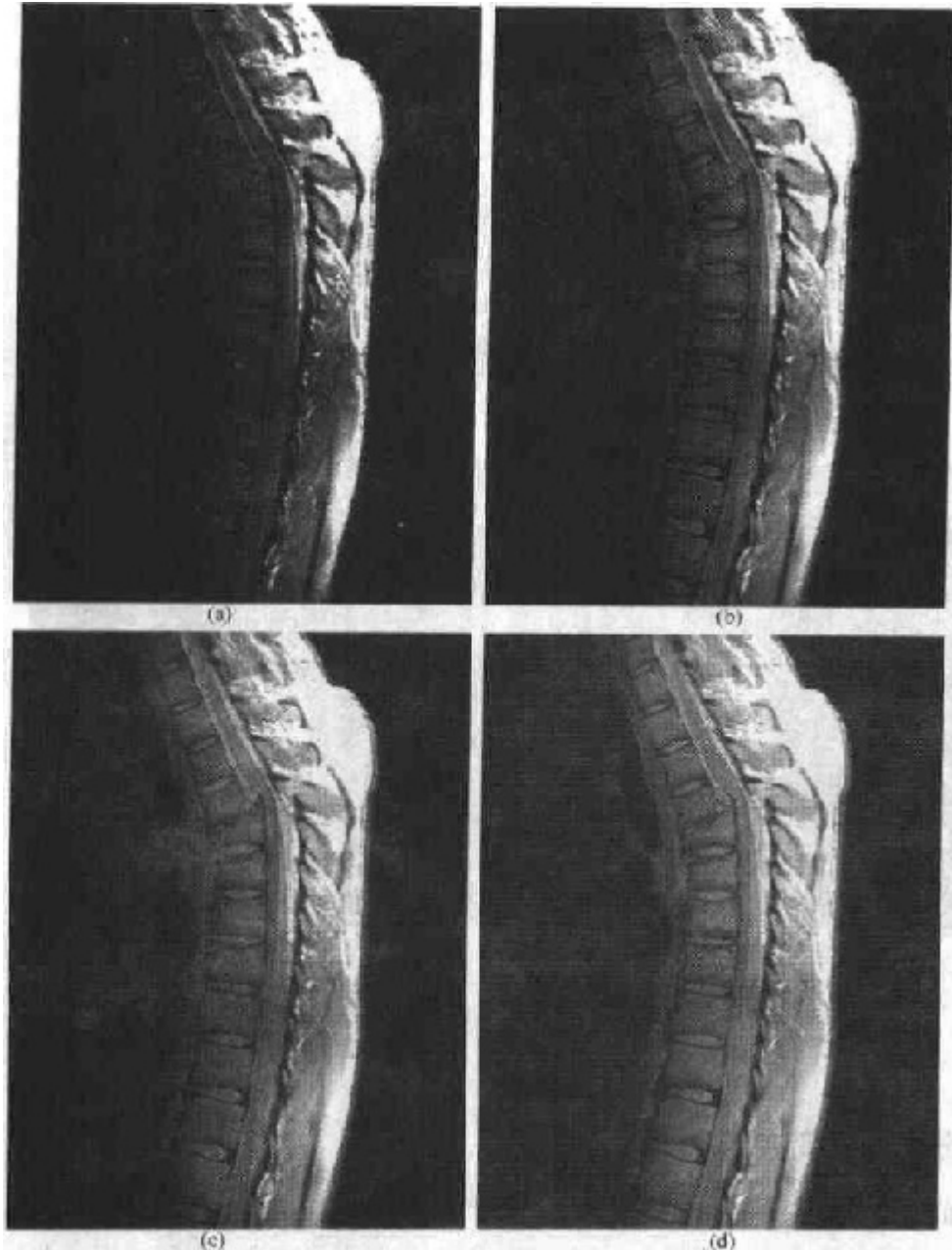
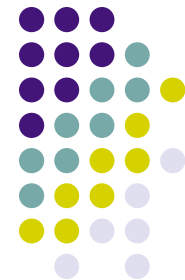


图 3.8 (a)人的脊椎骨折的核磁共振图像,(b)~(d)应用式(3.2.3)并且  $c=1$ ,  $\gamma$  分别等于0.6,0.4,0.3时变换的结果(这个例子的原图像由 Vanderbilt 大学医学中心放射学和辐射学系的 David R. Pickens 博士提供)

# 思考

- 如果你不想拉伸整个图像的对比度，你只想拉伸某些灰度级上的对比度，怎么办？





# 分段线性函数

- 最简单的分段线性函数就是对比拉伸变换

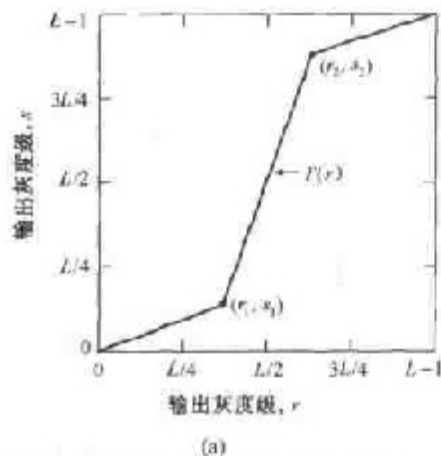


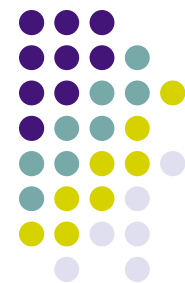
图 3.10 对比度拉伸。(a)变换函数的形式,(b)低对比度图像,(c)对比度拉伸的结果,(d)门限化的结果(原图像由澳大利亚国立大学生物科学研究院Roger Heady博士提供)

# 空间域图像增强

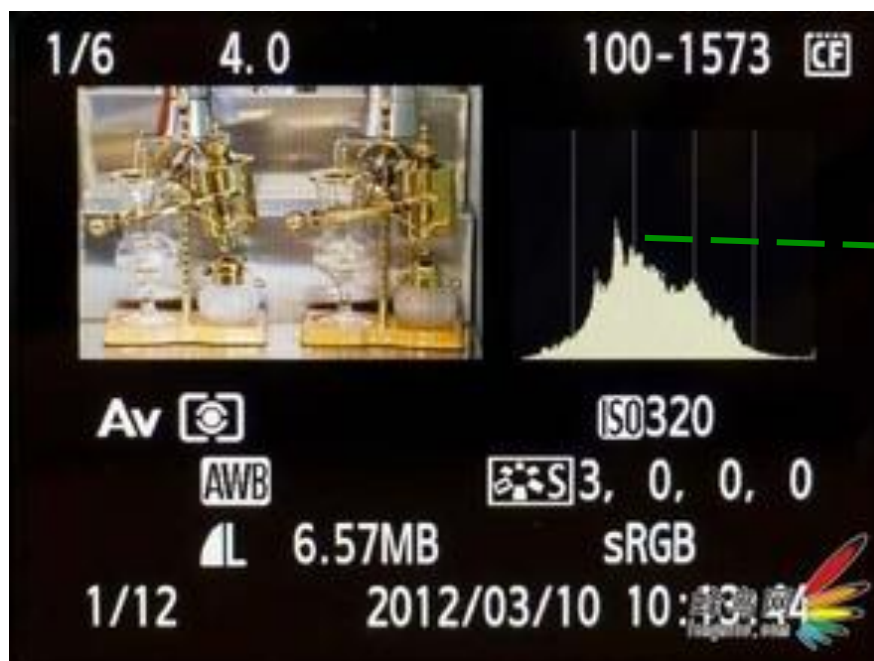


- 像素间的基本关系
- 空间域图像增强背景知识
- 基本灰度变换
- 直方图处理

# 灰度直方图



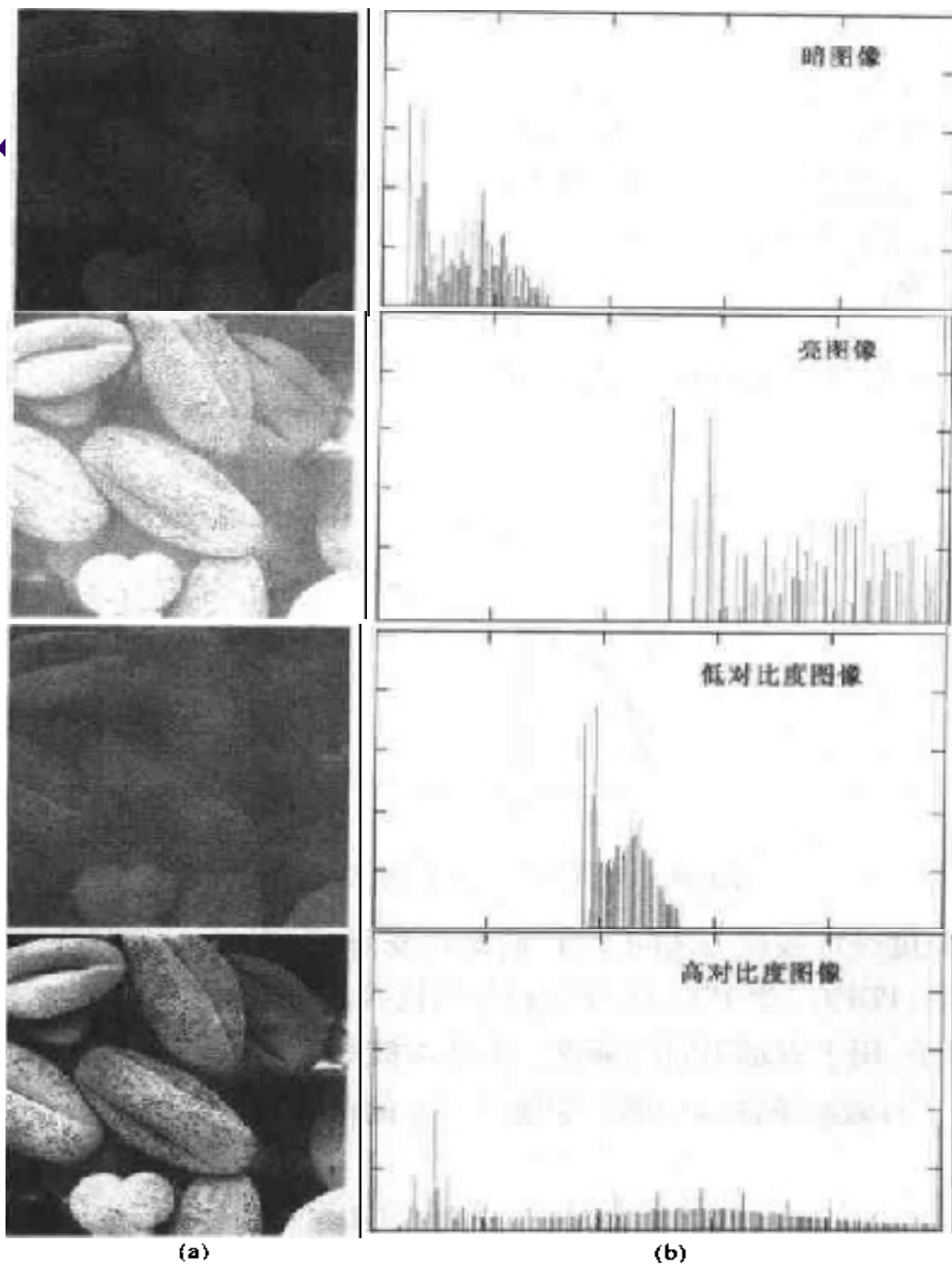
- 图像中每种灰度级的像素个数
- 灰度直方图的横坐标是灰度级，纵坐标表示该灰度级出现的频率。



直方图



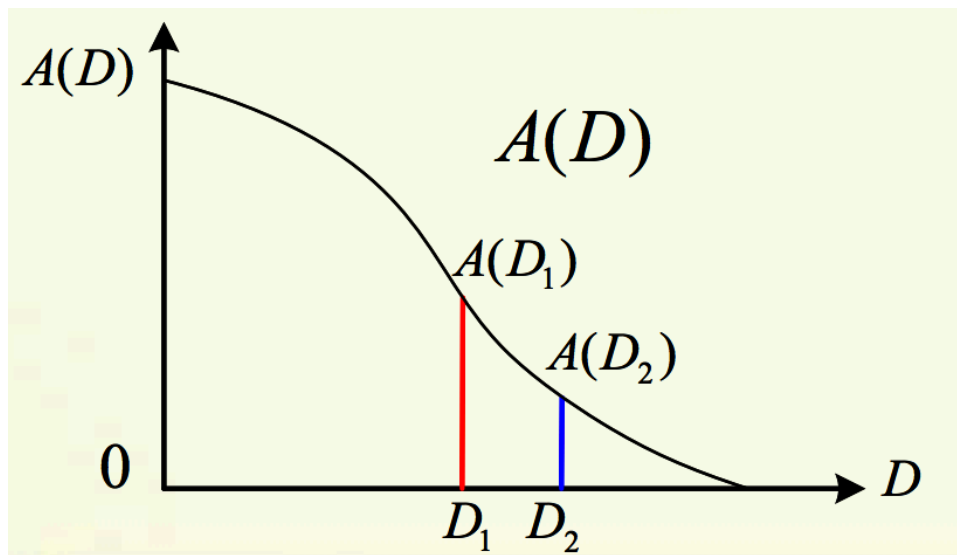
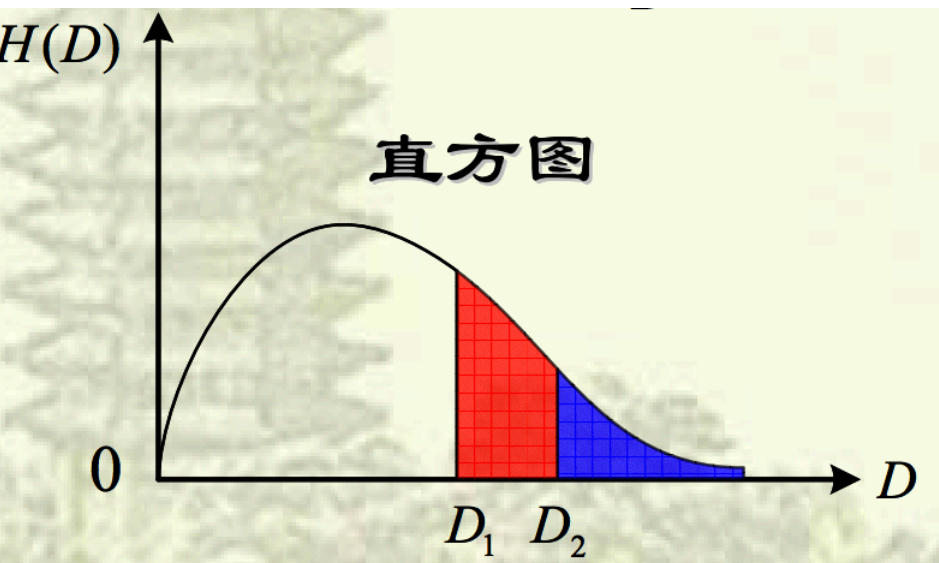
## 不同的直方图下，图像效果的直观感受



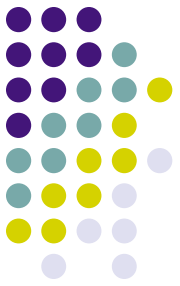
# 阈值面积函数 $A(D)$ :

- 连续图像中具有灰度级 $D$ 的所有轮廓线所包围的面积

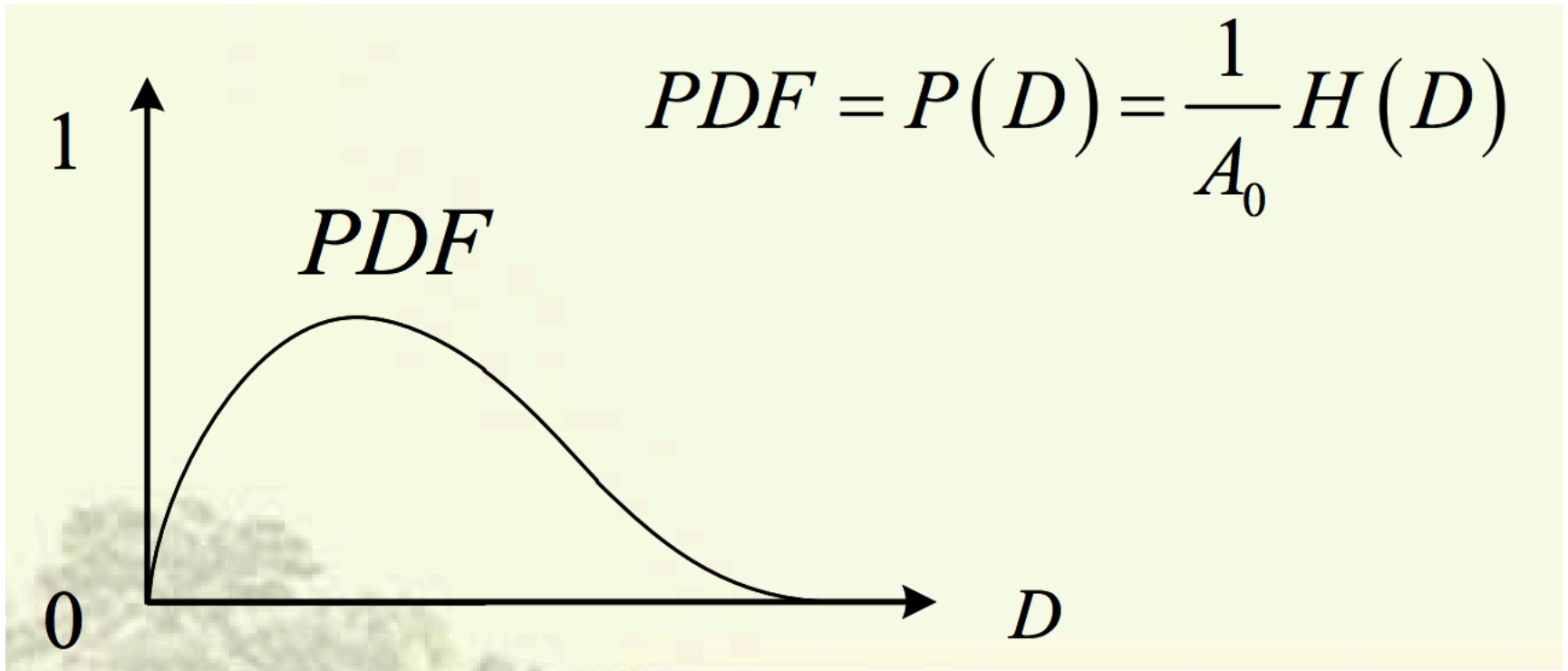
$$A(D) = \int_D^{\infty} H(p) dp$$



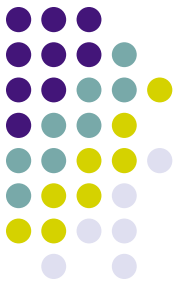
# 概率密度函数 (PDF)



- 归一化到单位面积的直方图

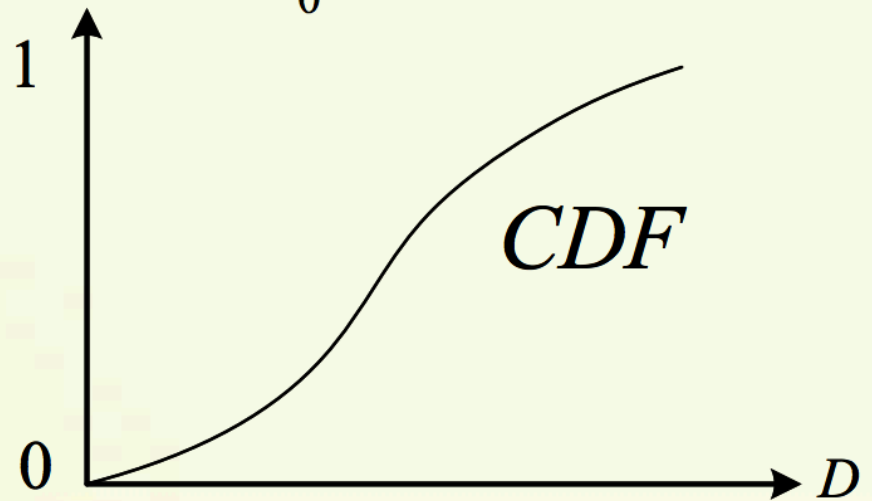
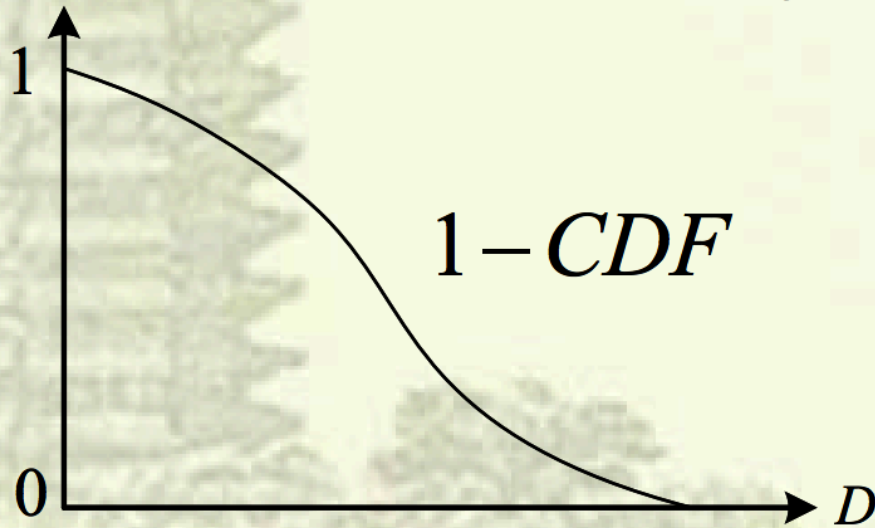


# 累计分布函数 (CDF)



- 概率密度函数面积归一化的阈值面积函数

$$CDF = P(D) = \int_0^D p(u) du = \frac{1}{A_0} \int_0^D H(u) du$$



# 定义



- 严格数学定义

$$H(D) = \lim_{\Delta D \rightarrow 0} \frac{A(D) - A(D + \Delta D)}{D - (D + \Delta D)} = \lim_{\Delta D \rightarrow 0} \frac{A(D) - A(D + \Delta D)}{-\Delta D} = -\frac{d}{dD} A(D)$$

- 数字图像时，简化为

$$H(D) = A(D) - A(D + 1)$$



# 实现



- 图像具有 $L$ （比如 $L=256$ ）级灰度，大小为 $M*N$ 的灰度图像 $f(x,y)$ 的灰度直方图 $\text{hist}[0\dots L-1]$ 的算法
  1. 初始化 $\text{hist}[k]=0$ ;  $k=0,\dots,L-1$
  2. 统计 $\text{hist}[f(x,y)]++$ ;  $x=0,\dots,M-1$ ,  $y=0,\dots,N-1$
  3. 归一化 $\text{hist}[f(x,y)]/(M*N)$



可以利用灰度直方图来判断一幅图像是否合理的利用了全部被允许的灰度级范围，从而及早发现数字化中出现的问题

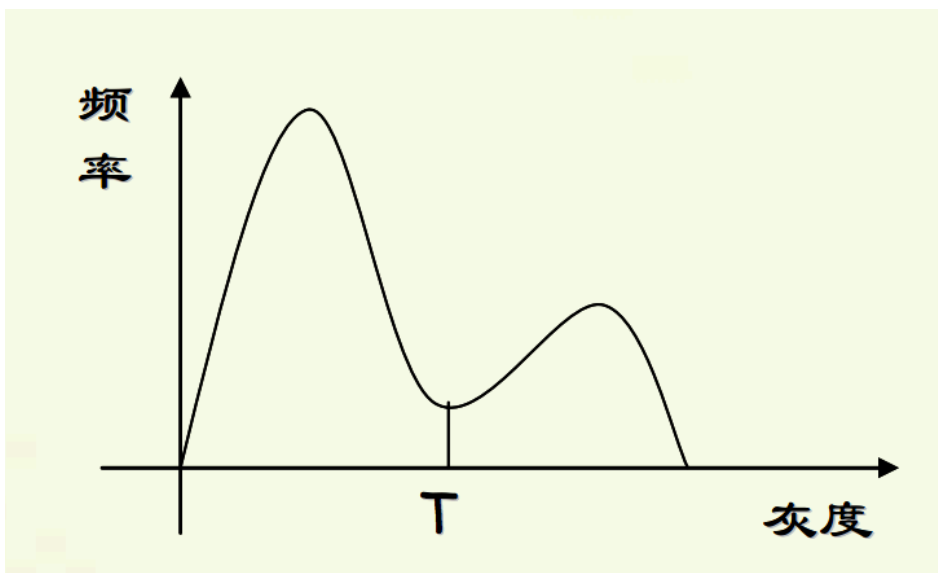


# 应用二



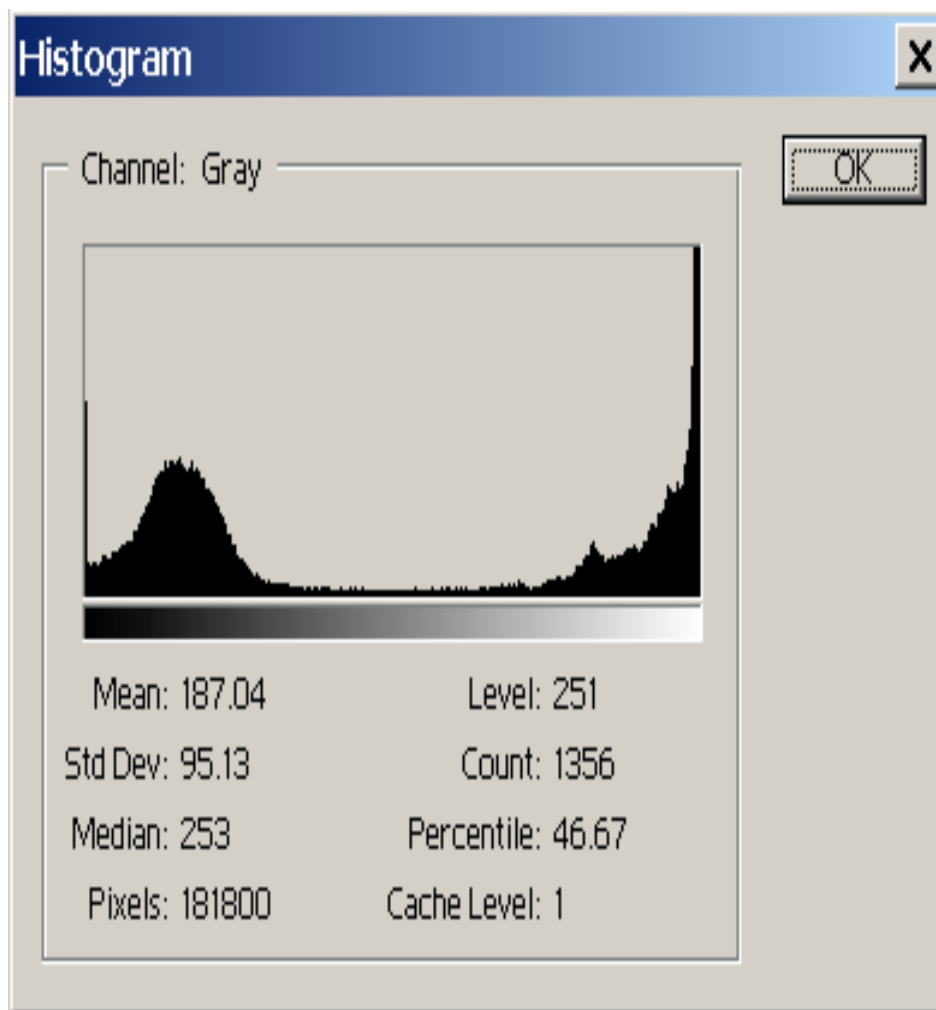
- 分割前景背景

## 双峰直方图



以直方图两峰之间的谷地T为阈值来确定边界，可把图像分为前景背景两部分

# 例子



# 细节



- 灰度级从115变化到144时，像素为1850，仅占图像总面积的1%。
- 因此把阈值取在115与144之间，比如130
- 如果阈值对应于直方图的谷，阈值从 $T$ 增加到 $T + \Delta T$ ，图像变化很小

# 应用三



- 面积计算

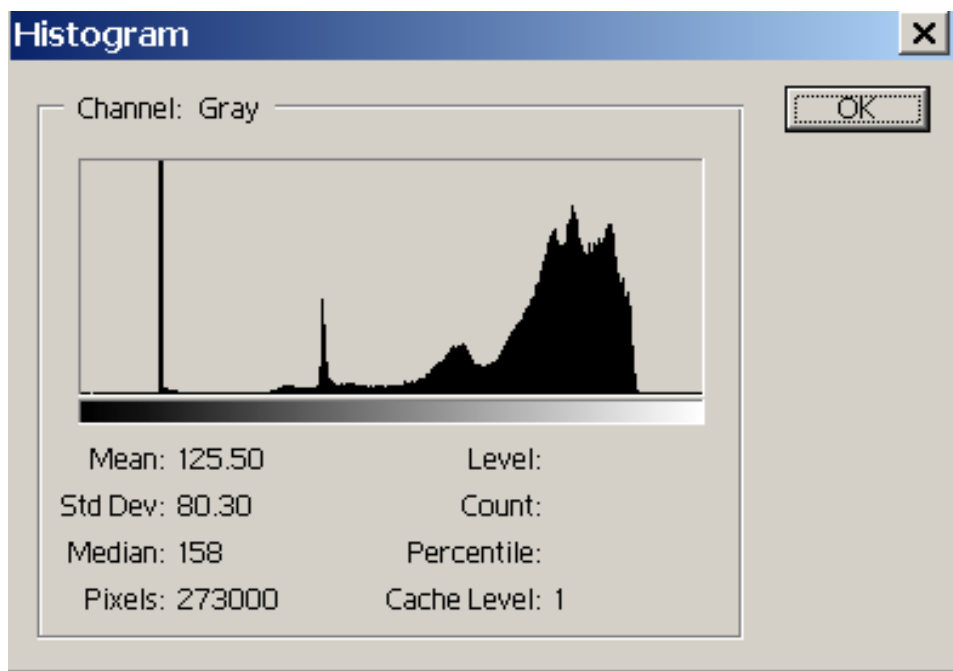


请计算鸭子占整个图像的面积比例？

# 观察



- 图像背景灰度大体均匀一致，且背景与物体对比度很强



公式:

$$\int_{D_1}^{\infty} H(D) dD = \text{物体的面积}$$

# 结果



- 从灰度54到255级

$$\int_{54}^{255} H(D) dD = 163001$$

- 总像素数500像素\*546像素=273000
- 约占图像总面积的60%





# 下一章

