

数字图像处理

(Digital Image Processing)

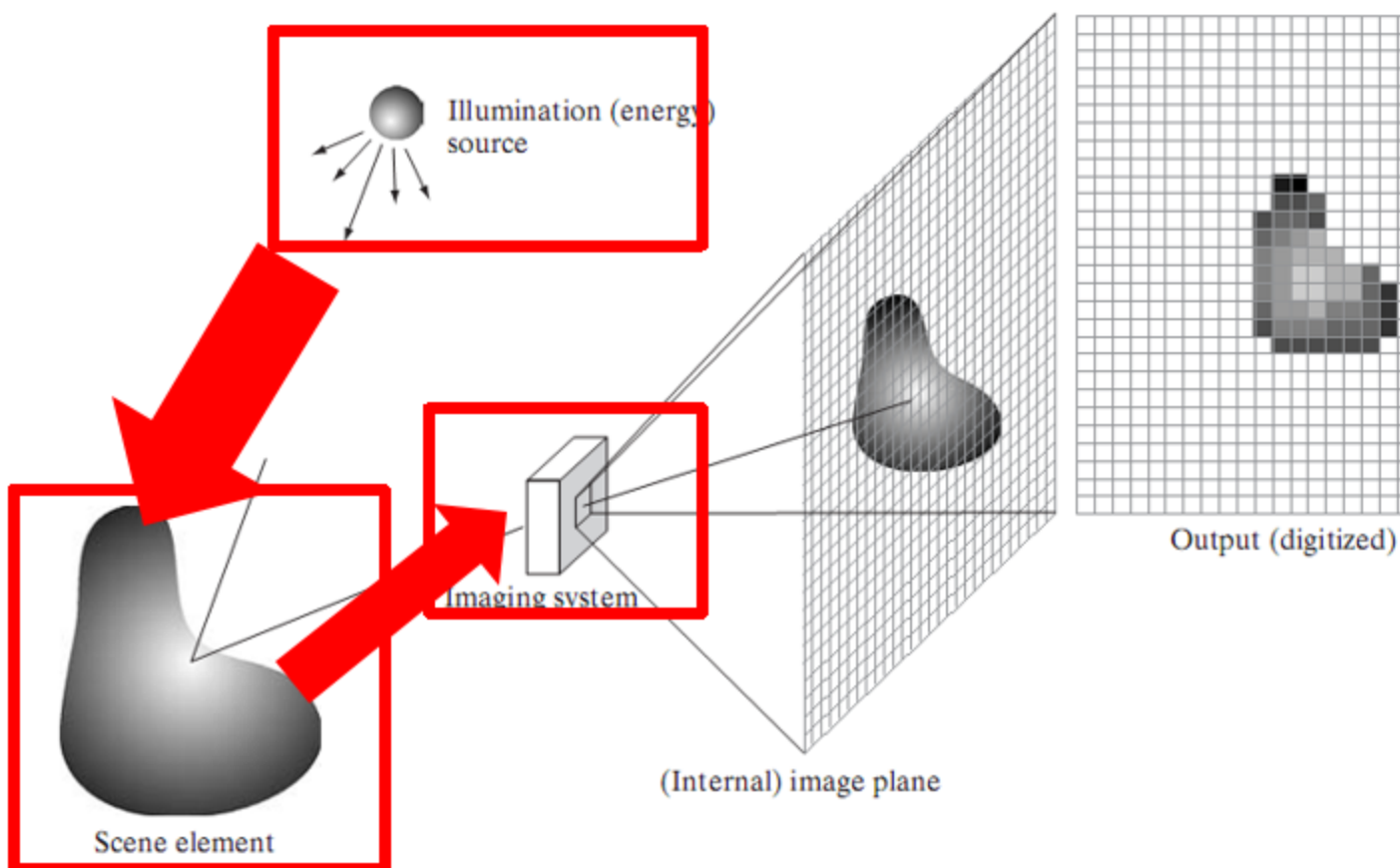
图像的数字化

图像的数字化

- 简单的图像形成模型
- 图像的感知与获取
- 图像的采样
- 图像的量化
- 图像质量与采样和量化的关系

简单的图像形成模型

简单的图像形成模型



图像形成模型

在特定坐标 (x,y) 处，通过传感器转换获得的 f 值为一正的标量。

函数 $f(x,y)$ 由：①入射到观察场景的光源总量；②场景中物体反射光的总量组成。

简单的图像形成模型

$$f(x, y) = i(x, y) \cdot r(x, y) \quad (2.3-2)$$

$$0 < f(x, y) < \infty$$

灰度

$$0 < i(x, y) < \infty$$

白光强度, 入射分量

$$0 < r(x, y) < 1$$

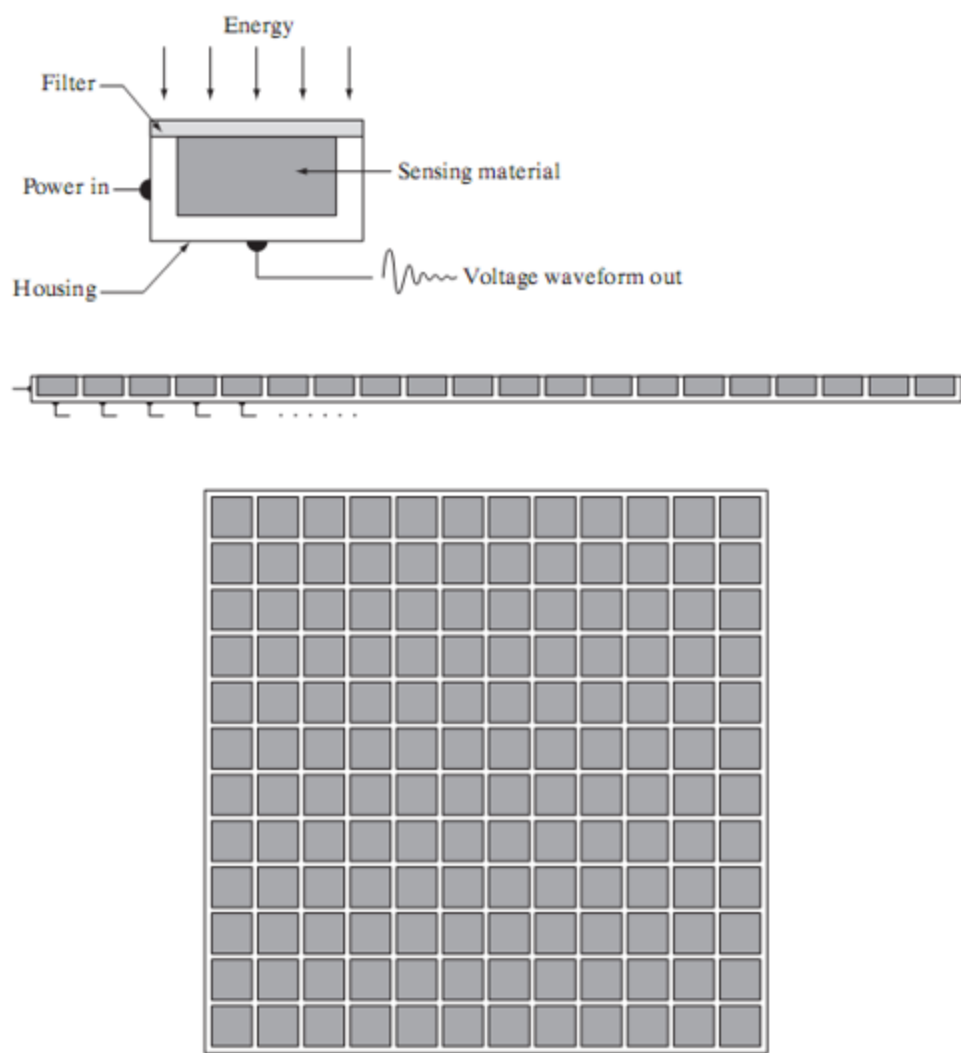
平均反射系数,
反射分量

$r(x, y) = 0$ ——全吸收 $r(x, y) = 1$ ——全反射

单色图像在任何坐标 (x_0, y_0) 处的强度为图像在该处的灰度级 $l = f(x_0, y_0)$, 显然有 $L_{\min} \leq l \leq L_{\max}$, 实际情况下规定灰度级范围为 $[0, L-1]$, 0为黑色, $L-1$ 在灰度级中为白色, 所有中间值是从黑色到白色之间变化的灰度色调。

图像的感知与获取

图像的感知与获取

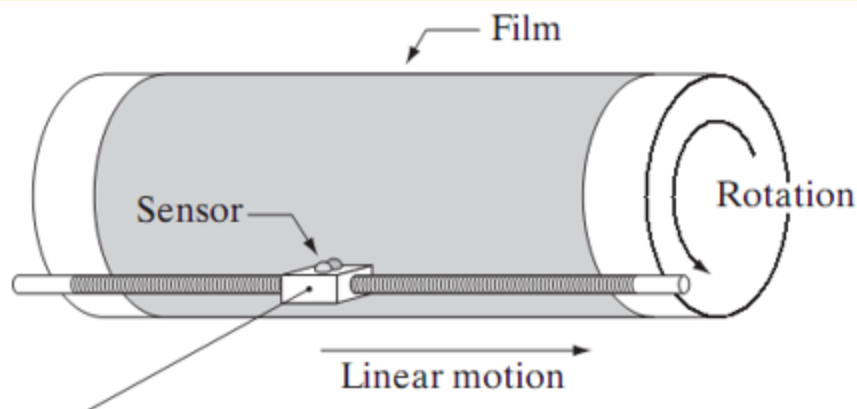


- 图像 F 是由“照射”源和“场景”对光能的反射 R 或吸收共同作用得到

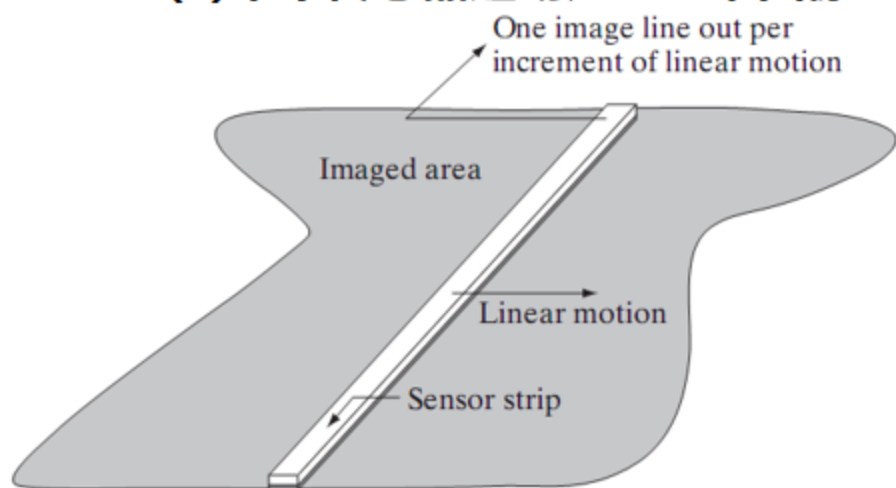
$$F(x, y) = I(x, y) \cdot R(x, y)$$

- (a) 单个成像传感器(光二极管)
- (b) 线传感器(扫描仪)
- (c) 传感器阵列(CCD)

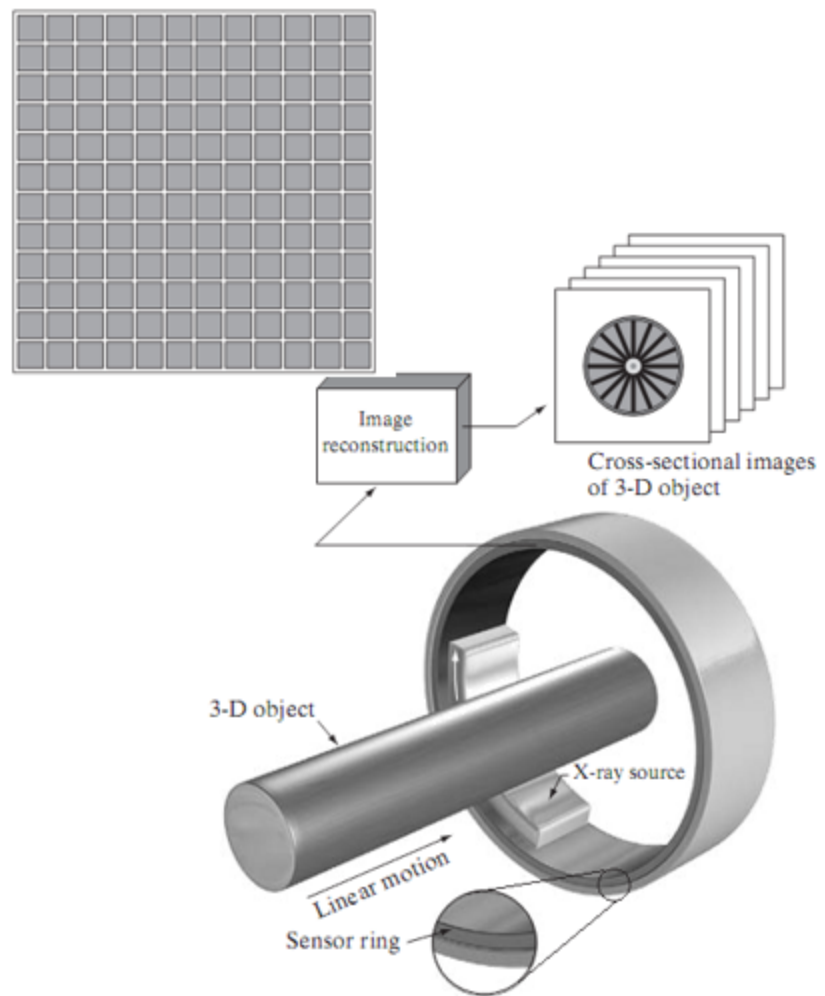
图像的感知与获取



(a) 单个传感器运动产生二维图像



(b) 线传感器带获取图像(扫描仪, 传真)



(c) 环形传感器带获取图像
(CT, 核磁共振)

采样与量化

图像采样和量化

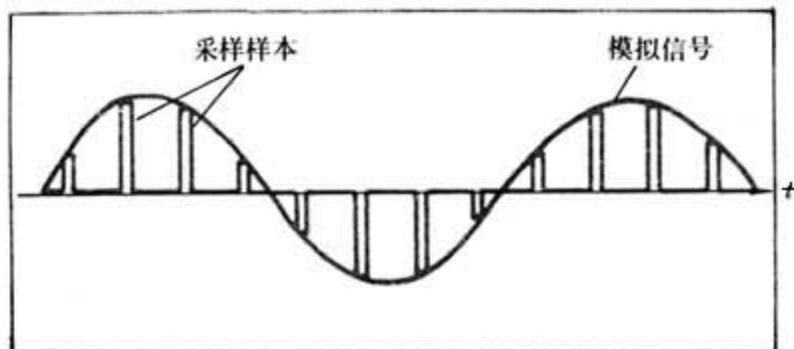
连续图像 $\xrightarrow{\text{离散化}}$ 数字图像

- 获取图像的目标是从感知的数据中产生数字图像，但是传感器的输出是连续的电压波形，需要把连续的感知数据转换为数字形式。
- 这一过程由图像的取样与量化来完成。
 - ✓ 数字化坐标值称为空间取样
 - ✓ 数字化幅度值称为幅值量化

采样

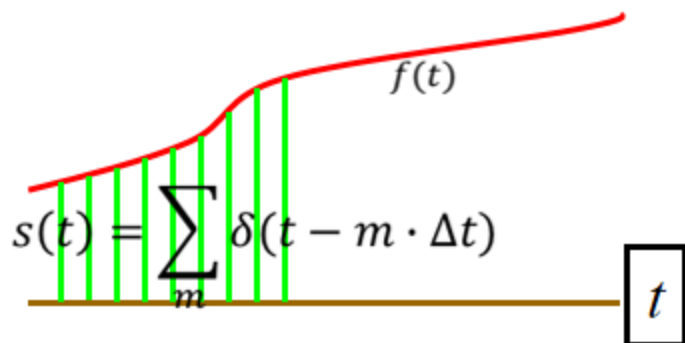
Nyquist 准则

$$f_s(t) \leftarrow f(t)s(t) \\ = \sum_m f(t)\delta(t - m \cdot \Delta t)$$

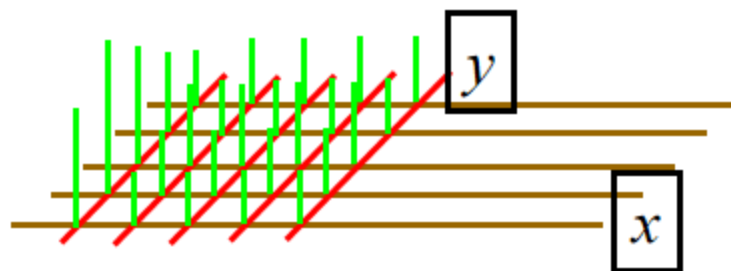


模拟信号采样示意图

二维图象

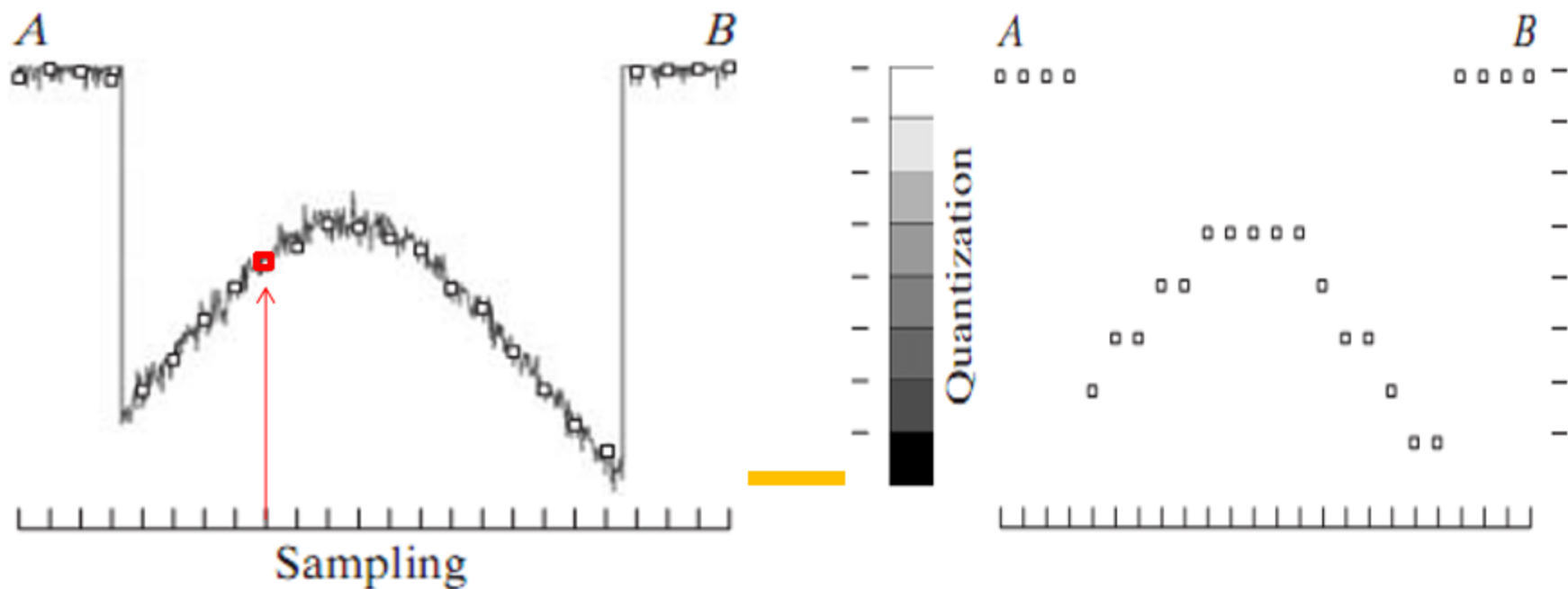
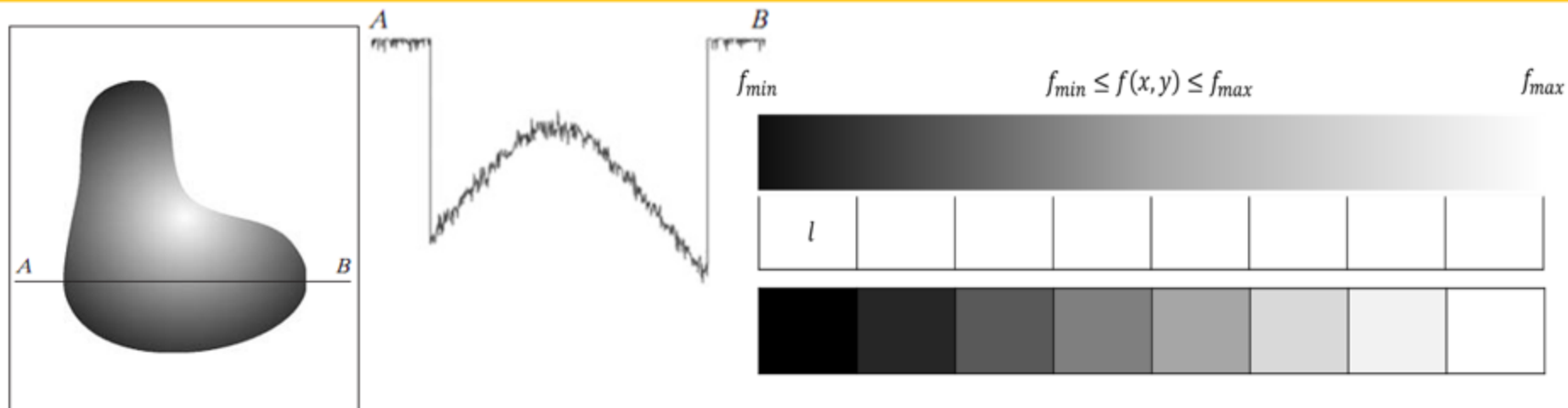


一维信号

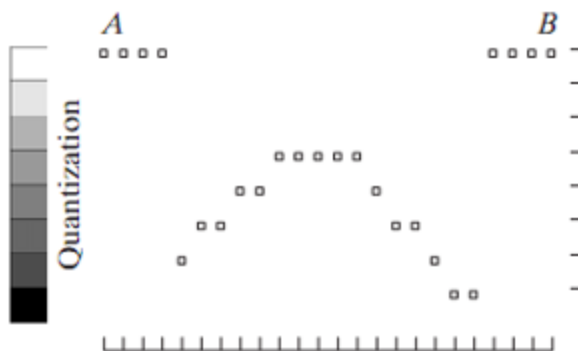
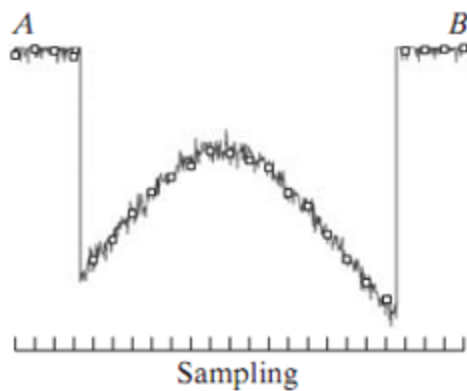
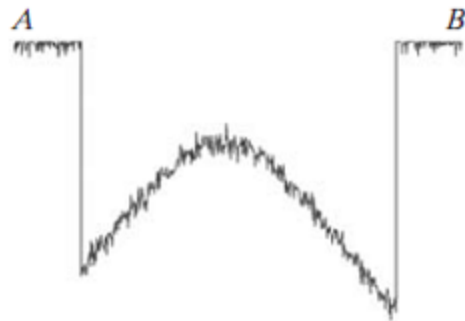
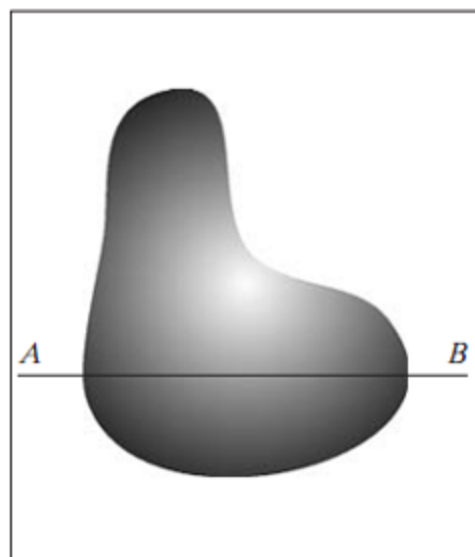


$$f_s(x,y) \leftarrow f(x,y)s(x,y) \\ = \sum_m \sum_n f(x,y)\delta(x - m \cdot \Delta x)\delta(y - n \cdot \Delta y)$$

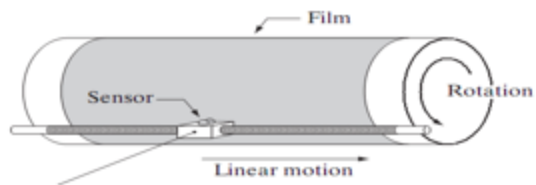
采样与量化



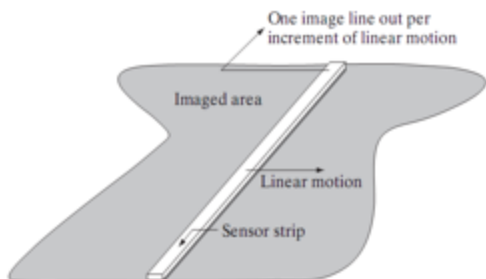
采样和量化



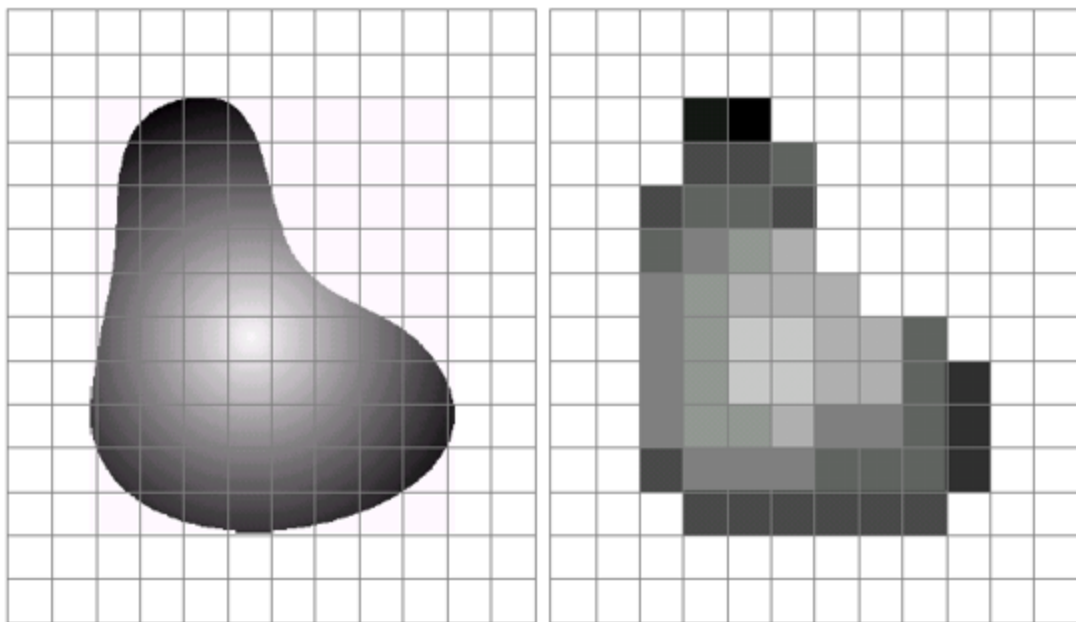
- **数字图像是模拟图像经取样、量化、编码获得**
- **图像取样: 图像空间离散化, 确定图像空间分辨率**
- **图像量化: 图像幅度离散化, 确定图像幅度分辨率**



(a) 单个传感器运动产生二维图像



线传感器带获取图像(扫描仪, 传真)



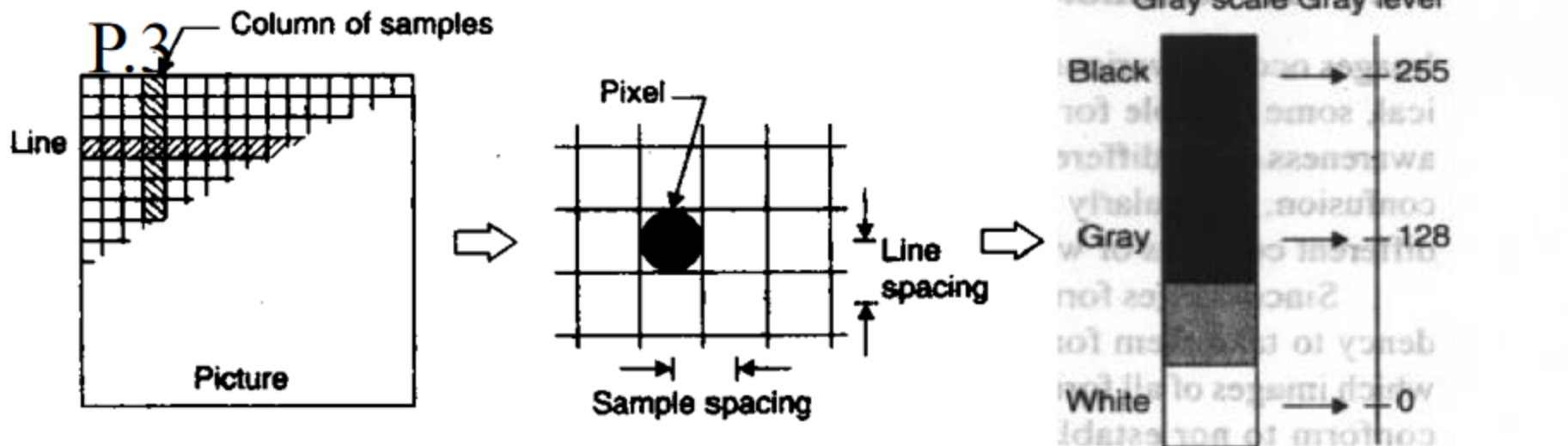


Figure 1-2 Digitizing an image

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & \dots & f(1,N) \\ f(2,1) & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ f(M,1) & \dots & \dots & \dots & f(M,N) \end{bmatrix}$$

灰度级

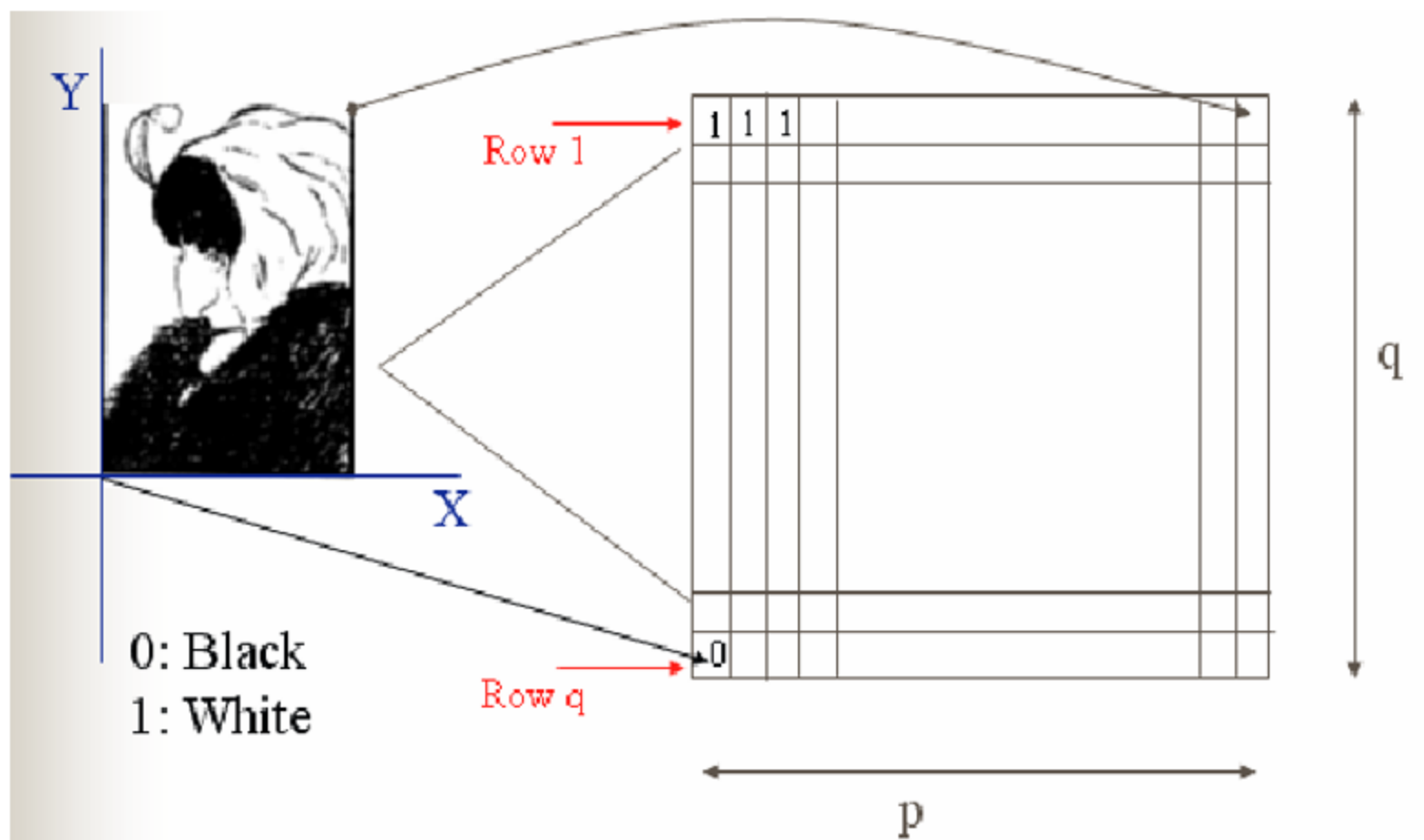
$$0 \leq f \leq L-1$$

$$L = 2^k (k \geq 1)$$

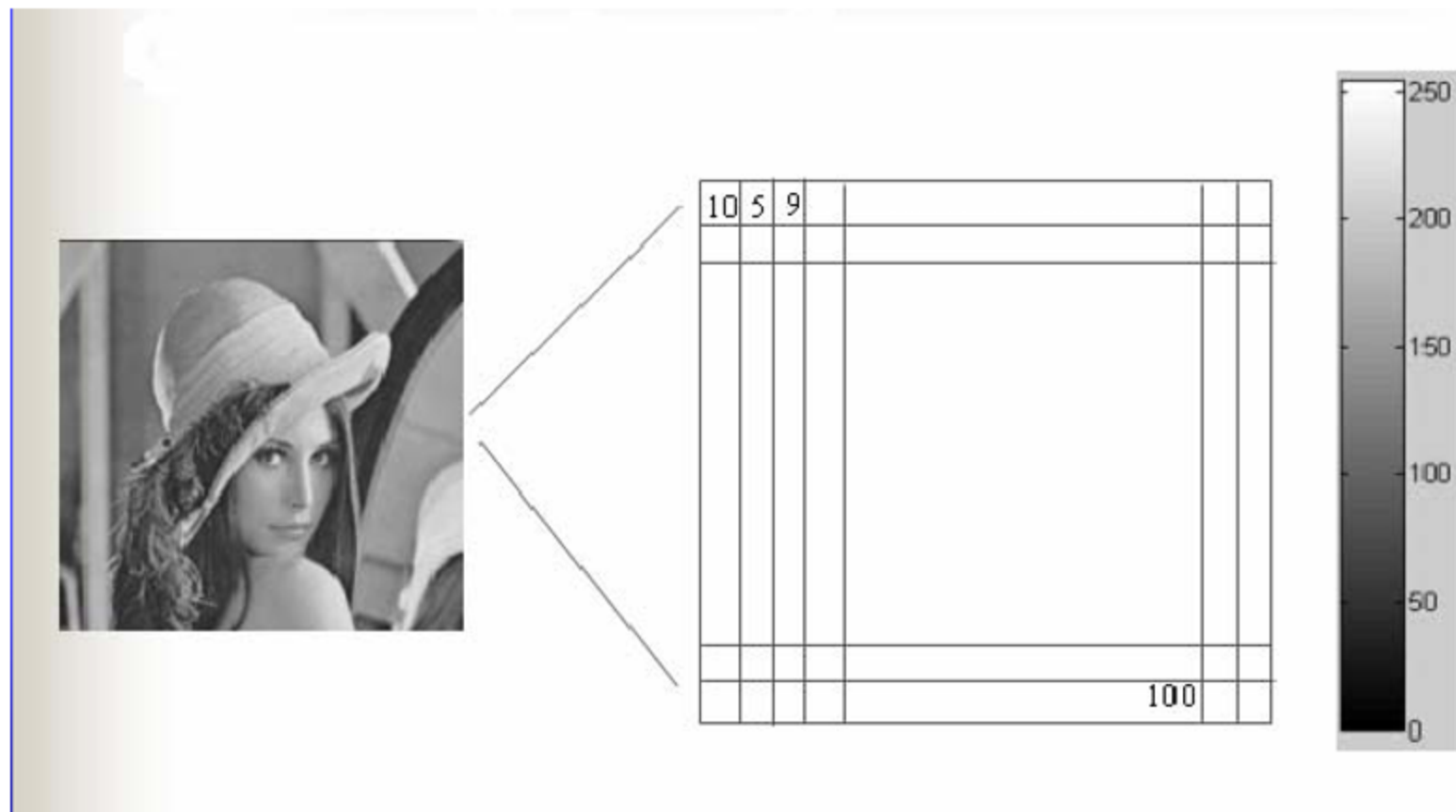
采样和量化



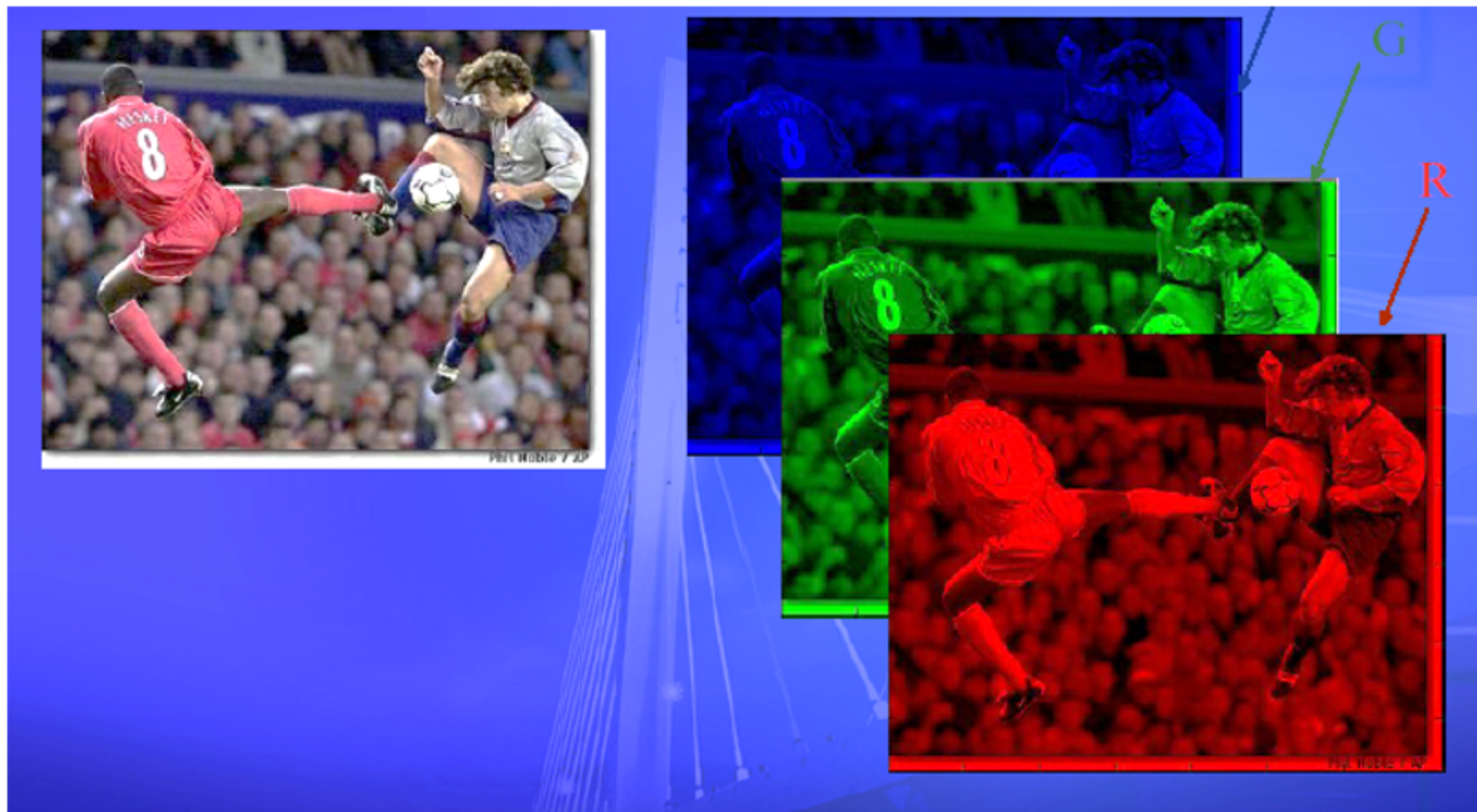
单色图像数字化



灰度图像数字化



彩色图像数字化过程



非均匀采样与量化

■ 图像的非均匀采样

- 在灰度级变化尖锐的区域：细腻的采样；
- 在灰度级比较平滑的区域：用粗糙的采样。

■ 图像的非均匀量化

- 非均匀量化是依据一幅图像具体的灰度值分布的概率密度函数,按总的量化误差最小的原则来进行量化.
- 具体做法是对图像中像素灰度值频繁出现的灰度值范围,量化间隔取小一些,而对那些像素灰度值极少出现的范围,则量化间隔取大一些. 由于图像灰度值的概率分布函数因图像不同而异,所以不可能找到可用于所有图像的最佳非等间隔量化方法.

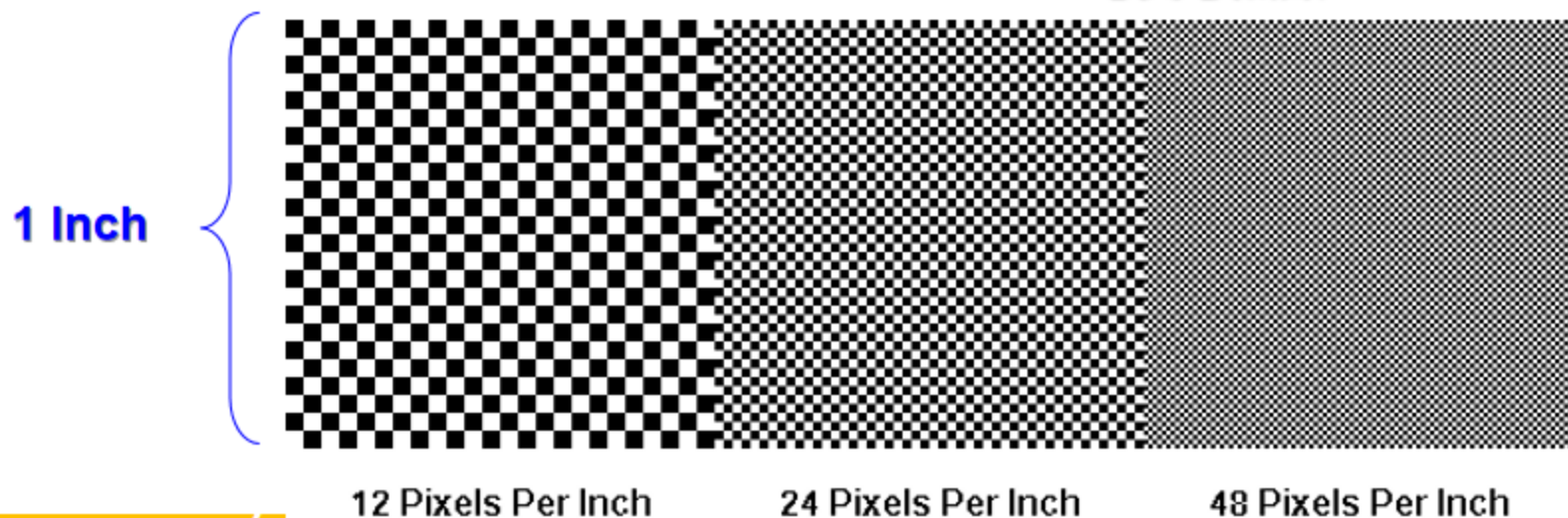
空间分辨率

- 分辨率：区分细节的程度
- 空间分辨率 (spatial resolution)

图像中可分辨的最小细节，主要由采样间隔值决定

- **空间分辨率的定义：** 描述图像中可辨别的最小细节，通常用每单位距离可分辨的最小线对数描述

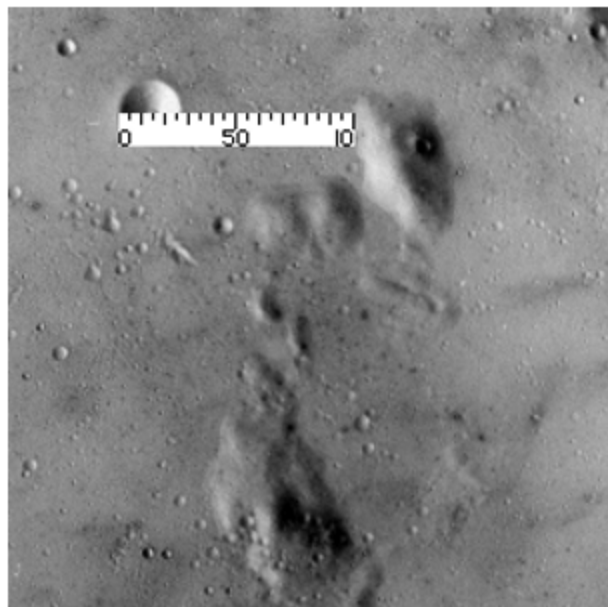
DPI = Dots Per Inch = 每英寸点数



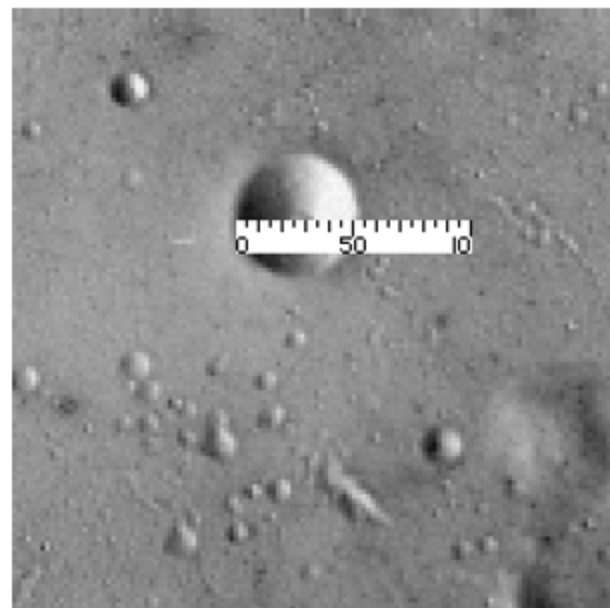
空间分辨率

■ 采样间隔确定空间分辨率

空间分辨率 $\frac{1}{20} \text{ pixel/km}$ (低)



空间分辨率 $\frac{1}{10} \text{ pixel/km}$ (高)



采样间隔值越小，空间分辨率越高

空间分辨率对图像视觉效果的影响

(a)原始图像(256×256)



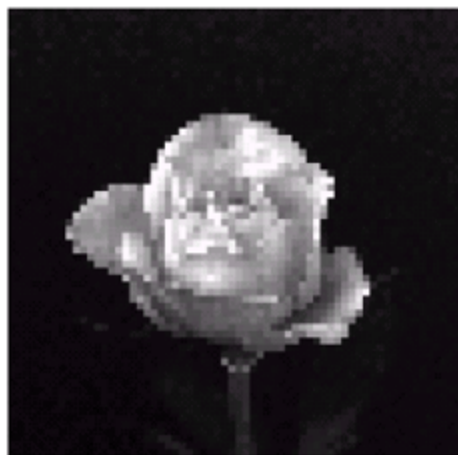
(b)采样图像(128×128)



(c)采样图像(64×64)



(d)采样图像(32×32)



(e)采样图像(16×16)



(c)采样图像(8×8)

灰度分辨率

量化确定灰度分辨率

灰度级别中可辨别的最小变化，指的是量化灰度的比特数。

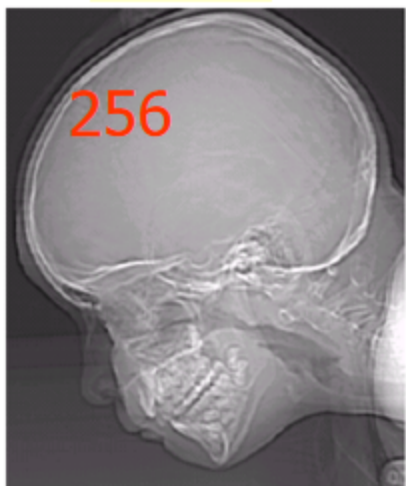
256级的灰度图像的灰度分辨率为8bit

Bit Depth	Formula	Number of C
1-bit	2^1	2
2-bit	2^2	4
3-bit	2^3	8
4-bit	2^4	16
5-bit	2^5	32
6-bit	2^6	64
7-bit	2^7	128
8-bit	2^8	256
24-bit	2^{24}	16,777,216



灰度级分辨率对图像视觉效果的影响

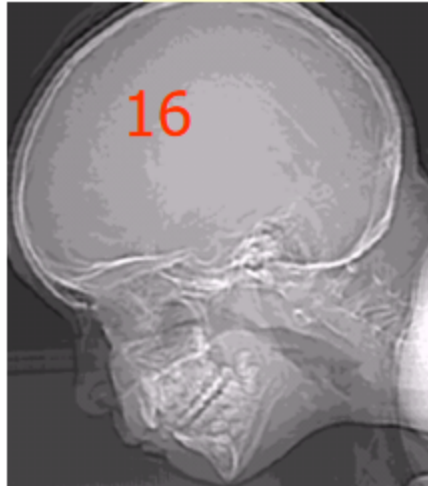
8-bit



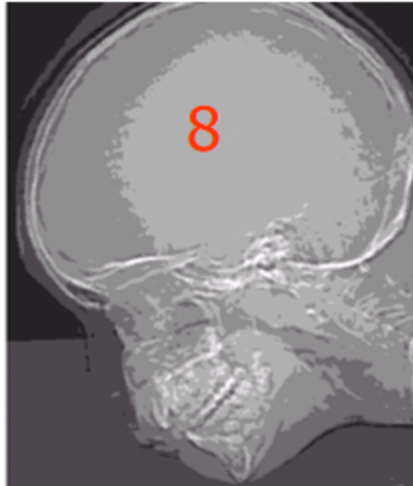
7-bit



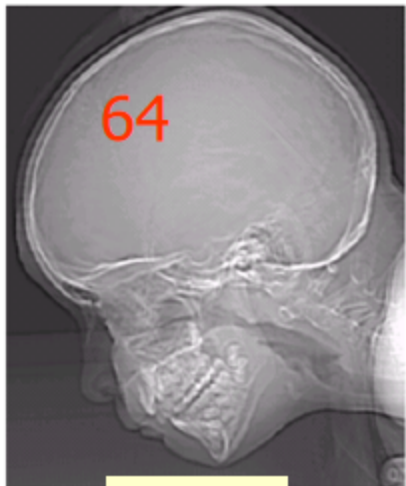
4-bit



3-bit



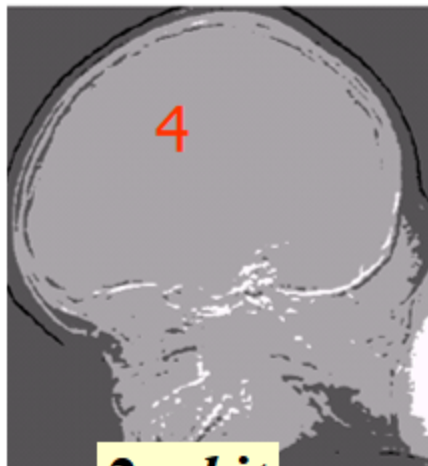
64



32



16



8



6-bit

5-bit

2-bit

1-bit

图像分辨率

- ◆ 图像的分辨率表示的是能看到图像细节的多少，显然依赖空间分辨率和灰度级别L
 - ◆ 保持L不变而减少采样点数会导致棋盘状效果
 - ◆ 保持M×N不变而减少L则会导致假轮廓
- ◆ 图像质量一般随着M×N和L的增加而增加，但存储量增大。

$$L = 2^k$$

存储图像所需的比特数**b**

$$M = N = 2^n$$

$$b = M \times N \times k = 2^{2n} k$$