

# DIP 01数字图像基础

---

数字图像相关概念，一些标记符号的介绍。

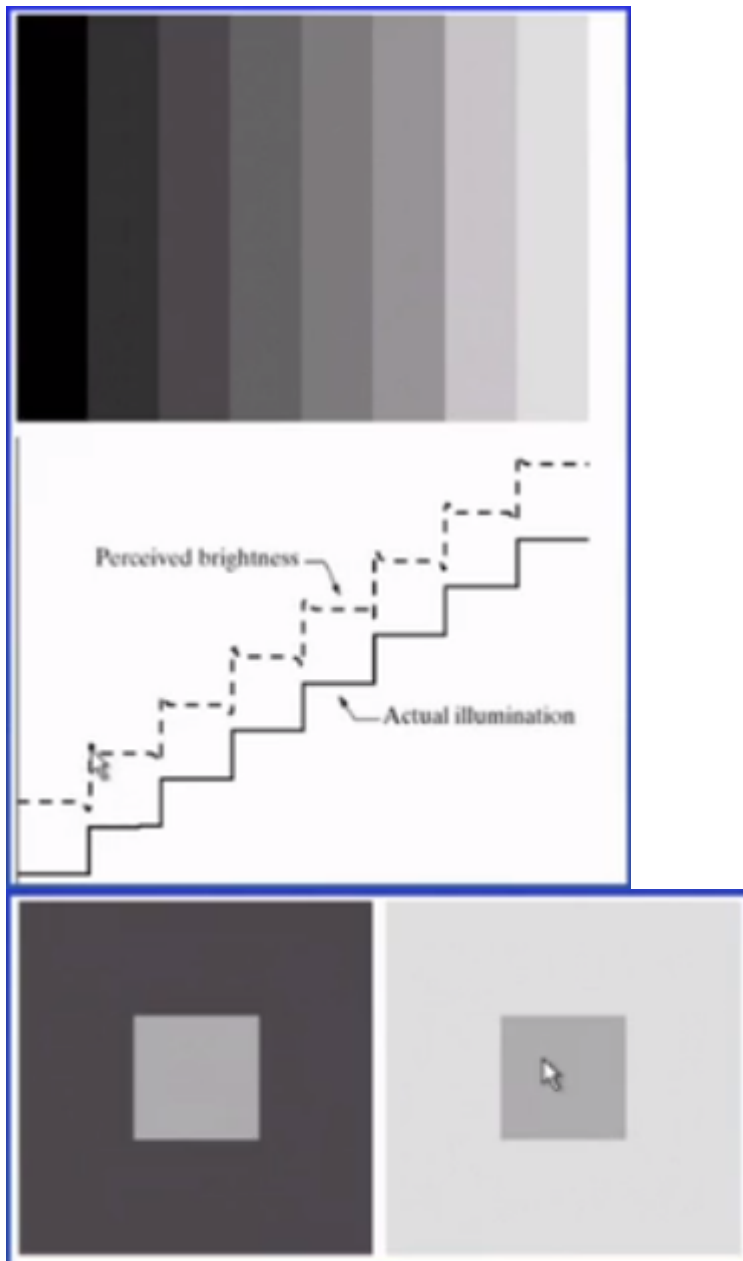
## DIP 01数字图像基础

- 1 视觉感知要素
- 2 图像的获取、取样和量化
  - 2.1 图像的获取
  - 2.2 图像的取样和量化
- 3 放大和收缩数字图像
- 4 像素间的一些基本关系
- 5 线性与非线性操作
- 6 数字图像处理的基本步骤方法、部件
- Exercise

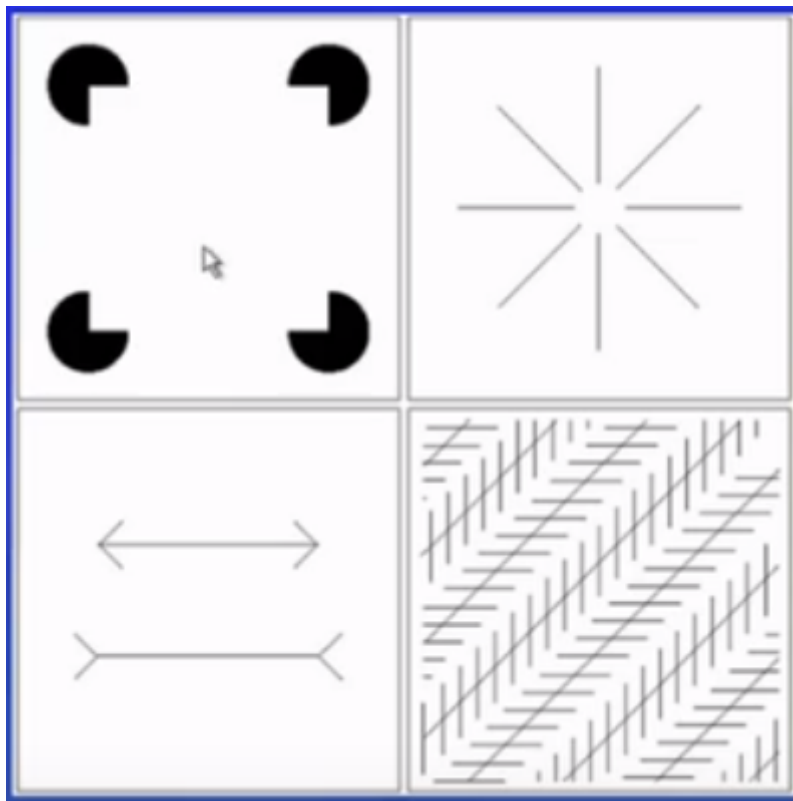
## 1视觉感知要素

---

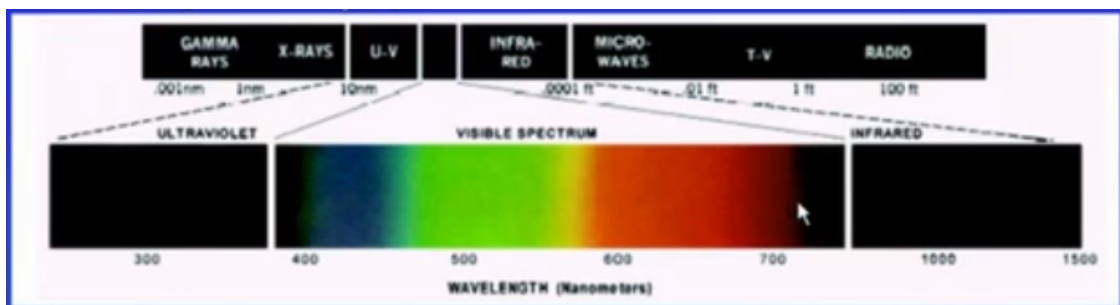
1. 人的视觉系统能适应的光强度级别范围是很宽的。从夜视阈值到强闪光约有 $10^{10}$ 量级。
2. 人的视觉绝对不能同时在整个范围内工作，确切的说，它是利用改变其整个灵敏度来完成这一大变动的，即亮度适应现象。
3. 视觉系统对亮度的感知不是简单的强度函数。例如：马赫带现象、同时对比现象。



4. 人的感知系统有时会产生视觉错觉。



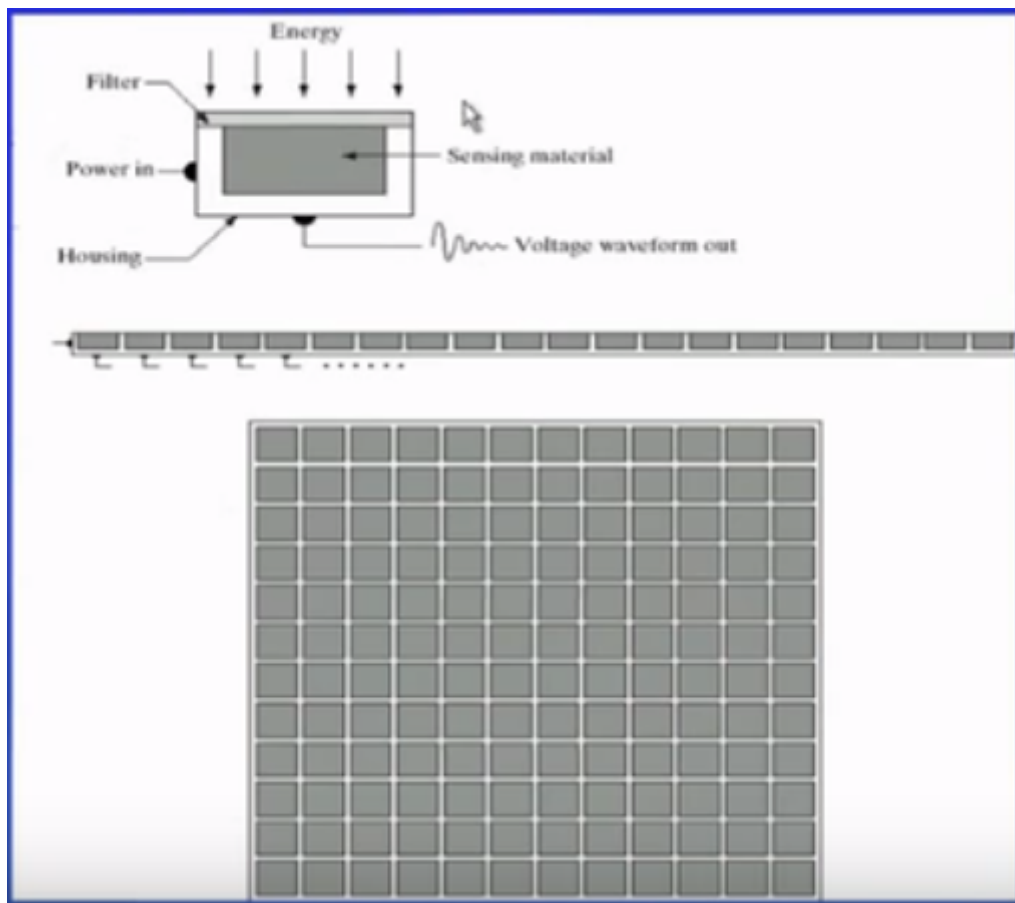
5. 人感受到的可见光的彩色范围占电磁波的一小部分。



## 2图像的获取、取样和量化

### 2.1图像的获取

1. 各类图像都是由“照射”源和形成图像的“场景”元素对光能的反射或吸收相结合而产生的。
2. “照射”
  1. 可能由电磁能源引起：雷达、红外线或X射线能源；
  2. 也可能由非传统光源引起：超声波、计算机产生的照射模式。
3. “场景”
  1. 可能是熟悉的物体；
  2. 也可能是分子、沉积岩或人类大脑，甚至是一个光源（如太阳）。
4. 图像传感器（点状、带状、阵列）



## 5. 简单的图像形成模型

- 用二维函数形式  $f(x, y)$  表示图像，在特定坐标  $(x, y)$  处， $f$  的值或幅度是一个正的标量，其物理意义由图像源决定。
- 【物理上】当一幅图从物理过程产生时，它的值正比于物理源的辐射能量。因此， $f(x, y)$  一定是非零且有限的： $0 < f(x, y) < \infty$ 。
- 函数可由两个分量来表征：

- 【入射分量】入射到观察场景的光源总量和。 $i(x, y)$
- 【反射分量/透射分量】场景中物体反射光的总量。 $r(x, y)$

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

$$0 < i(x, y) < \infty, 0 < r(x, y) < 1$$

## 2.2 图像的取样和量化

- 一幅连续图像的  $x$  和  $y$  坐标以及幅度可能都是连续的。为了转换为数字图像，必须在坐标与幅度上都做数字化操作。

- 【取样】数字化坐标值。
- 【量化】数字化幅度值。

### 2. 基本概念

- 设连续图像为  $f(x, y)$
- 作二维取样函数

$$S(x, y) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(x - m\Delta x, y - n\Delta y)$$

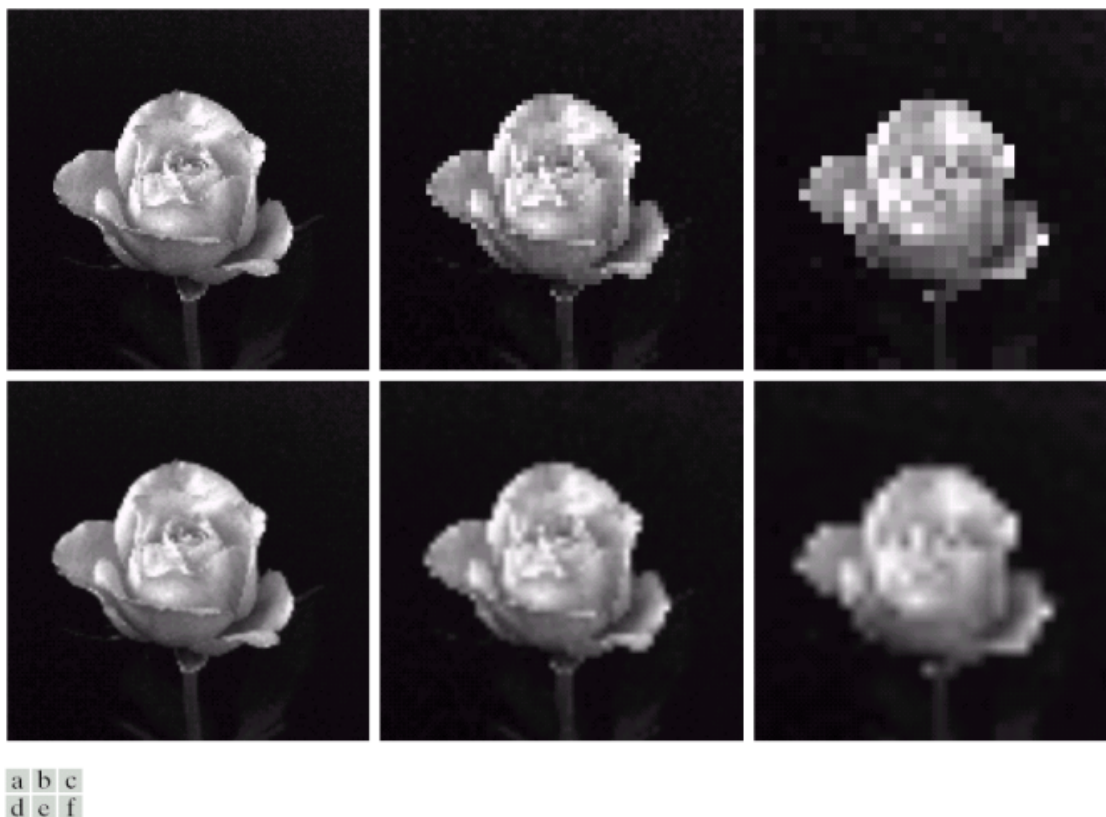
$$\delta(x, y) = \begin{cases} 1, & x = y = 0 \\ 0, & \text{others} \end{cases}$$

- 取样后的图像为

$$\begin{aligned}
 f_s(x, y) &= S(x, y)f(x, y) \\
 &= \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} f(x, y)\delta(x - m\Delta x, y - n\Delta y) \\
 &= \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} f(m\Delta x, n\Delta y)\delta(x - m\Delta x, y - n\Delta y)
 \end{aligned}$$

### 3放大和收缩数字图像

- 近邻插值 / 双线性插值



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

### 4像素间的一些基本关系

- 相邻像素

对像素 $p(x, y)$ :

- 4邻域 ( $N_4(p)$ ) :  $p$ 的上、下、左、右的点的集合。
- $N_D(p)$ :  $p$ 的四个对角相邻像素的集合。
- 8邻域 ( $N_8(p)$ ) :  $N_D(p)$ 与 $N_4(p)$ 共同组成。

- 邻接性、连通性、区域、边界

- 灰度值的邻接性 (值域 $V$ )

例如，二值图象中，像素值都为1（或都为0）的像素才有可能被称为是邻接的。在一般图像中，可定义一个值域 $V$ ， $V$ 是0到255中的一个子集。

- 物理位置的邻接性 (邻域，如 $N_4(p)$ 等)
- 4邻接：如果点 $q$ 在 $N_4(p)$ 中，并 $q$ 和 $p$ 具有 $V$ 中的数值，则 $q$ 和 $p$ 是4邻接的。
- 8邻接：如果点 $q$ 在 $N_8(p)$ 中，并 $q$ 和 $p$ 具有 $V$ 中的数值，则 $q$ 和 $p$ 是8邻接的。
- $m$ 邻接 (混合邻接)：满足下列条件的任一个，则具有 $V$ 中数值的 $p$ 和 $q$ 是 $m$ 连接的。

- $q$ 在中 $N_4(p)$
  - $q$ 在 $N_D(p)$ 中, 且集合 $N_4(p) \cap N_4(q)$ 中没有 $V$ 值的像素。
- 距离度量

对于点 $p(x, y), q(s, t), z(v, w)$ :

- 欧氏距离

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

- $D_4$ 距离 (城市街区距离)

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

- $D_8$ 距离 (棋盘距离)

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

## 5线性与非线性操作

令 $H$ 为一个算子:

$$H[f(x, y)] = g(x, y)$$

其中,  $f, g$ 代表图像。

若:

$$H[a_1 f_1(x, y) + a_2 f_2(x, y)] = a_1 H[f_1(x, y)] + a_2 H[f_2(x, y)]$$

则称 $H$ 是线性算子。

## 6数字图像处理的基本步骤方法、部件

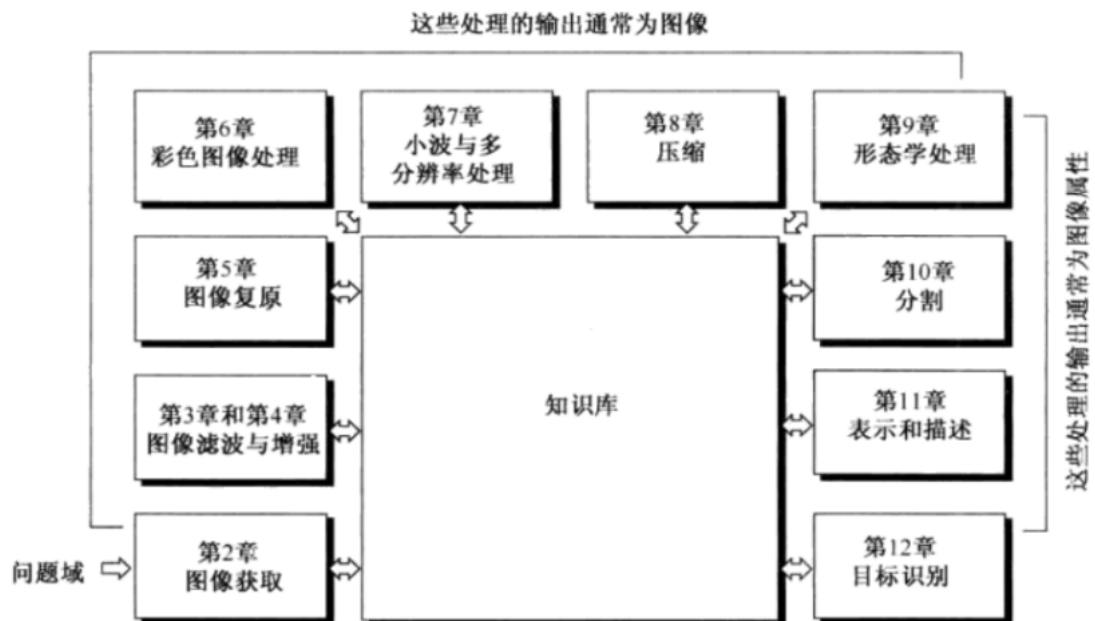


图 1.23 数字图像处理的基本步骤, 方框中指出的章号是方框中讨论内容的位置

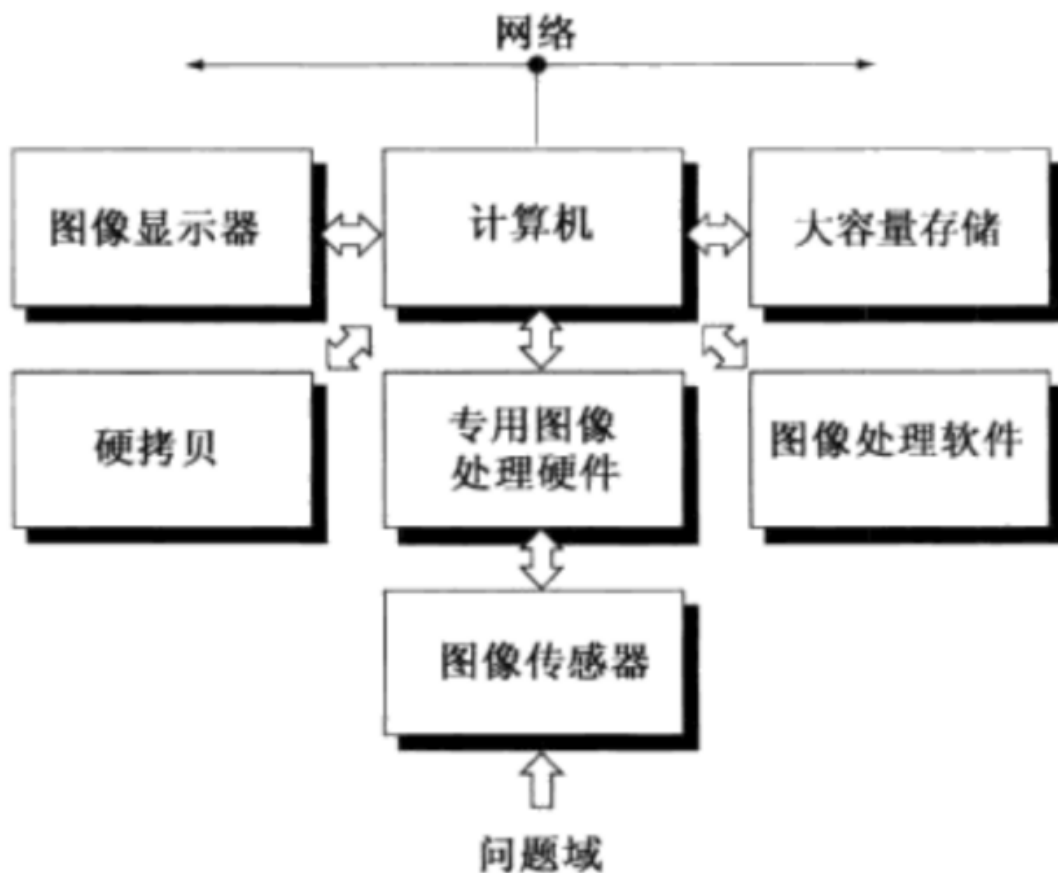


图 1.24 通用图像处理系统的组成

## Exercise

- ★2.1 使用 2.1 节提供的背景信息，如果纸上的一个打印点离眼睛 0.3 m 远，请采用纯几何方法，估计眼睛能辨别的最小打印点的直径。为简单起见，假设在中央凹处的像点变得远比视网膜区域的感受器（锥状体）的直径小时，视觉系统已不能检测到该点。进一步假设中央凹可建模为直径为 1.5 mm 的圆形阵列，并且锥状体间的间隔在该阵列上均匀分布。

$$\frac{d}{1.5\text{mm}/579} = \frac{0.3\text{m}}{17\text{mm}} \gg d < 4.57 \times 10^{-3}\text{mm}$$

- ★2.6 一家汽车制造商想在一条限量版跑车生产线上将一些零件自动安放到跑车的保险杠上。这一部件就是彩色坐标，为选择合适的保险杠零件，机器人需要知道每辆车的颜色。模型有 4 种颜色：蓝色、绿色、红色和白色。请提出一种基于成像的解决方案。您怎样解决自动确定每辆跑车颜色的问题？记住，在选择零件时价格是最主要的考虑因素。

用摄像头记录其RGB值，若三者相等则为白色。

- ★2.9 数字数据传输通常用波特率度量，其定义为每秒钟传输的比特数。通常，传输是以一个开始比特、一个字节（8 比特）的信息和一个停止比特组成的包完成的。利用这些事实，回答下列问题：

- (a) 使用 33.6K 波特的调制解调器传输一幅大小为 2048×2048 的 256 灰度级的图像，需要几分钟时间？  
 (b) 波特率为 3000K 时，这是典型的电话 DSL（数字用户线）的媒体速度，传输要用多长时间？

$$(a) T_a = \frac{2048^2 \times 10 \text{ bits}}{33.6\text{K bits/s}} \div 60 \text{ s/min} = 20.8\text{min}$$

$$(b) T_b = \frac{2048^2 \times 10 \text{ bits}}{3000K \text{ bits/s}} \div 60 \text{ s/min} = 0.233 \text{ min}$$

★2.11 考虑两个图像子集  $S_1$  和  $S_2$ ，如下页右图所示。对于  $V = \{1\}$ ，确定这两个子集是(a)4邻接的、(b)8邻接的，还是(c) $m$ 邻接的？

	$S_1$					$S_2$				
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1

因为  $S_1$  中 (3,3) 坐标点  $p$  与  $S_2$  中 (0,2) 坐标点  $q$  有：

(a) 不是4邻接的， $p$  不在  $q$  的  $N_4$  中。

(b) 是8邻接的。

(c) 是  $m$  邻接的，因为  $p$  在  $q$  的  $N_D$  中，且  $N_4(p) \cap N_4(q)$  中元素不在  $V$  中。

2.15 考虑右图的图像分割。

★(a) 令  $V = \{0, 1, 2\}$ ，计算  $p$  和  $q$  间 4、8 和  $m$  通路的最短长度。如果在这两点间不存在一个特殊通路，试解释原因。

(b) 令  $V = \{2, 3, 4\}$ ，重复问题(a)。

2.16 ★(a) 对于点  $p$  和  $q$  间的  $D_4$  距离等于这两点间最短 4 通路的情况，给出需要的条件。

(b) 这个通路唯一吗？

2.17 对于  $D_8$  距离，重做习题 2.16。

	3	4	1	2	0
	0	1	0	4	2( $q$ )
	2	2	3	1	4
( $p$ )	3	0	4	2	1
	1	2	0	3	4

2.16

(a)  $D_4(p, q) = 4 + 2 = 6$ ，要求路径上所有点都在  $V$  内。

(b) 由  $V$  的内容决定。

// 2019/08/30