

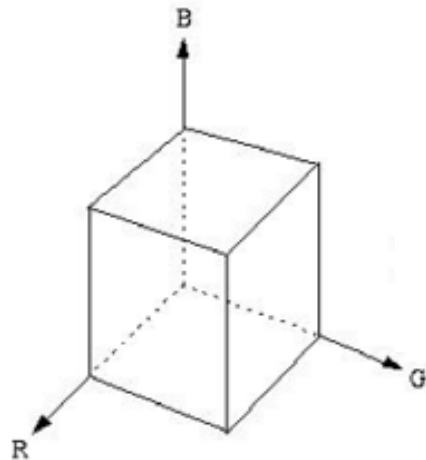


多媒体技术

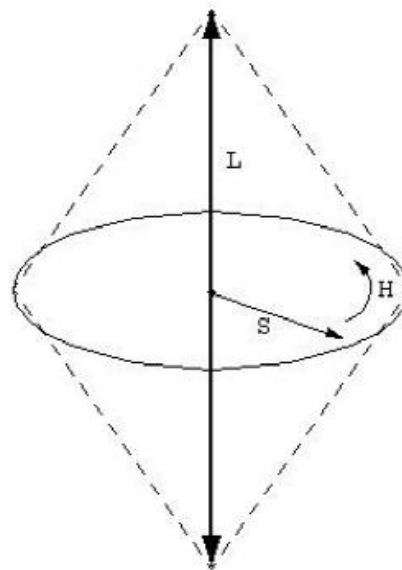
数字图像处理技术 II

回顾：数字图像处理

- 简答题：彩色图像也可以表示灰度图像，即R、G、B三通道值都相等。请描述RGB颜色空间和HSL颜色空间中，灰度图像的取值范围。



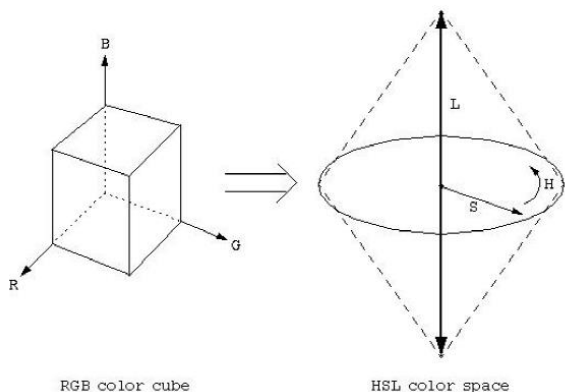
RGB color cube



HSL color space

回顾：数字图像处理

- 简答题：彩色图像也可以表示灰度图像，即R、G、B三通道值都相等。请描述RGB颜色空间和HSL颜色空间中，灰度图像的取值范围。



$$h = \begin{cases} 0^\circ & \text{if } \max = \min \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 0^\circ, & \text{if } \max = r \text{ and } g \geq b \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 360^\circ, & \text{if } \max = r \text{ and } g < b \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120^\circ, & \text{if } \max = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240^\circ, & \text{if } \max = b \end{cases}$$

$$l = \frac{1}{2}(\max + \min)$$

$$s = \begin{cases} 0 & \text{if } l = 0 \text{ or } \max = \min \\ \frac{\max-\min}{\max+\min} = \frac{\max-\min}{2l}, & \text{if } 0 < l \leq \frac{1}{2} \\ \frac{\max-\min}{2-(\max+\min)} = \frac{\max-\min}{2-2l}, & \text{if } l > \frac{1}{2} \end{cases}$$

内容提纲

- 人的视觉系统和视觉常识
- 什么是数字图像？
- 颜色模型
- 图像数字化
- 像素空间关系
- 图像输入输出设备

Image Sensing and Acquisition

- The types of images in which we are interested are generated by the combination of
 - an “illumination” source 光源
 - and the reflection or absorption of energy from that source by the elements of the “scene” being imaged 反射和被吸收的光

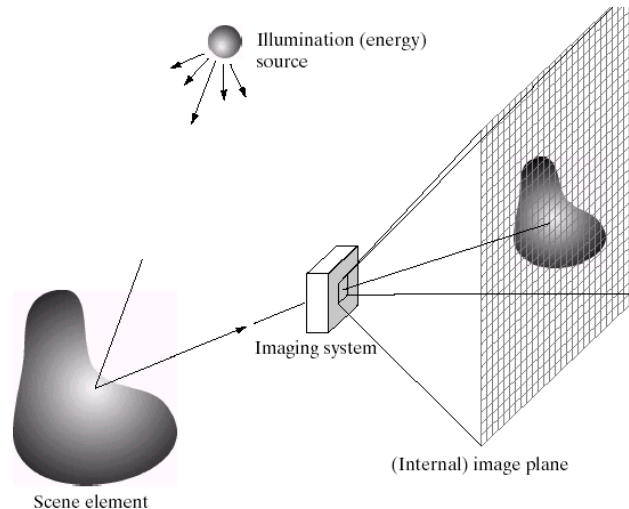


Image Sensing and Acquisition

- A simple Image Formation Model 简单的图像成像模型
 - When an image is generated from a physical process, its values are proportional to energy radiated by a physical source. As a consequence,

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

- $f(x, y)$ may be characterized by two components
 - illumination: $i(x, y)$ 光源强度
 - reflectance: $r(x, y)$ 反射率

Image Sensing and Acquisition

- The two functions combine as a product to form $f(x, y)$:

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$$

where $i(x, y)$ is determined by the illumination source

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

and $r(x, y)$ is determined by the characteristics of the imaged objects

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

● Three principal sensor arrangements

- Single imaging sensor
- Line sensor
- Array sensor

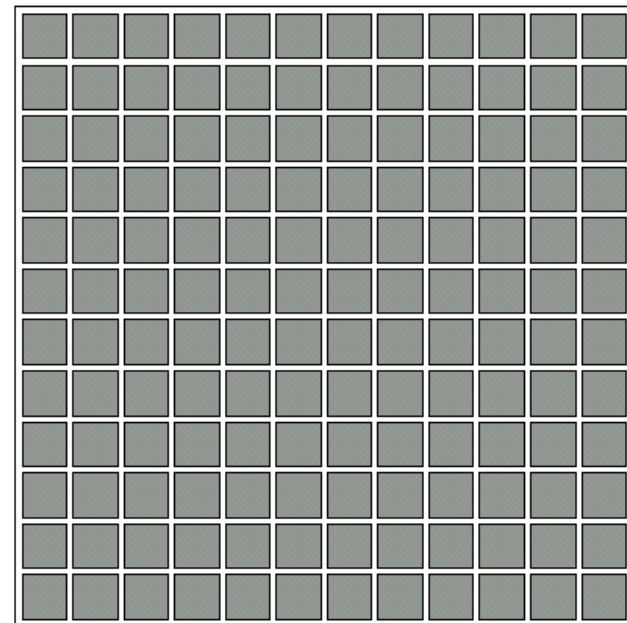
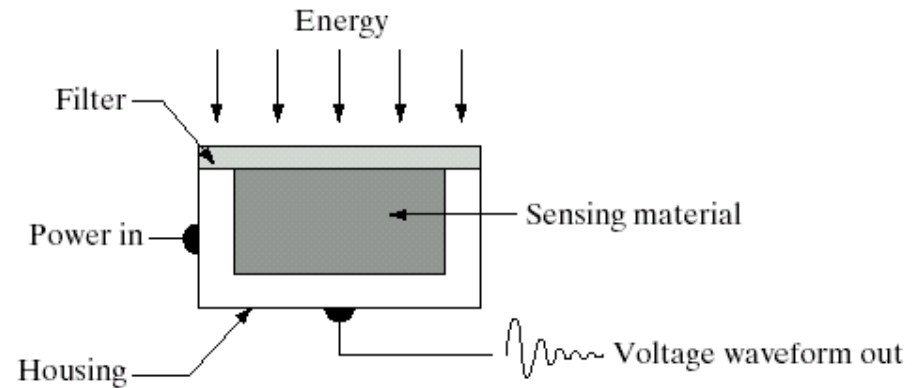


Image Sensing and Acquisition

- In practice, the method of sampling is determined by the sensor arrangement
 - **Single sensor**: sampling is accomplished by selecting the number of individual mechanical increments at which we activate the sensor to collect data 采样是通过机械增量的数量来完成的
 - **Sensing strip**: the number of sensors in the strip establishes the sampling limitations in one image direction 带上的传感器数量决定了一个图像方向上的采样限制
 - **Sensing array**: the number of sensors in the array establishes the limits of sampling in both directions 阵列中的传感器数量决定了两个图像方向上的采样限制

Image Sensing and Acquisition

- Image Acquisition Using a Single Sensor

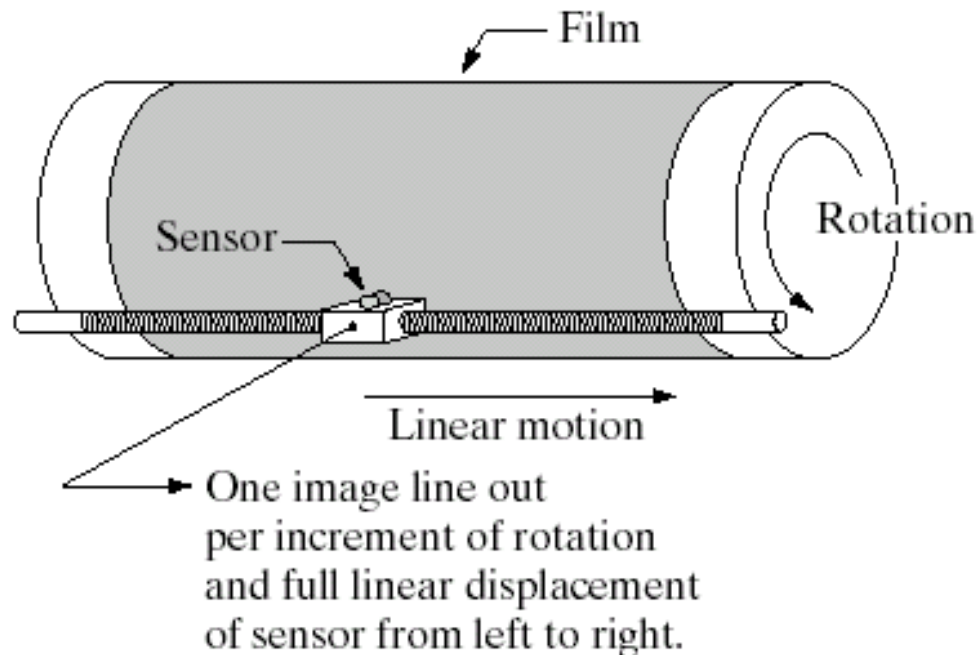
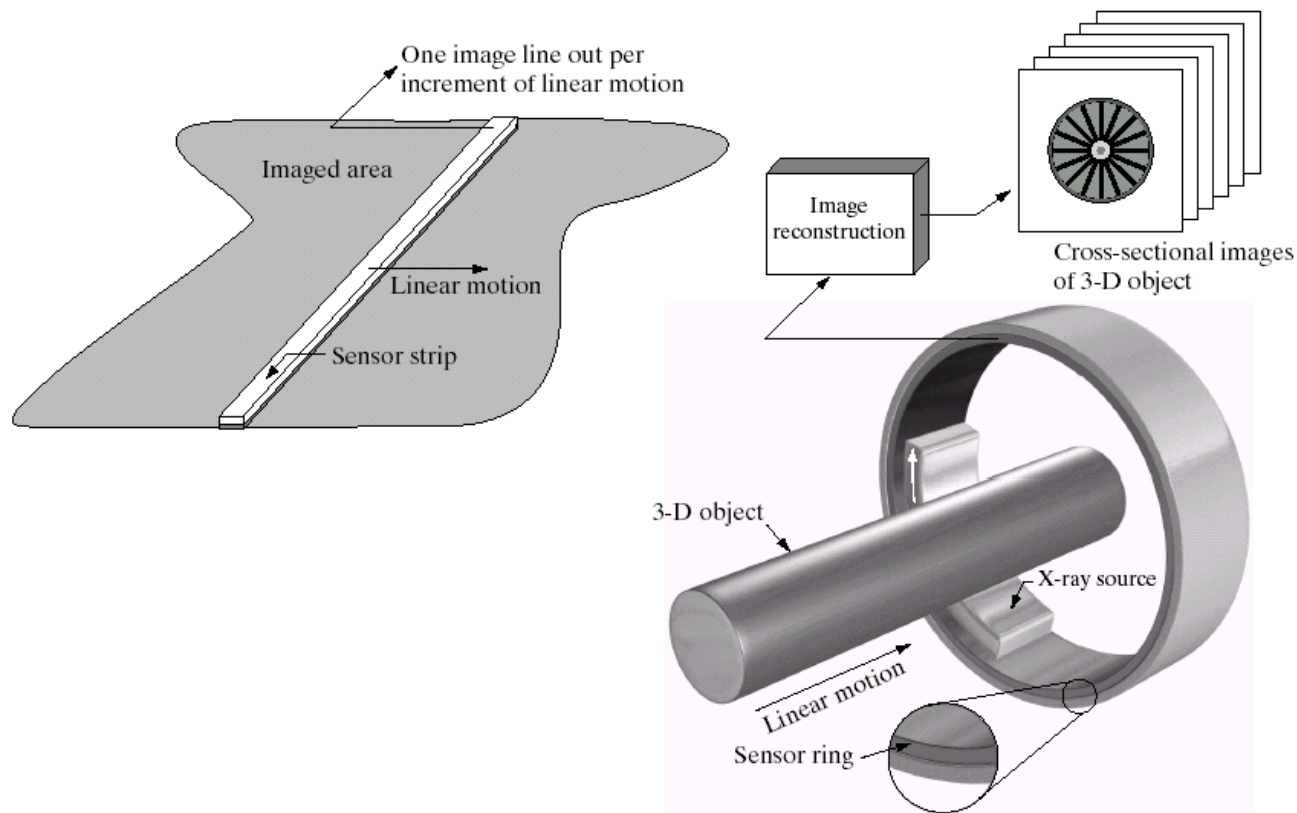


FIGURE 2.13 Combining a single sensor with motion to generate a 2-D image.

Image Sensing and Acquisition

- Image Acquisition Using Sensor Strips

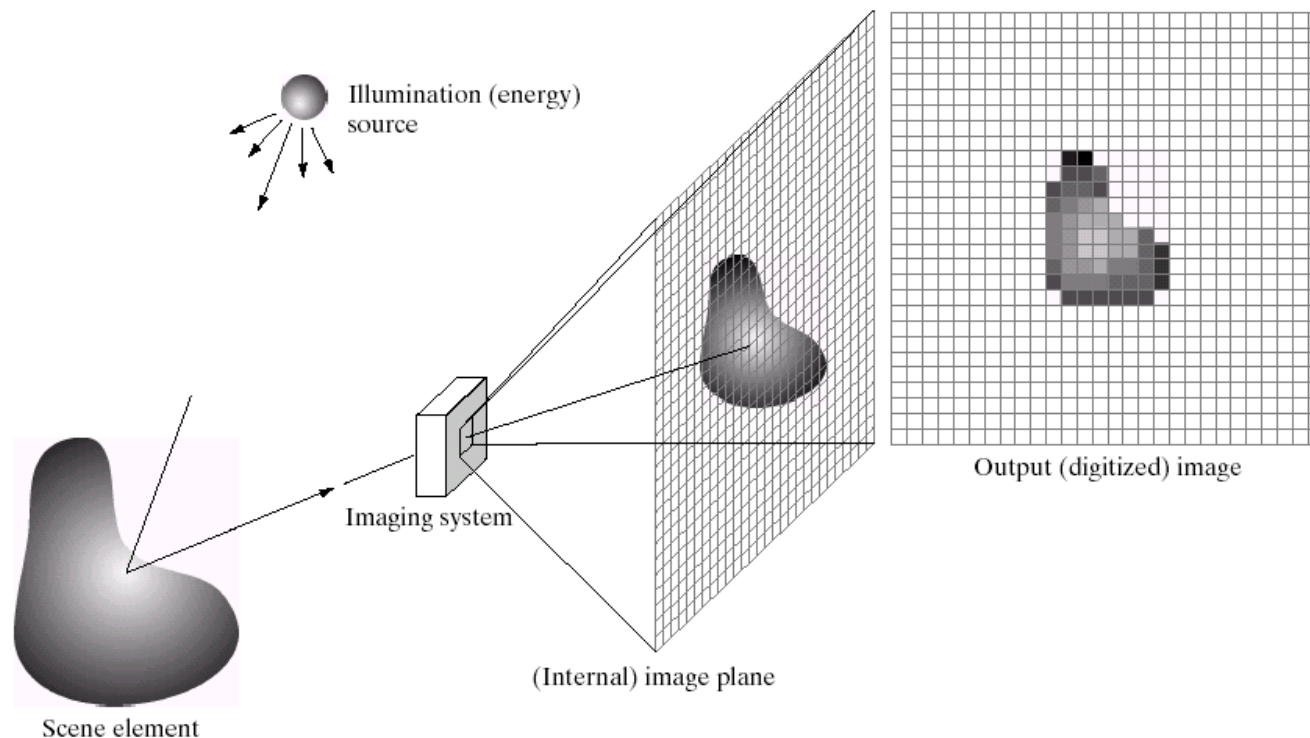


a b

FIGURE 2.14 (a) Image acquisition using a linear sensor strip. (b) Image acquisition using a circular sensor strip.

Image Sensing and Acquisition

- Image Acquisition Using a Sensor Arrays

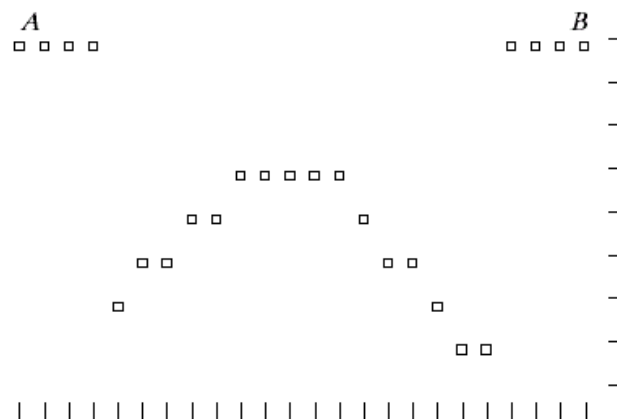
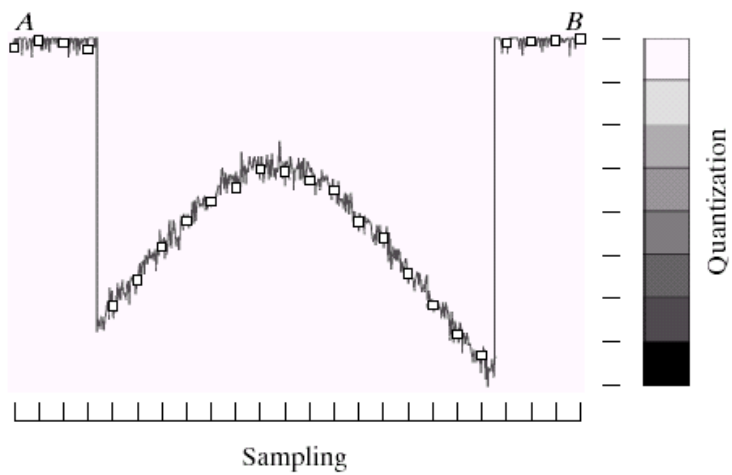
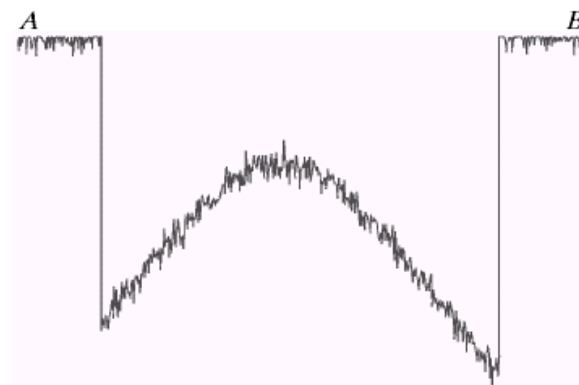
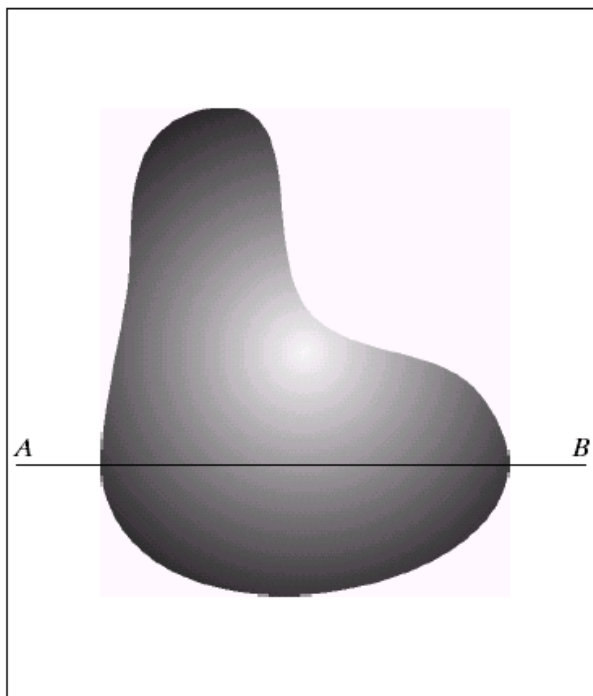


a b c d e

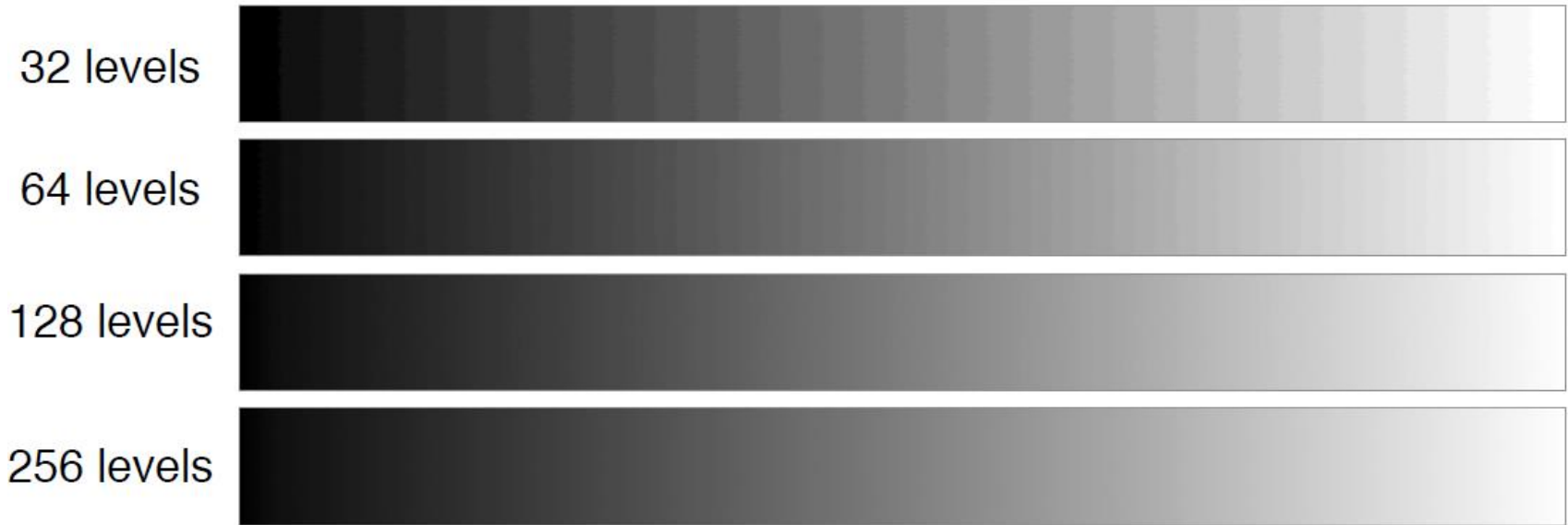
FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy (“illumination”) source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

Image Sensing and Acquisition

- To create a digital image, we need to convert the continuous sensed data into digital form. This involves two processes:
 - **Sampling:** digitizing the coordinate values 采样
 - **Quantization:** digitizing the amplitude values 量化

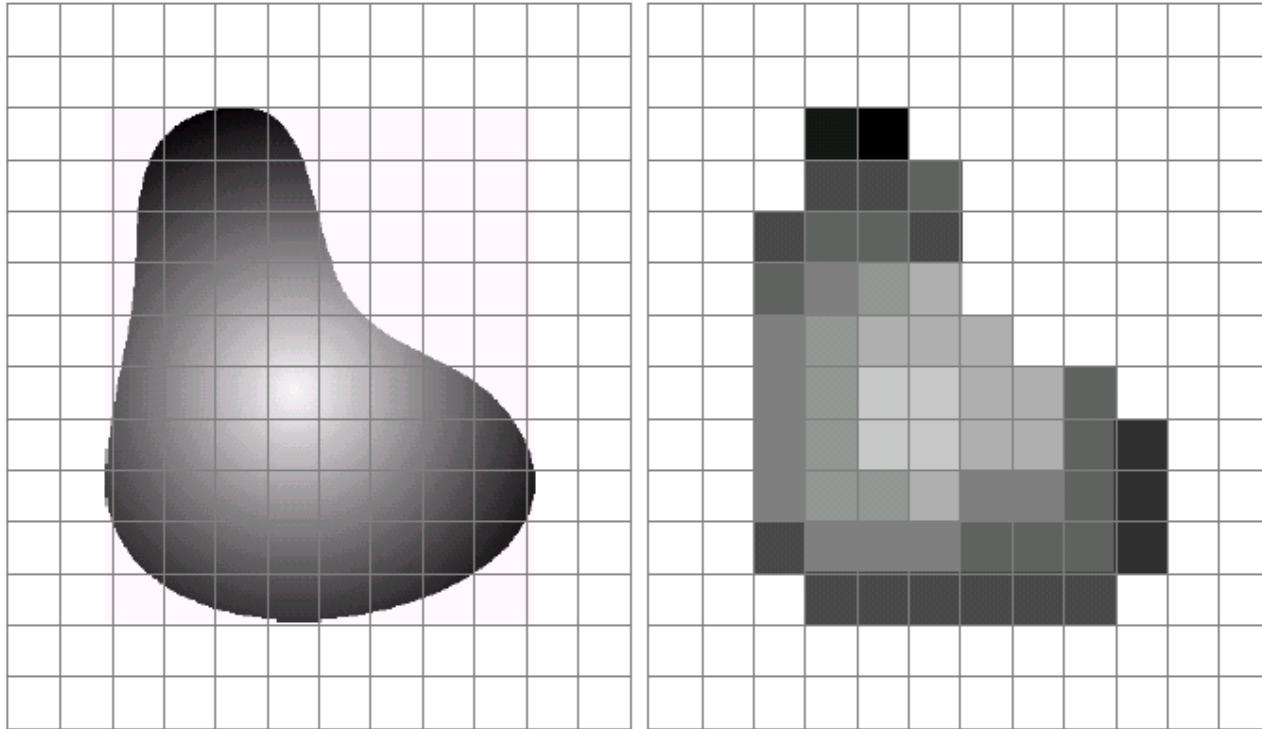


How many gray levels are required?



Digital images typically are quantized to 256 gray levels.

Image Sampling and Quantization



a b

FIGURE 2.17 (a) Continuous image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

Image Sampling and Quantization

- Clearly, the quality of a digital image is determined to a large degree by the number of samples (M , N) and discrete gray levels (L) used in sampling and quantization 数字图像质量很大程度上由 M , N , L 决定
- However, image content is an important consideration in choosing these parameters 图像内容也会影响 M , N , L 参数的选择

Image Sampling and Quantization

- Representing Digital Images

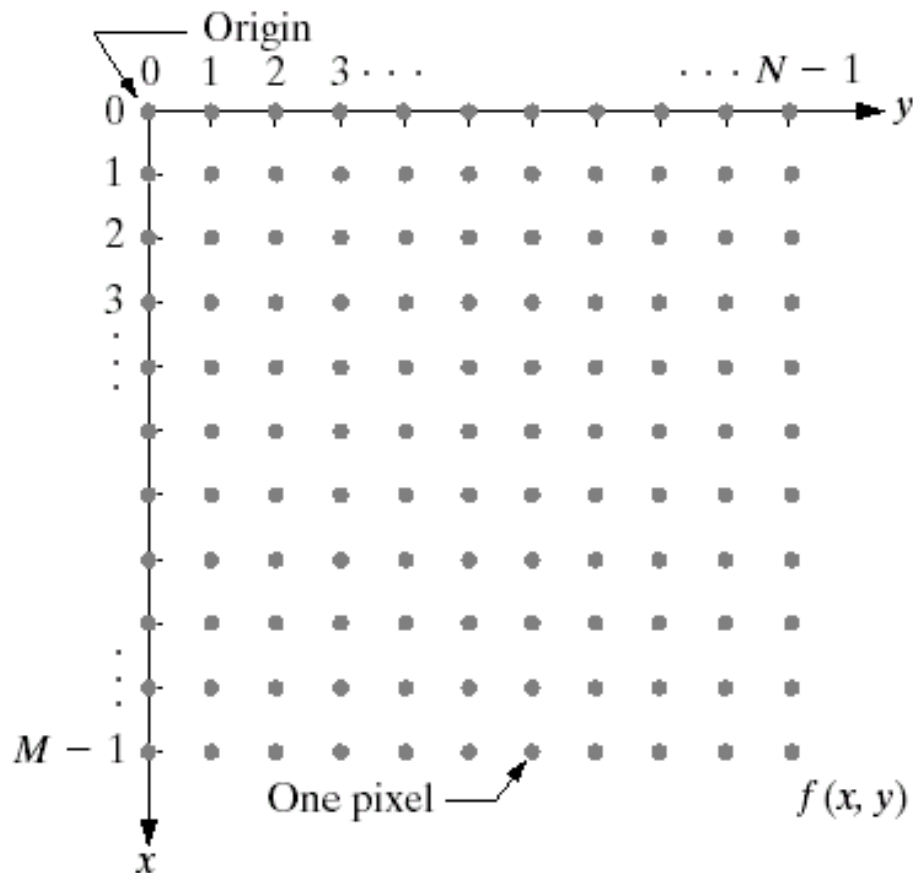


FIGURE 2.18

Coordinate convention used in this book to represent digital images.

Image Sampling and Quantization

- The number of gray levels: $L = 2^k$
- The number, b , of bits required to store a digitized image is:

$$b = M \times N \times k$$

TABLE 2.1

Number of storage bits for various values of N and k .

N/k	1 ($L = 2$)	2 ($L = 4$)	3 ($L = 8$)	4 ($L = 16$)	5 ($L = 32$)	6 ($L = 64$)	7 ($L = 128$)	8 ($L = 256$)
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912

Image Sampling and Quantization

- **Spatial and Gray-Level Resolution**
 - Spatial resolution
 - The smallest discernible detail in an image
 - For an digital image: $M \times N$
 - Gray-level resolution
 - The smallest discernible change in gray level
 - For an digital image: L

Image Sampling and Quantization



FIGURE 2.19 A 1024×1024 , 8-bit image subsampled down to size 32×32 pixels. The number of allowable gray levels was kept at 256.

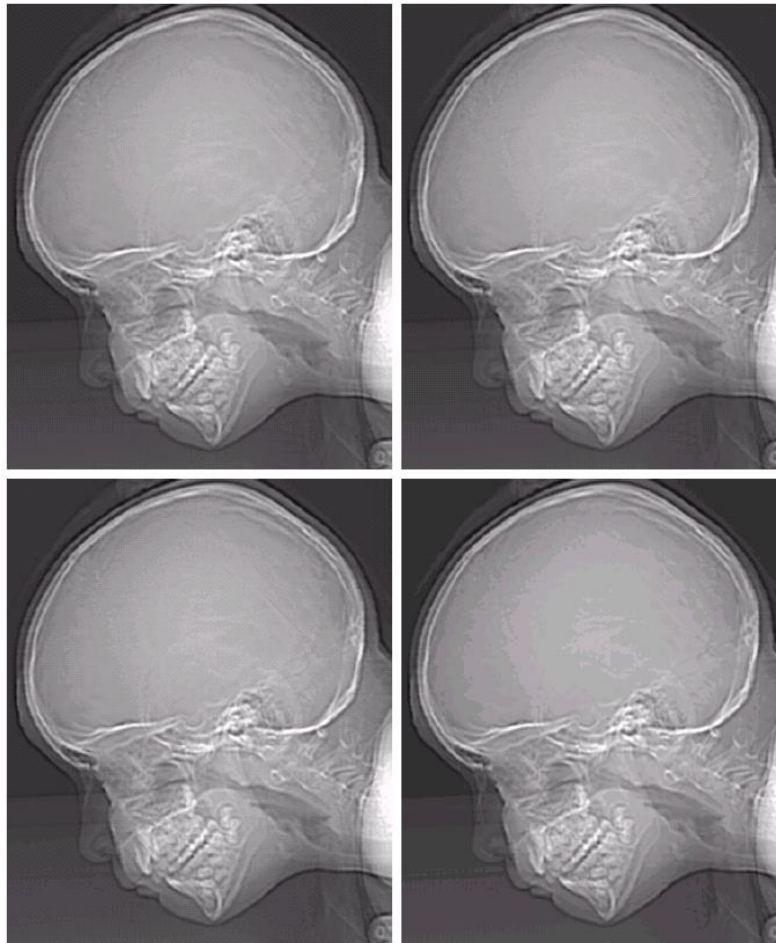
Image Sampling and Quantization



a	b	c
d	e	f

FIGURE 2.20 (a) 1024×1024 , 8-bit image. (b) 512×512 image resampled into 1024×1024 pixels by row and column duplication. (c) through (f) 256×256 , 128×128 , 64×64 , and 32×32 images resampled into 1024×1024 pixels.

Image Sampling and Quantization



a b
c d

FIGURE 2.21

(a) 452×374 ,
256-level image.
(b)–(d) Image
displayed in 128,
64, and 32 gray
levels, while
keeping the
spatial resolution
constant.

Image Sampling and Quantization

e f
g h

FIGURE 2.21

(Continued)

(e)–(h) Image displayed in 16, 8, 4, and 2 gray levels. (Original courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology & Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

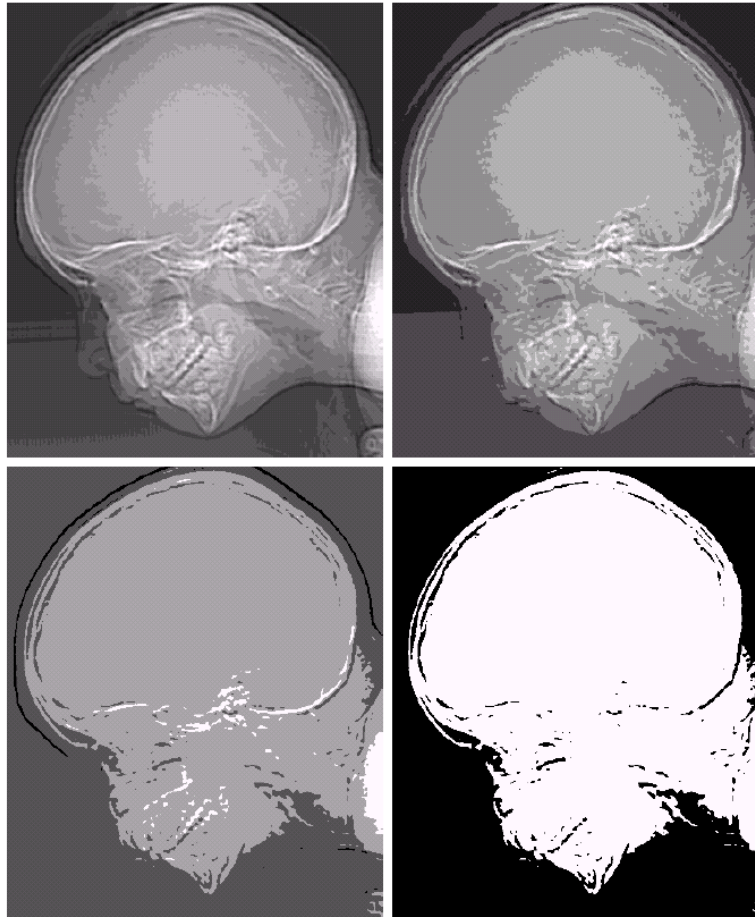


Image Sampling and Quantization

- We have not considered yet any relationships that might exist between N and k
- An early study by Huang [1965] attempted to quantify experimentally the effects on image quality produced by varying N and k simultaneously
 - isopreference curve in the NK -plane

Image Sampling and Quantization



a b c

FIGURE 2.22 (a) Image with a low level of detail. (b) Image with a medium level of detail. (c) Image with a relatively large amount of detail. (Image (b) courtesy of the Massachusetts Institute of Technology.)

Image Sampling and Quantization

- Isopreference curves tend to become more vertical as the detail in the image increases
- This result suggests that a large amount of detail only a few gray levels may be needed

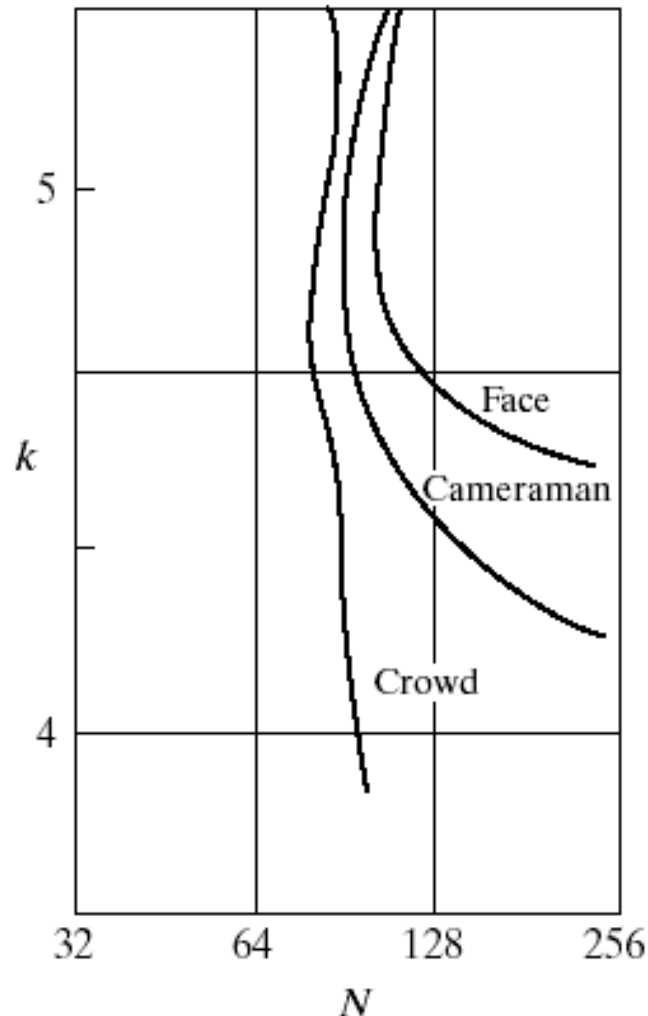


FIGURE 2.23 Representative isopreference curves for the three types of images in Fig. 2.22.

Image Sampling and Quantization

- Zooming and Shrinking Digital Images

- Zooming requires two steps 图像放大

1. the creation of new pixel locations

- e.g., laying an imaginary 750×750 grid over the original image of size 500×500

2. gray level assignment

- nearest neighbor interpolation
- bilinear interpolation

- Image shrinking is done in a similar manner as just described for zooming 图像缩小

Image Sampling and Quantization

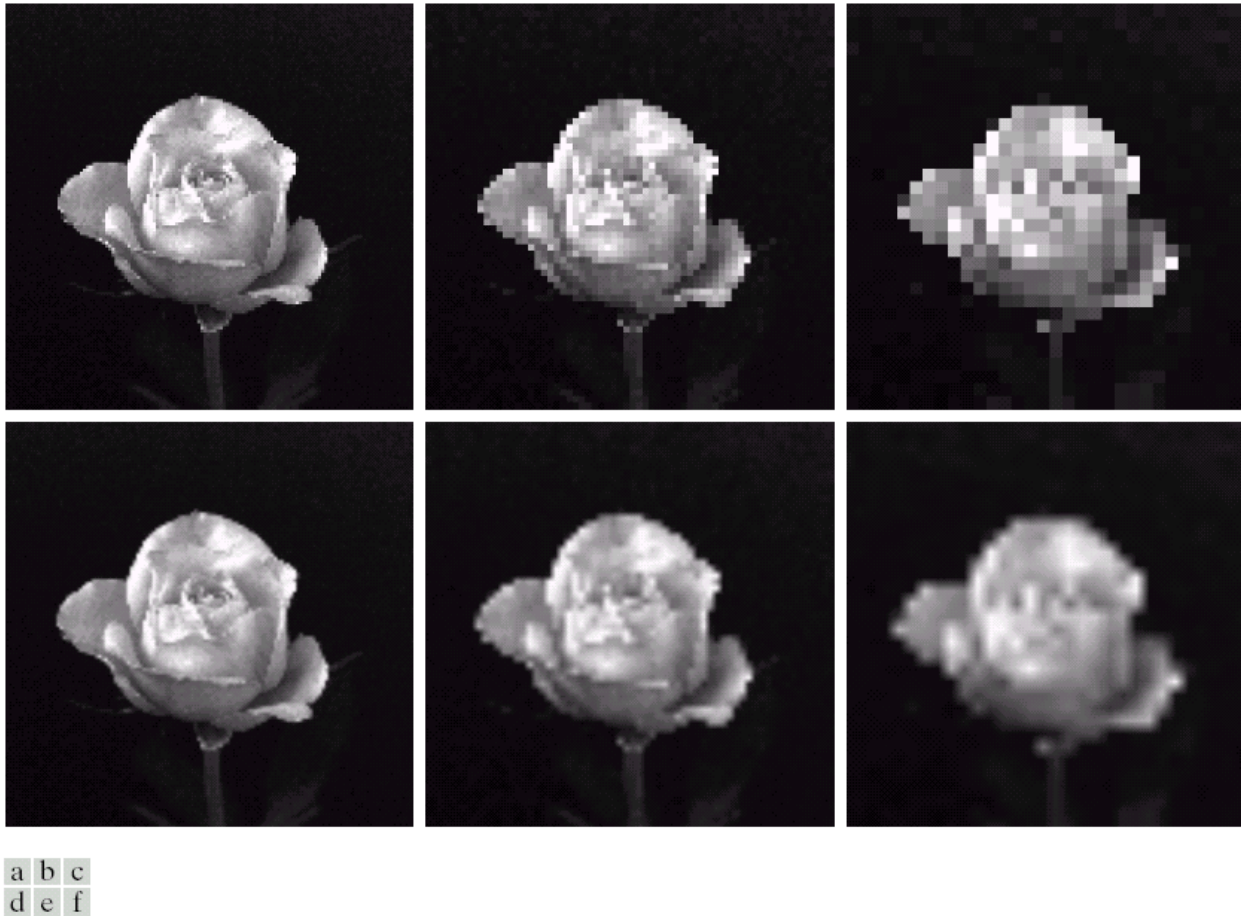


FIGURE 2.25 Top row: images zoomed from 128×128 , 64×64 , and 32×32 pixels to 1024×1024 pixels, using nearest neighbor gray-level interpolation. Bottom row: same sequence, but using bilinear interpolation.

内容提纲

- 人的视觉系统和视觉常识
- 什么是数字图像？
- 颜色模型
- 图像数字化
- 像素空间关系
- 图像输入输出设备

像素空间关系

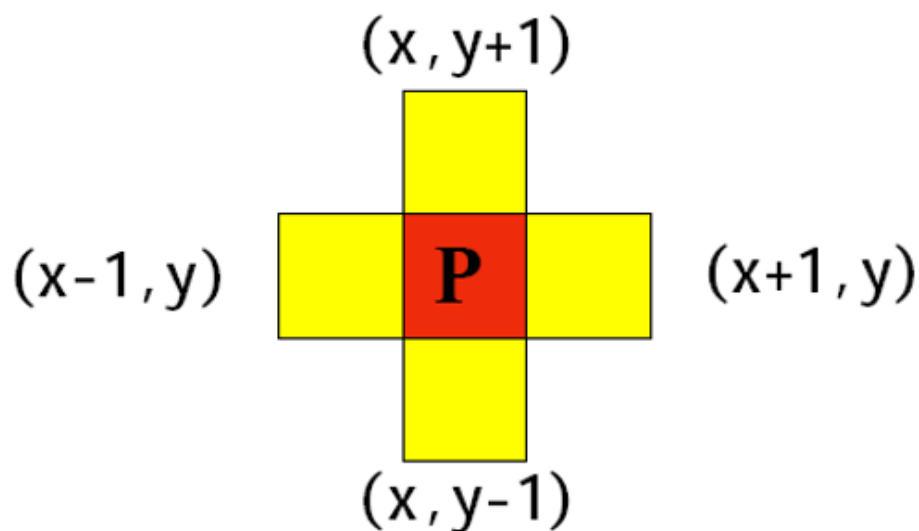
- 像素间联系
- 几何失真校正

像素空间关系

- 像素 p 的邻域
 - 4近邻（4-neighbors）： $N_4(p)$
 - 对角近邻（D-neighbors）： $N_D(p)$
 - 8近邻（8-neighbors）： $N_8(p)$

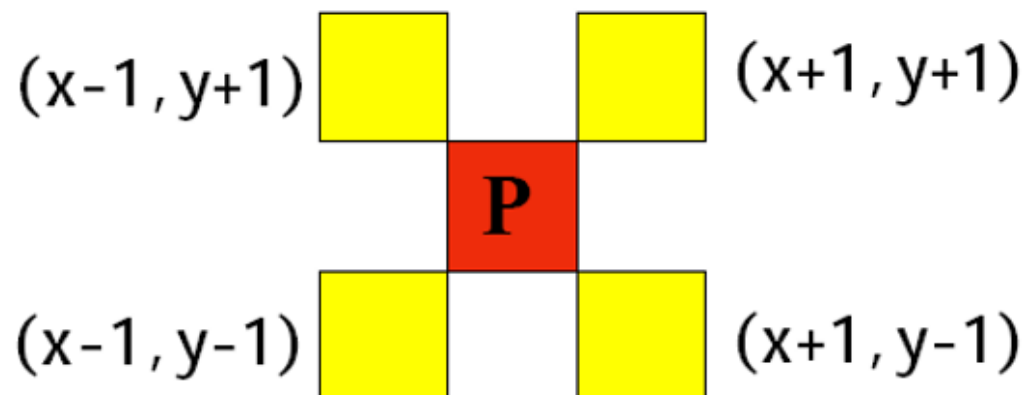
像素空间关系

- 像素 p 的空间坐标为 (x, y) , 则 $N_4(p)$ 为:



像素空间关系

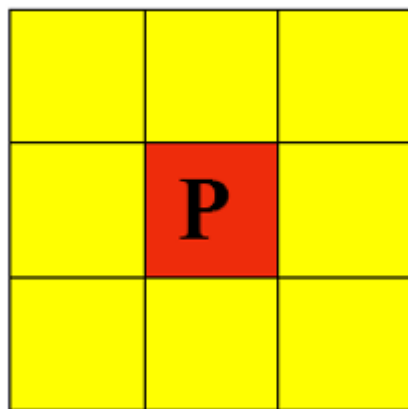
- 像素 p 的空间坐标为 (x, y) , 则 $N_D(p)$ 为:



像素空间关系

- 像素 p 的空间坐标为 (x, y) , 则 $N_8(p)$ 为:

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



像素空间关系

- 连通性(connectivity)是描述区域(region)和边界(boundary)的基本概念
- 两个像素具有连通性的两个必要条件
 - 两个像素是否相邻
 - 它们的灰度级是否满足相似性准则
 - 设V是具有相似灰度的集合。对于二进制图像，可令 $V=\{1\}$ ；对于具有256灰度级的灰度图像，V是这256数值中的一个子集

像素间联系

- 连通性

- 4连通 (4-adjacency)

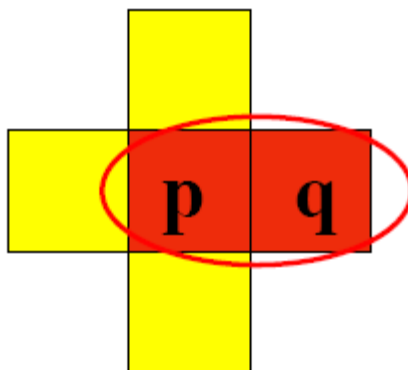
- 8连通 (8-adjacency)

- m连通 (m-adjacency, 混合连通)

像素间联系

- 4连通 (4-adjacency)

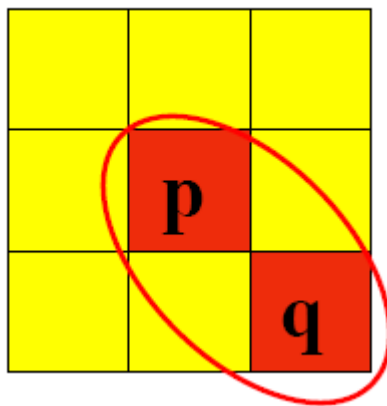
- 像素 p 和 q 的像素值都属于集合 V ，如果 q 属于集合 $N_4(p)$ ，则称 p 和 q 是4连通



像素间联系

- 8连通 (8-adjacency)

- 像素 p 和 q 的像素值都属于集合 V ，如果 q 属于集合 $N_8(p)$ ，则称 p 和 q 是8连通

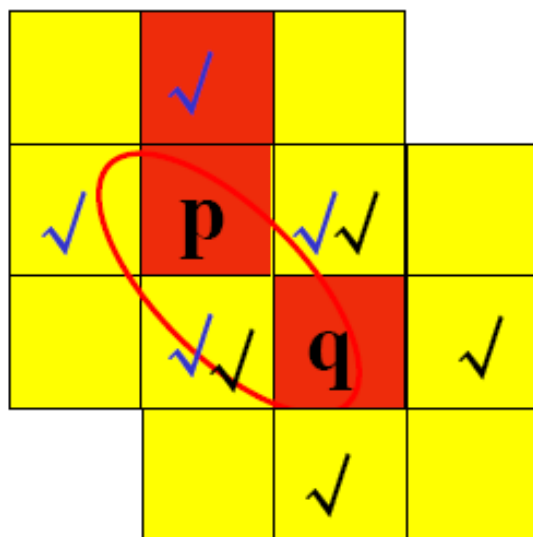


像素间联系

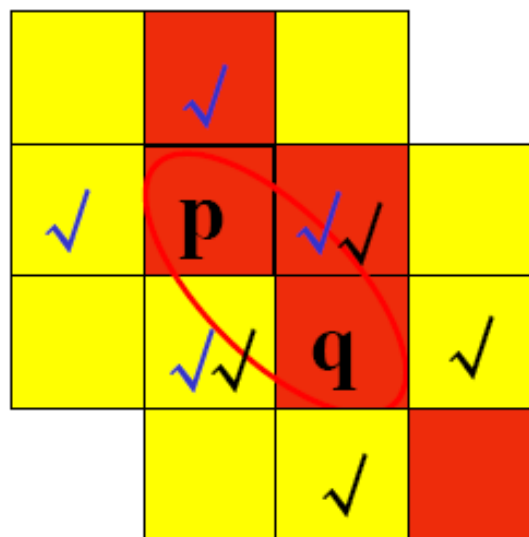
- m连通 (m-adjacency)
 - 像素 p 和 q 的像素值都属于集合 V ，如果
 - (i) q 属于集合 $N_4(p)$ ，或者
 - (ii) q 属于集合 $N_D(p)$ ，且 $N_4(p) \cap N_4(q)$ 中没有像素值属于集合 V 的像素则称 p 和 q 是 m 连通

像素间联系

是m连通



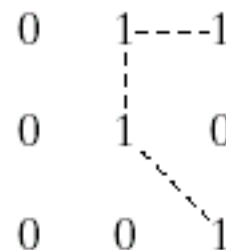
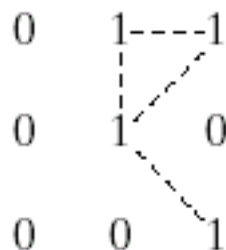
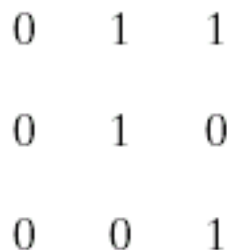
不是m连通



像素间联系

- 通路 (path)

- 从像素 p 到像素 q 的通路是指这样的一系列像素: $(x_0, y_0) (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$, 其中 (x_0, y_0) 是像素 p 的坐标, (x_n, y_n) 是像素 q 的坐标, 像素 (x_i, y_i) 和像素 (x_{i-1}, y_{i-1}) 是连通的, $1 \leq i \leq n$. n 称为通路的长度, 如果 $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$, 则称通路是闭合的。



a b c

FIGURE 2.26 (a) Arrangement of pixels; (b) pixels that are 8-adjacent (shown dashed) to the center pixel; (c) m -adjacency.

像素间联系

- 距离度量

➤ 对于像素 p , q 和 z , 坐标分别为 (x, y) , (s, t) 和 (v, w) , 如果满足:

- (1) $D(p, q) \geq 0$ ($D(p, q)=0$ if $p=q$)
- (2) $D(p, q) = D(q, p)$
- (3) $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$

则称 D 是一个距离函数

像素间联系

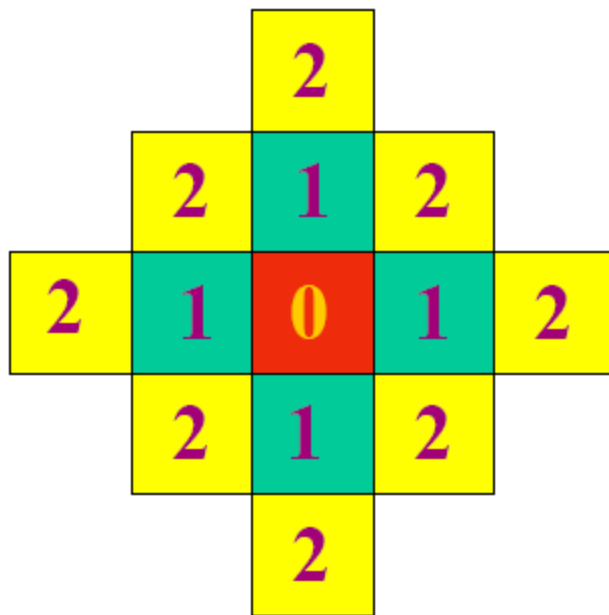
- 欧式距离 (Euclidean distance)

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}}$$

像素间联系

- D_4 距离（或city-block距离）

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



像素间联系

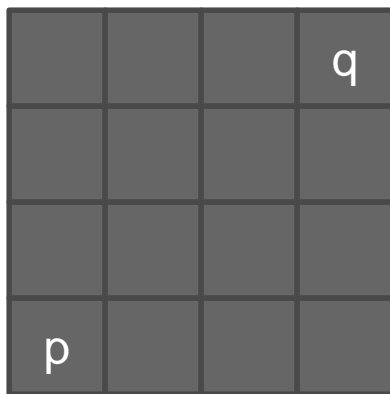
- D_8 距离（或chessboard距离）

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

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

像素间联系

- 计算题：像素p、q之间的欧式距离、D4距离和D8距离分别是多少？



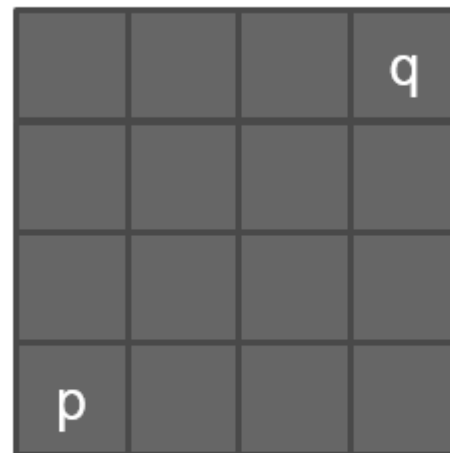
像素间联系

- 计算题：像素p、q之间的欧式距离、D4距离和D8距离分别是多少？

欧式距离： $3*\sqrt{2}$

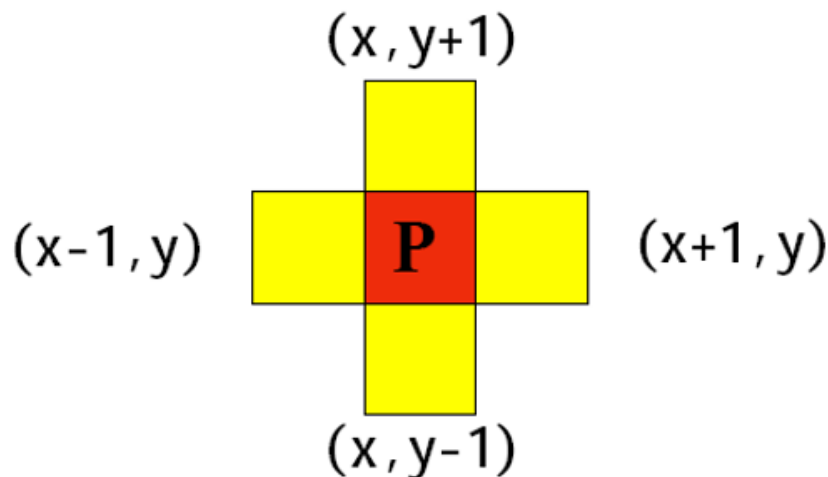
D4距离：6

D8距离：3



像素空间关系

- 计算题：一张图大小为400x500。如果图像中像素q是像素p的4近邻，将(p、q)称为相邻像素对，那么图像中总共有多少相邻像素对？
(p、q) 和 (q、p) 是同一相邻像素对，不要重复计算。



像素空间关系

- 计算题：一张图大小为400x500。如果图像中像素q是像素p的4近邻，将(p、q)称为相邻像素对，那么图像中总共有多少相邻像素对？
(p、q) 和 (q、p) 是同一相邻像素对，不要重复计算。

4近邻： $399*499*2 + 399 + 499$

图像处理举例：几何失真校正

- 在许多实际的图像采集过程中，图像中像素之间的空间关系会发生变化，这时可以说图像产生了几何失真或几何畸变
 - 原始场景中各部分之间的空间关系与图像中各对应像素间的空间关系不一致
 - 如：显示器上出现的枕形或桶形失真



图像处理举例：几何失真校正

- 图像的几何失真校正主要包括两个步骤：
 - **空间变换**：对图像平面上的像素进行重新排列以恢复原空间关系
 - **灰度插值**：对空间变换后的像素赋予相应的灰度值以恢复原位置的灰度值

空间变换

模型

图像 $f(x, y)$ 受几何形变的影响变成失真图像 $g(x', y')$

$$x' = s(x, y) \quad y' = t(x, y)$$

线性失真

$$s(x, y) = k_1x + k_2y + k_3$$

$$t(x, y) = k_4x + k_5y + k_6$$

(非线性) 二次失真

$$s(x, y) = k_1 + k_2x + k_3y + k_4x^2 + k_5xy + k_6y^2$$

$$t(x, y) = k_7 + k_8x + k_9y + k_{10}x^2 + k_{11}xy + k_{12}y^2$$

空间变换

约束对应点方法

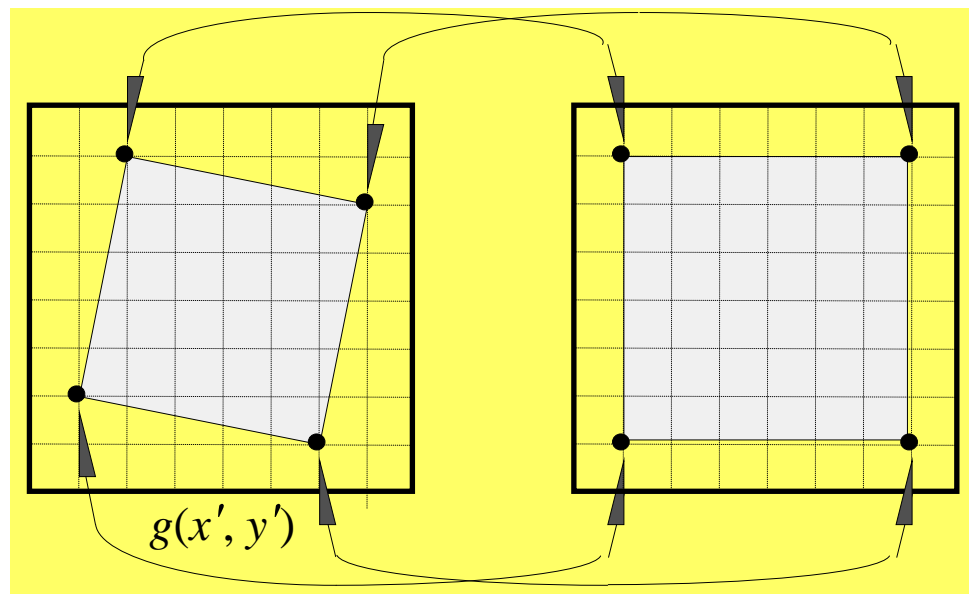
在输入图（失真图）和输出图（校正图）上找一些其位置确切知道的点，然后利用这些点建立两幅图间其它点空间位置的对应关系

选取四边形顶点

$$x' = k_1x + k_2y + k_3xy + k_4$$

$$y' = k_5x + k_6y + k_7xy + k_8$$

四组对应点解八个系数

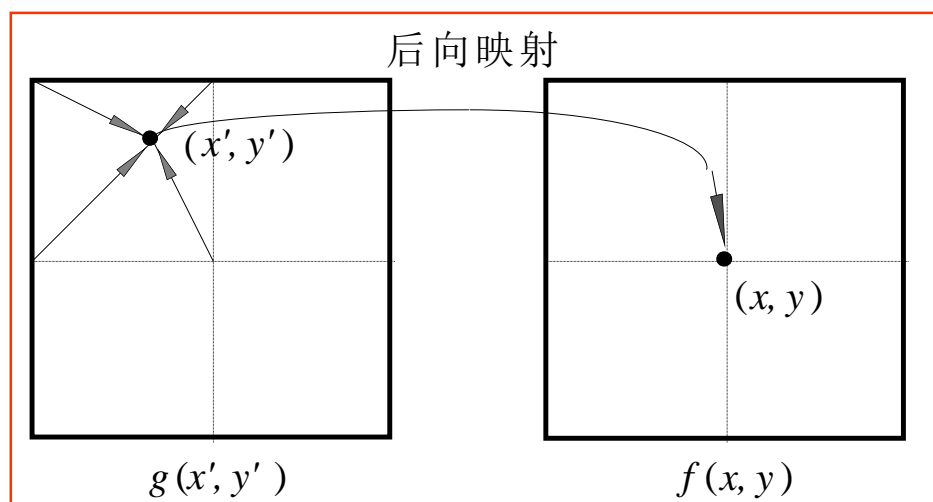


灰度插值

灰度插值

实际失真图中四个像素之间的位置对应不失真图的某个像素，则先根据插值算法计算出该位置的灰度，再将其映射给不失真图的对应像素

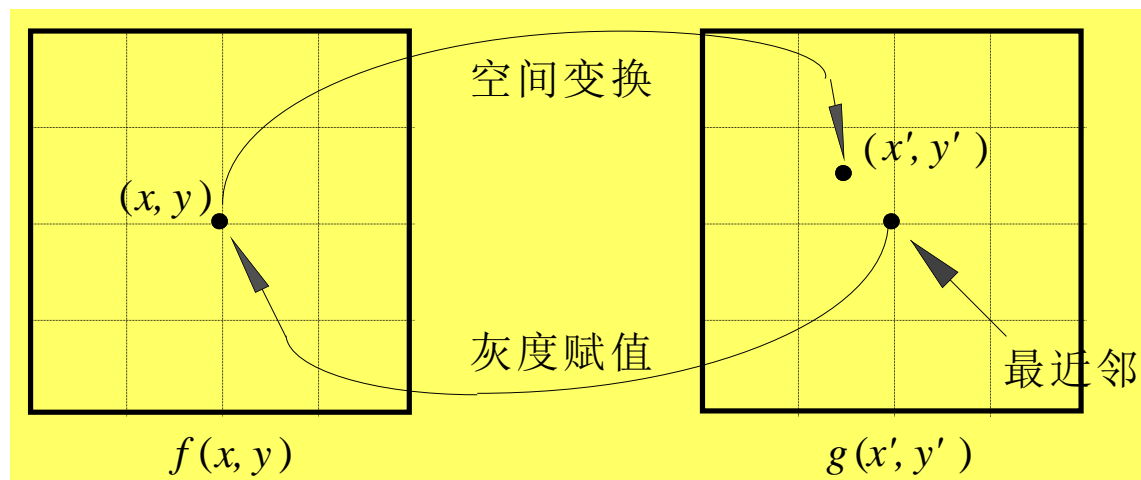
用整数处的像素值来计算在非整数处的像素值。 (x, y) 总是整数，但 (x', y') 值可能不是整数



灰度插值

最近邻插值，也常称为零阶插值

将离 (x', y') 点最近的像素的灰度值作为 (x', y') 点的灰度值赋给原图 (x, y) 处像素



灰度插值

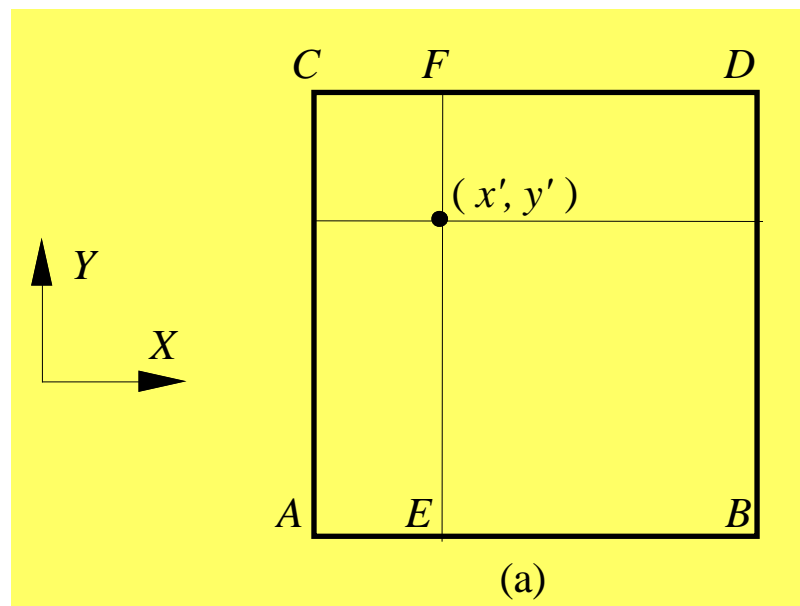
双线性插值

利用 (x', y') 点的四个最近邻像素 A 、 B 、 C 、 D ，灰度值分别为 $g(A)$ 、 $g(B)$ 、 $g(C)$ 、 $g(D)$

$$g(E) = (x' - i)[g(B) - g(A)] + g(A)$$

$$g(F) = (x' - i)[g(D) - g(C)] + g(C)$$

$$g(x', y') = (y' - j)[g(F) - g(E)] + g(E)$$



内容提纲

- 人的视觉系统和视觉常识
- 什么是数字图像？
- 颜色模型
- 图像数字化
- 像素空间关系
- 图像输入输出设备

图像输入输出设备

- 图像输入设备

- 数字化器是将模拟图像转换成数字图像的数字化输入装置

- 常用的数字化器

- 数码电视摄像机

- 数码相机

- 扫描仪等

数码电视摄像机

- 光电转换器件主要有光电摄像管（vidicon）、光电倍增管、视像管等。
- 目前摄像管摄像机正逐渐被固体光电转换器件摄像机取代。
 - 固态摄像机的传感器类型有电荷耦合器件（CCD）、电荷注入器件（CID）和光电二极管阵列。
 - 特别是CCD摄像机采用CCD器件替代摄像管实行光电转换、电荷存储与电荷转移。

CCD摄像机

- VLSI产品，由于体积小、重量轻、寿命长、成像速度快、成本低、灵敏度高、图像无几何失真，已成为视频信号的常用输入设备。
- 拍摄的图像质量与CCD的数量、CCD的感光面积、CCD的工作方式有很大关系。
- 按CCD的数量可分为：
单片、三片式摄像机，三片式摄像机的质量最好。

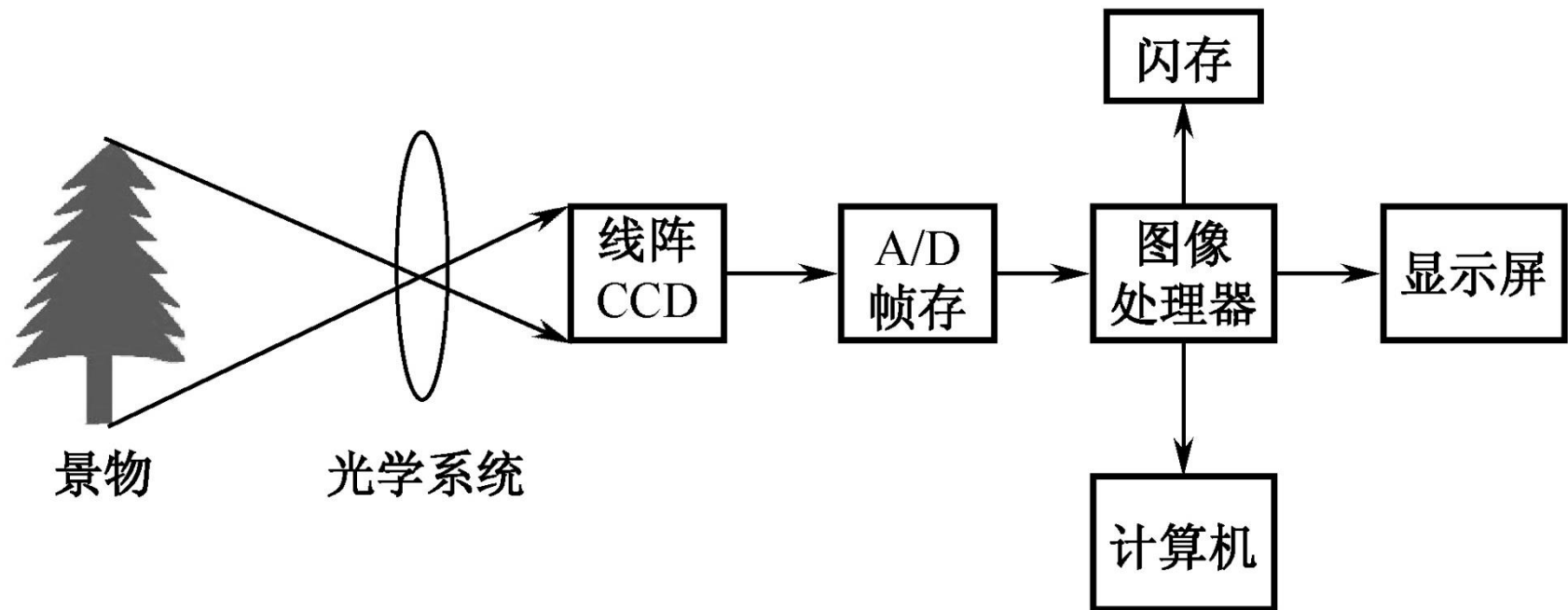
CCD摄像机

- 灵敏度：最低环境照度
 - 黑白摄像机的灵敏度大约是0.02-0.5Lux，彩色摄像机多在1Lux以上。
- 分辨率：成像后可以分辨的水平黑白线对的数目。
 - 黑白摄像机的分辨率一般为380-600，彩色为380-480，其数值越大成像越清晰。
- 信噪比：主要取决于ADC的位数。
 - 采用12 bit ADC和大于20 bit的高精度数字处理技术使信噪比大于63 dB。

典型的CCD摄像机主要参数

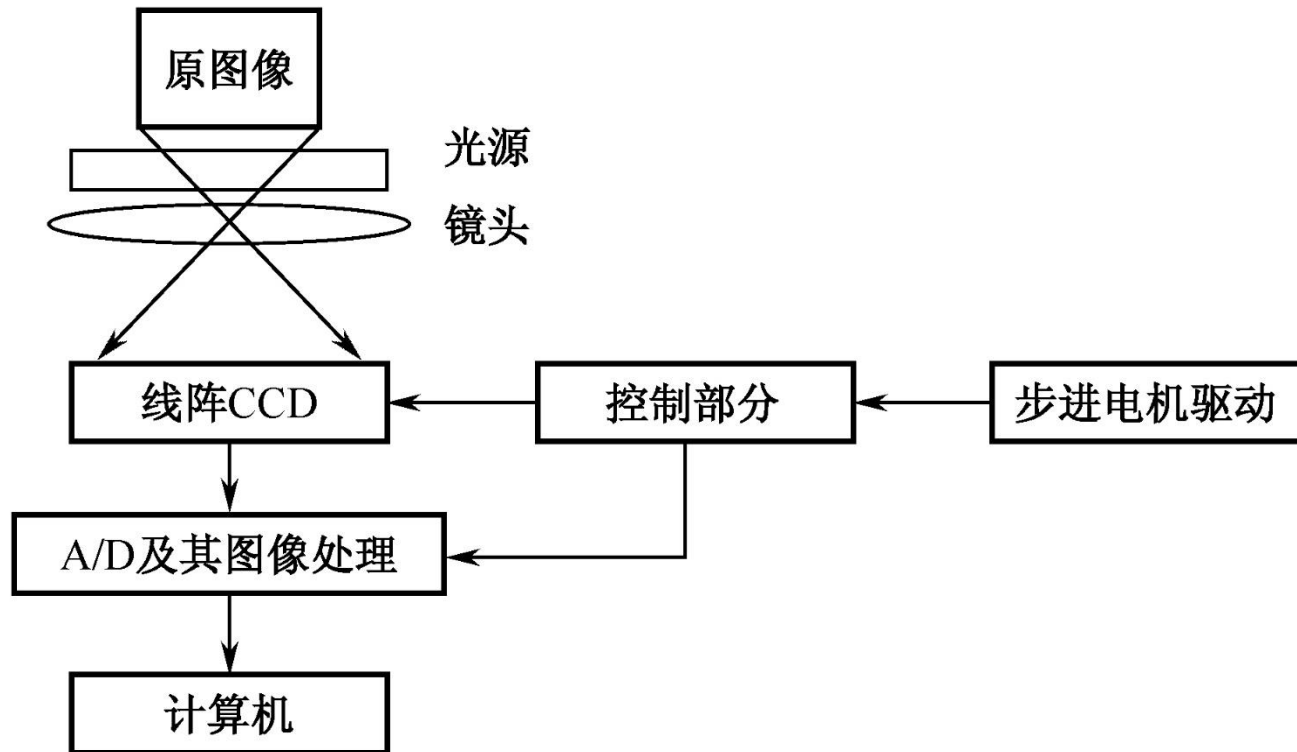
图像传感器	1/3" CCD 540线
水平清晰度	540线(TV Lines), 带OSD菜单
有效像素	PAL: 752H×582V NTSC: 768H×494V
快门速度	PAL: 1/50秒~1/100,000秒; NTSC: 1/60~1/100,000/秒
最底照度	小于 0.1Lux/F1.2
信噪比	>52db
日夜切换	自动
同步系统	内同步
视频输出	1.0Vp-p,75Ω
电源供给	DC12V
视频接口	BNC

数码照相机



数码相机原理结构图

扫描仪



CCD扫描仪原理结构

图像数字化器的性能评价

性 能	含 义
空间分辨率	单位尺寸能够采样的像素数。由采样孔径与间距的大小和可变范围决定
灰（色）度分辨率	量化的等级数（位深度）、颜色数（色深度）
图像大小	仪器允许扫描的最大图幅
量测特征	数字化器所测量和量化的实际物理参数及精度
扫描速度	采样数据的传输速度
噪声	数字化器的噪声水平（应当使噪声小于图像内的反差）
其他	黑白/彩色、价格、操作性能等

图像输出设备

- 数字图像的显示是图像数字化的逆过程（D/A）。
- 在多媒体技术中，显示器和其他图像输出设备（如打印机、胶片记录仪、静电绘图仪等）都可以看成为输出显示媒体。
- 显示器是典型的暂时显示设备，而打印机等永久显示设备。

显示分辨率

- 显示分辨率是指显示屏上能够显示出的像素数目。屏幕能够显示的像素越多，说明显示设备的分辨率越高，显示的图像质量也就越高。
- 例如，显示分辨率为 640×480 表示显示屏分成480行，每行显示640个像素，整个显示屏就含有 $640 * 480 = 307200$ 个显像点。

图像分辨率

- 图像分辨率是指组成一幅图像的像素密度的度量方法。对同样大小的一幅图，如果组成该图的图像像素数目越多，则说明图像的分辨率越高，看起来就越逼真。相反，图像显得越粗糙。
- 在用扫描仪扫描彩色图像时，通常要指定图像的分辨率，用每英寸多少点(dots per inch, DIP)表示。如果用300 DIP来扫描一幅8"×10"的彩色图像，就得到一幅2400×3000个像素的图像。分辨率越高，像素就越多。

显示分辨率 & 图像分辨率

- 图像分辨率与显示分辨率是两个不同的概念。图像分辨率是确定组成一幅图像的像素数目，而显示分辨率是确定显示图像的区域大小。
- 如果显示屏的分辨率为 640×480 ，那末一幅 320×240 的图像只占显示屏的 $1/4$ ；相反， 2400×3000 的图像在这个显示屏上就不能显示一个完整的画面。
- 注意：在显示一幅图像时，有可能会出现图像的宽高比(aspect ratio)与显示屏上显示出的图像的宽高比不一致的现象。

电脑显示器参数

- 分辨率（640 × 480、1024 × 768）
- 刷新率（85Hz、110Hz）
- 带宽（200MHz、115MHz）
- 显示器所产生的辐射对人体的影响是很大的。显示器低辐射标准主要有两个，一个是MPRII，另一个是TCO标准。
- 带宽 = 最大分辨率 × 最大分辨率下的刷新率 × 1.3(or 1.5)
- 在实际工作时，画面边缘的图像质量会衰减，所以电子束扫描的范围要比实际分辨率高，俗称为“过扫描”，因此准确计算带宽的话要把过扫描的部分也计算进去。

像素深度（图像深度）

- 像素深度是指存储每个像素所用的位数，它也是用来度量图像的分辨率。像素深度决定彩色图像的每个像素可能有的颜色数，或者确定灰度图像的每个像素可能有的灰度级数。
- 例如，一幅彩色图像的每个像素用R，G，B三个分量表示，若每个分量用8位，那末一个像素共用24位表示，就说像素的深度为24，每个像素可以是 $2^{24}=16\ 777\ 216$ 种颜色中的一种。
- 在这个意义上，往往把像素深度说成是图像深度。表示一个像素的位数越多，它能表达的颜色数目就越多，而它的深度就越深。

打印机的两个重要参数

- 分辨率是一个最值得关注的指标。目前，除少数老型号激光打印机的分辨率仍为300DPI外，绝大多数产品都已是600DPI的标配，少数产品已经达到1200DPI甚至更高。分辨率越高打印质量越好。
- 打印速度是另一个重要指标，打印速度的指标是PPM（pages per minute），即每分钟可以输出的页数。目前个人和小型办公室激光打印机的PPM一般都在6~12左右，工作组网络激光打印机以上级一般都在20PPM以上。

内容提纲

- 人的视觉系统和视觉常识
- 什么是数字图像？
- 颜色模型
- 图像数字化
- 像素空间关系
- 图像输入输出设备