

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a central globe with a grid pattern, surrounded by four empty circles. Dotted lines connect the globe to each of the four circles. The background is a gradient of blue and purple with small white stars.

计算机图像处理与机器视觉

Image processing and machine vision

饶秀勤

xqrao@zju.edu.cn

057188982170, D517



浙江大学智能生物产业装备创新团队

第一章 概述

§ 1-1 数字图像的形成:

图像: 指人类视觉上能感受到的信息, 是一种视觉形象。

“图”是物体投射或反射光的分布, “像”是人的视觉系统对图的接受在大脑中形成的印象或反映。是**客观**和**主观**的结合。

模拟图像: 空间上连续/不分割、信号值不分等级的图像。

数字图像: 空间上被分割成离散像素, 信号值分为有限个等级、用数码0和1表示的图像。

一、数字图像的分类:

类 别	描述形式
二值图像	$f(x,y)=0,1$ 或者0, 255
灰度图像	如8位灰度图: $0 \leq f(x,y) \leq 255$
彩色图像	RGB, Lab, HIS等颜色系统
多光谱图像	Multispectral image (一般10-20 个波段)
高光谱图像	Hyperspectral image (如把400-1100nm分成300个波段)
立体图像(深度图像)	由左右视点得到的同一物体的对象, f_L, f_R
动态图像	$\{f(x,y,t)\}, t=t_1, t_2, t_3, \dots t_n$

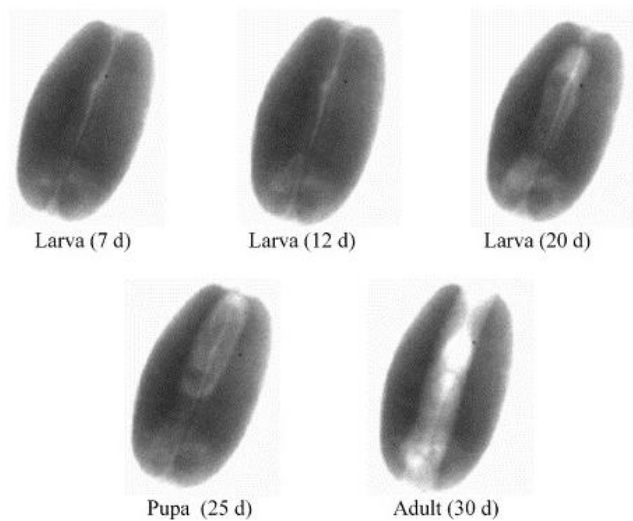
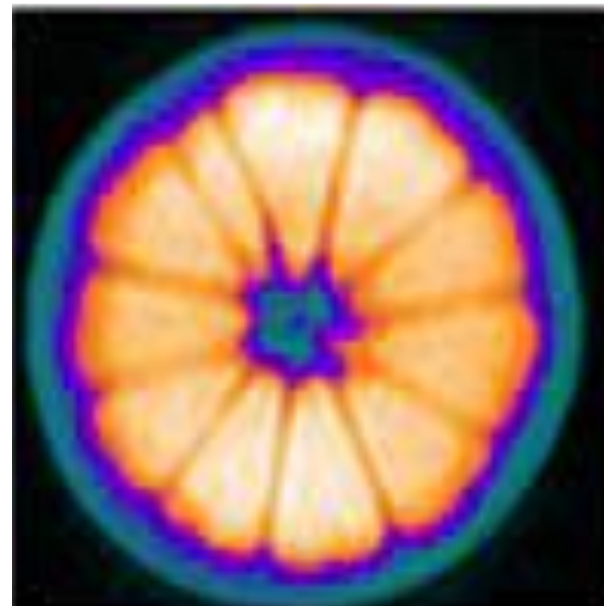


Fig. 1.
X-ray images of the same wheat kernel infested by different life stages of *R. dominica*.

X射线图像



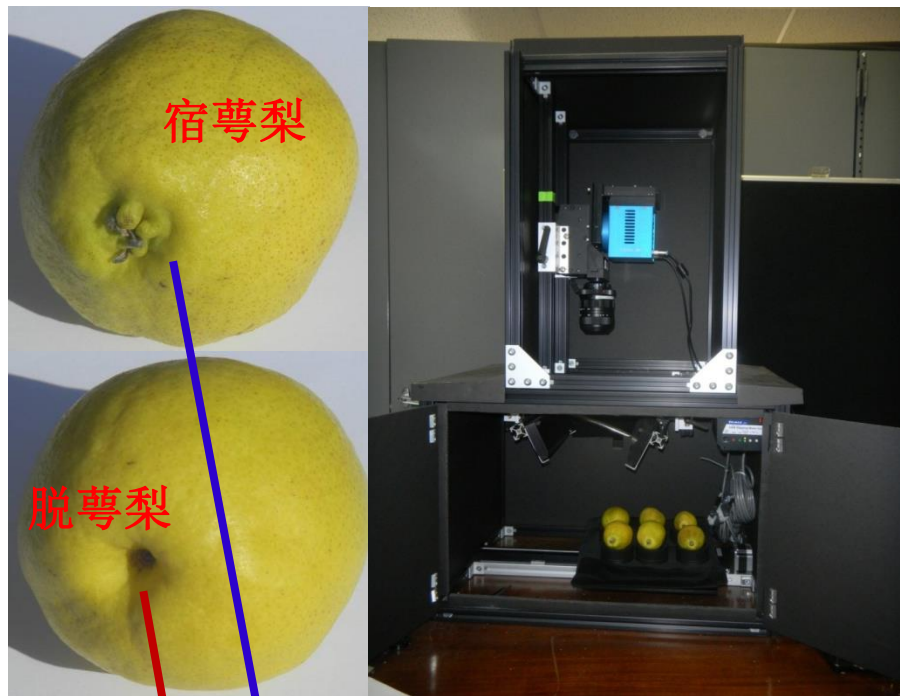
核磁共振图像



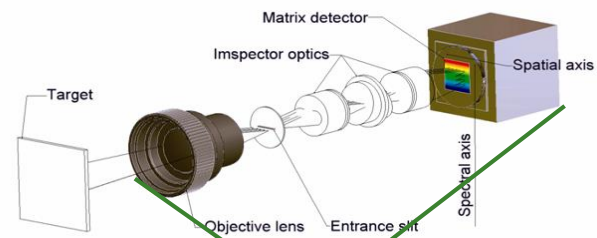
可见光图像



热像

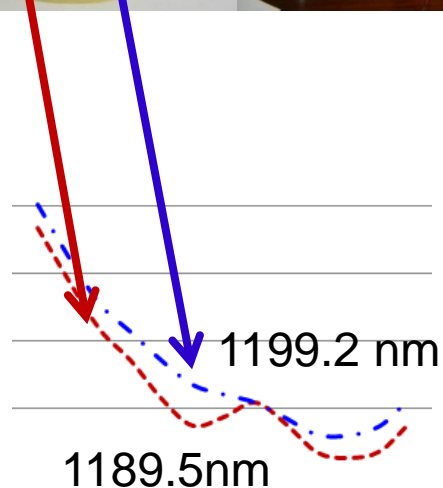


BIL (波段按行交叉格式)

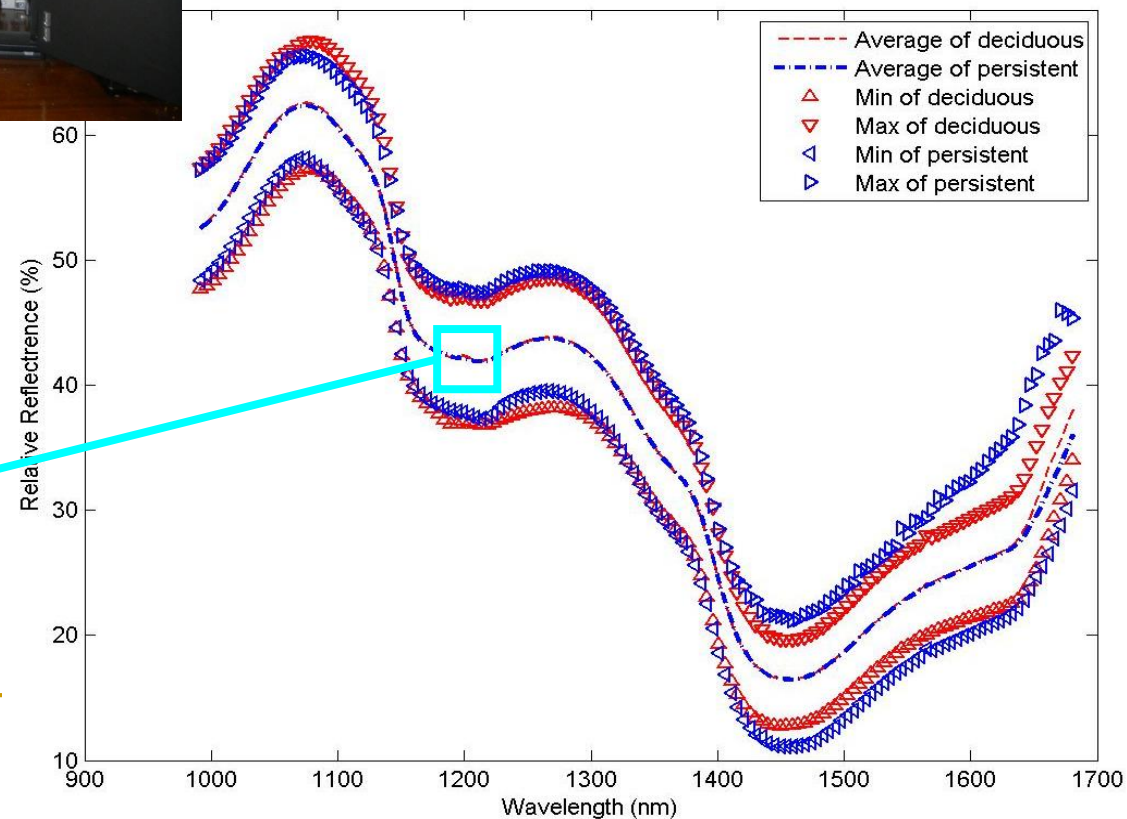


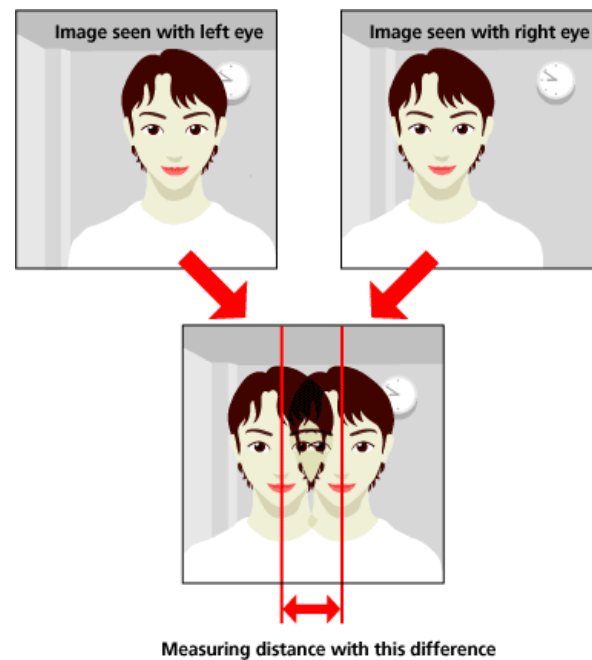
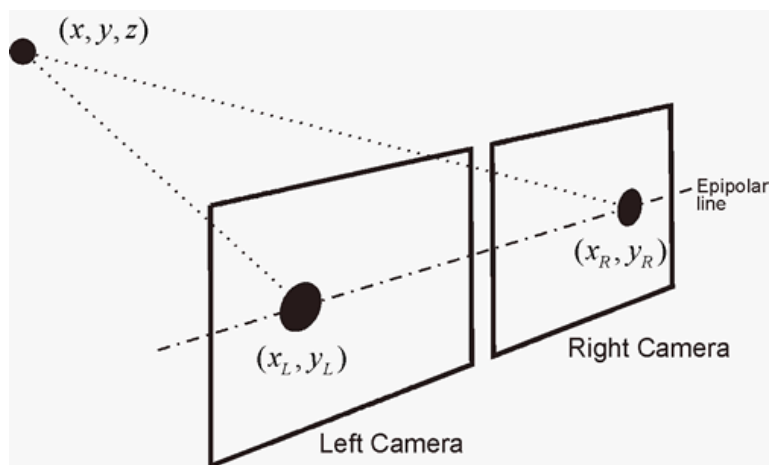
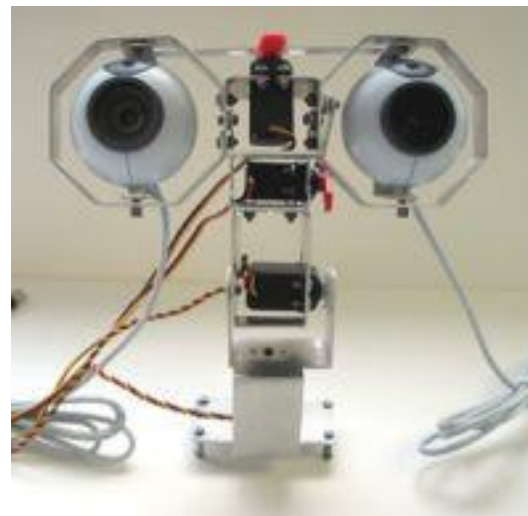
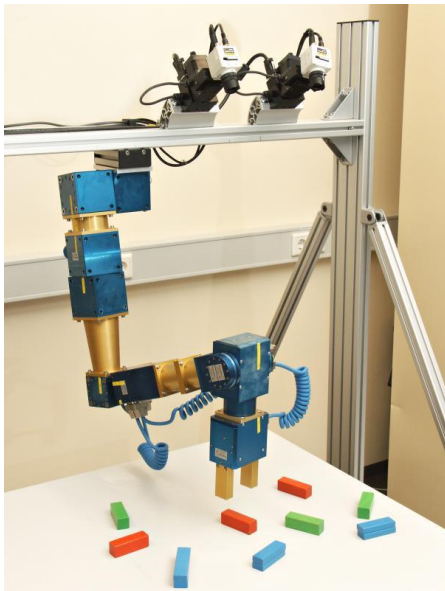
光谱相机 = 镜头 + 光谱仪 + 相机

基于成像光谱仪的光谱成像系统



高光谱成像





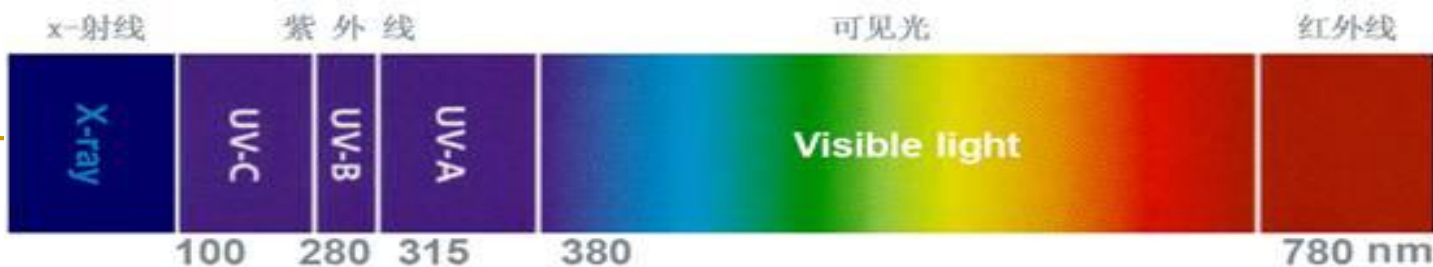
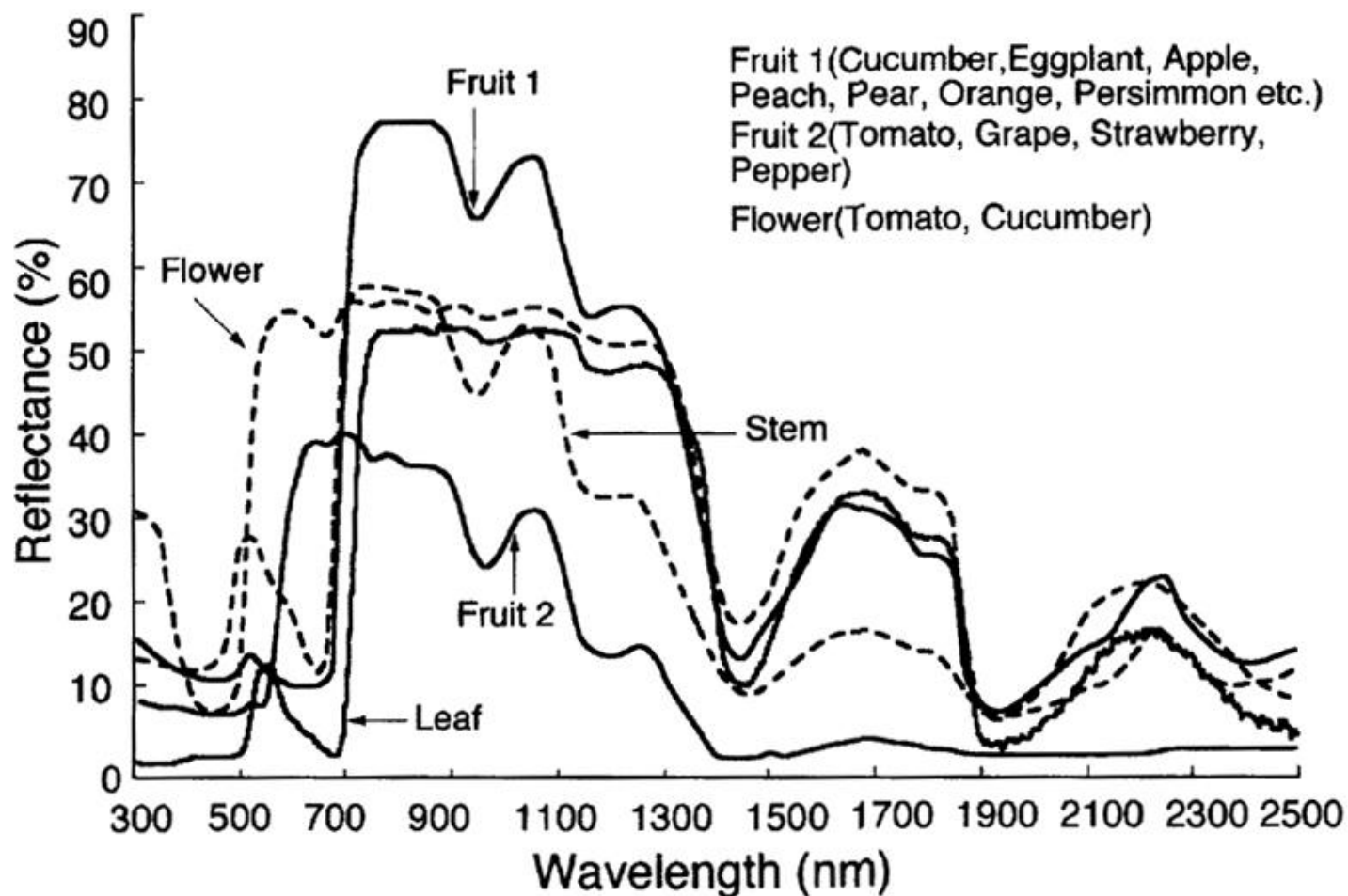
立体图像stereo vision

二、图像信息:

- 照明使得被测物体的基本特征可见，在摄像机传感器上能得到清晰的图像。因此，我们需考虑光源与被测物间的相互作用。
- 光是一定范围内的电磁辐射。

Range	Name	Abbreviation	Wavelength λ
Ultraviolet	Vacuum UV	UV-C	100nm–200nm
	Far UV		200nm–280nm
	Middle UV	UV-B	280nm–315nm
	Near UV	UV-A	315nm–380nm
Visible	Blue-purple		380nm–430nm
	Blue		430nm–480nm
	Green-blue		480nm–490nm
	Blue-green		490nm–510nm
	Green		510nm–530nm
	Yellow-green		530nm–570nm
	Yellow		570nm–580nm
	Orange		580nm–600nm
	Red		600nm–720nm
	Red-purple		720nm–780nm
Infrared	Near IR	IR-A	780nm–1.4 μ m
		IR-B	1.4 μ m–3 μ m
	Middle IR	IR-C	3 μ m–50 μ m
	Far IR		50 μ m–1mm

二、图像信息:



二、图像信息:

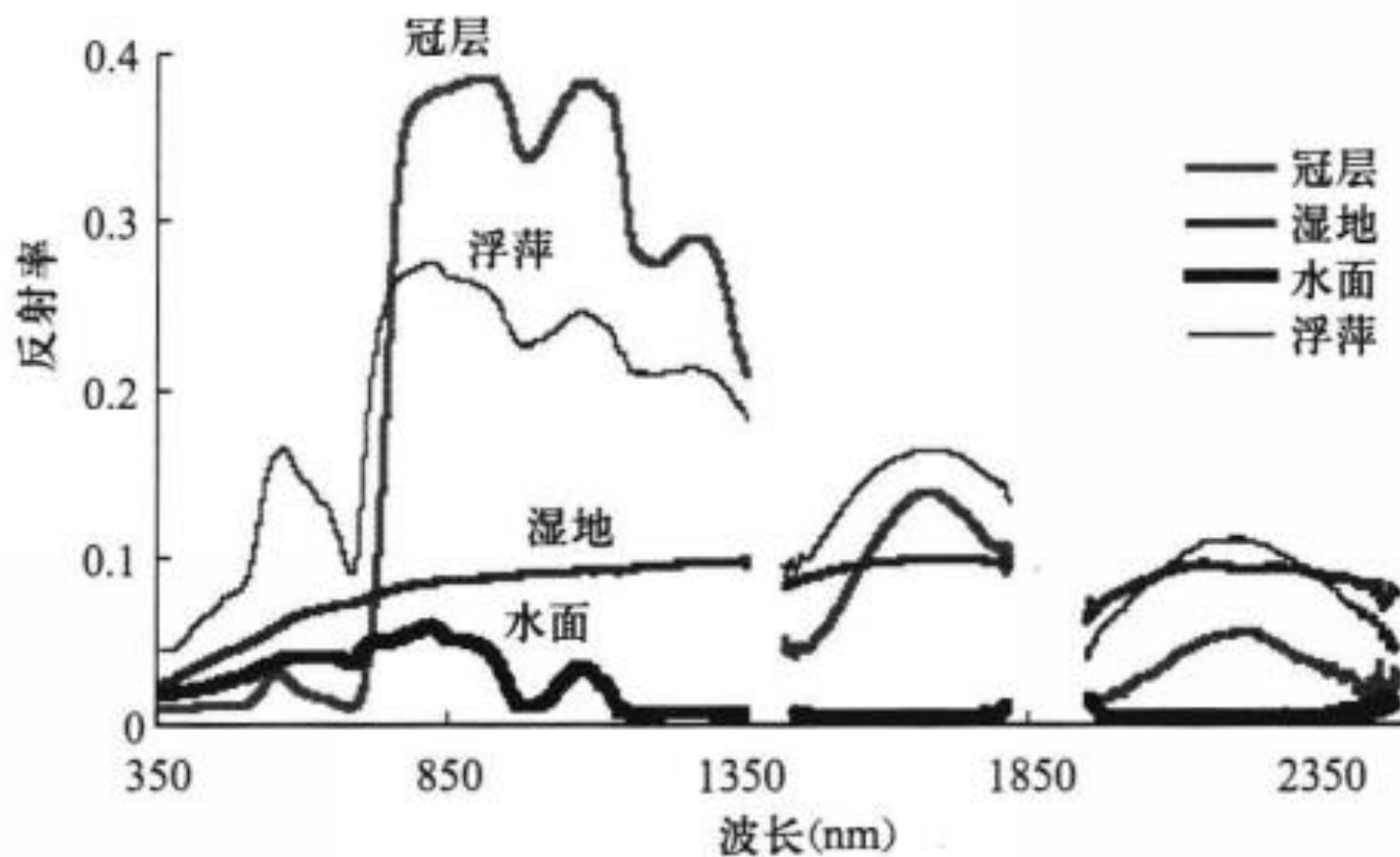
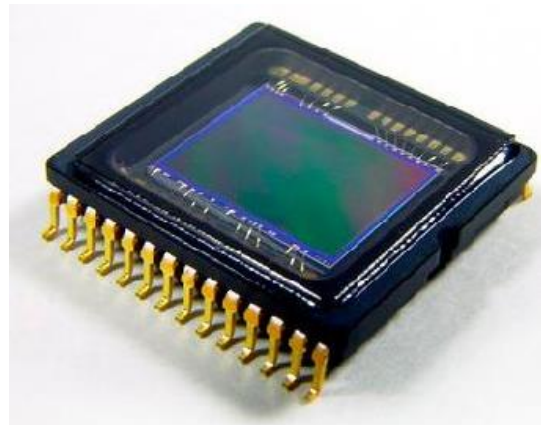
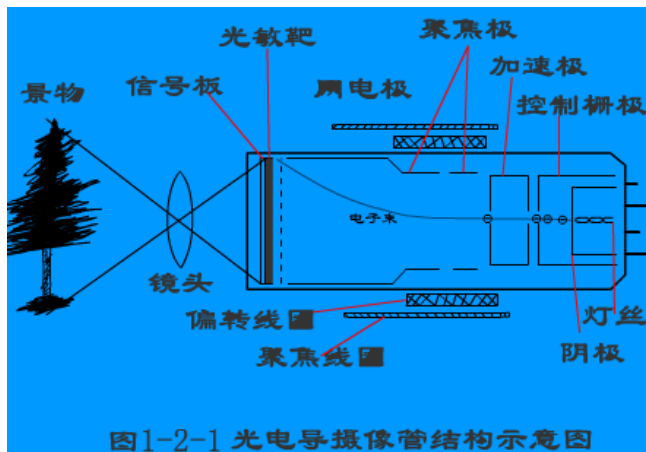


图 5-1 水稻冠层、湿地、水面及浮萍的光谱比较

(引自唐延林, 2004)

二、图像信息：

(1) 传感器将图像转换为模拟或数字视频信号。



(2) 用数学方法描述图像信息时，一幅图像可以被看成是空间各个坐标点上强度的集合： $I=f(x,y,z,\lambda,t)$

其中 (x, y, z) 是空间坐标, λ 是波长, t 是时间, I 是图像的强度。

(3) 对于静止的、平面的、单色的图像,其数学表达式可简化： $I=f(x,y)$

传感器上得到的图像一般都是由物体反射的光组成的。 $f(x, y)$ 可以看成由两个分量组成，一个是我们所看到的景物上的入射光量，另一分量是景物中被物体反射的光量，它们可分别被称为照射分量和反射分量。如果用 $i(x, y)$ 表示照射分量，用 $r(x, y)$ 表示反射分量，则：

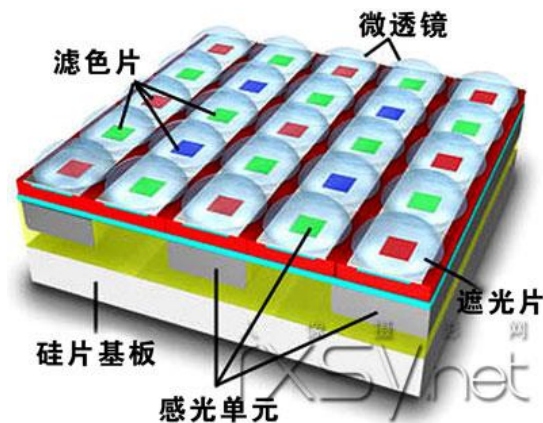
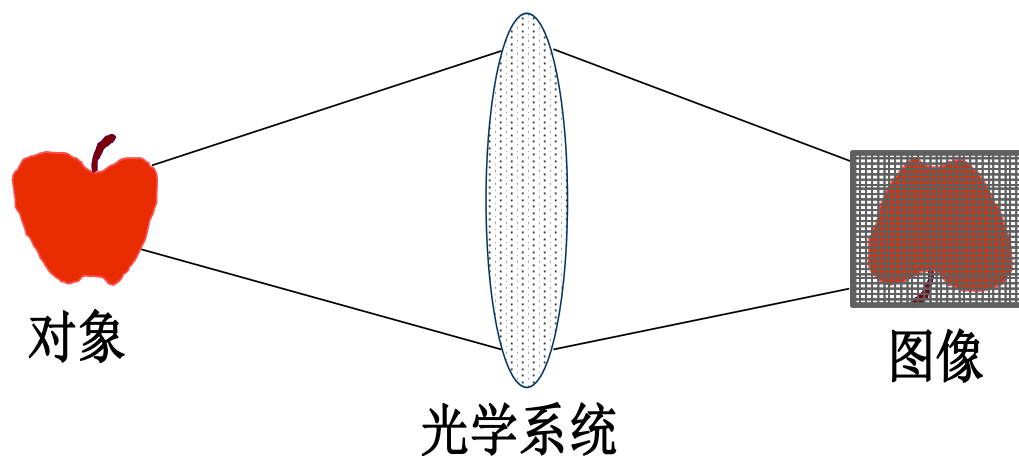
$$I=f(x,y)=i(x,y) \cdot r(x,y) \text{ 其中: } 0<i(x,y)<\infty ; 0<r(x,y)<1$$

$i(x, y)$ 的单位用照度来度量，即 lm/m^2 (流明/米²)或 lx (勒克司)

$r(x, y)$ 是反射系数

$r(x, y)=0$:全吸收 (绝对黑体), $r(x, y)=1$:全反射。这里 $i(x, y)$ 由光源的性质来确定，而 $r(x, y)$ 则取决于景物中的物体。

三、数字图像的形成：



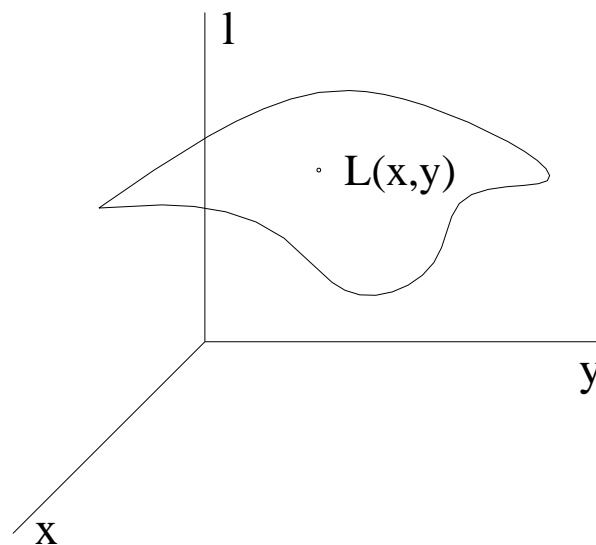
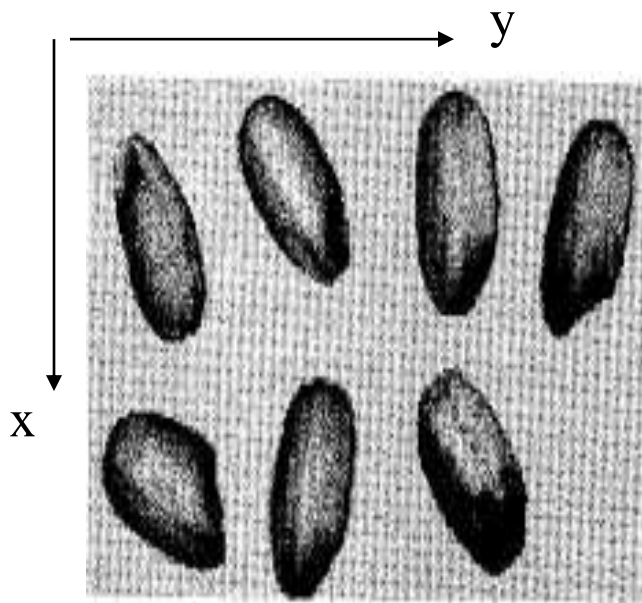
被测对象在一定的光照条件下，经过光学系统的映射到图像传感器，由图像传感器转换成电压信号，该信号数字化后就成为数字图像。

1、图像的数字化:

模拟图像就是灰度在 xy 平面上的集合;

一幅模拟图像可以用数学函数式来表达: $I(x, y)$

I 表示在 (x, y) 点处的亮度(或灰度:Gray)。

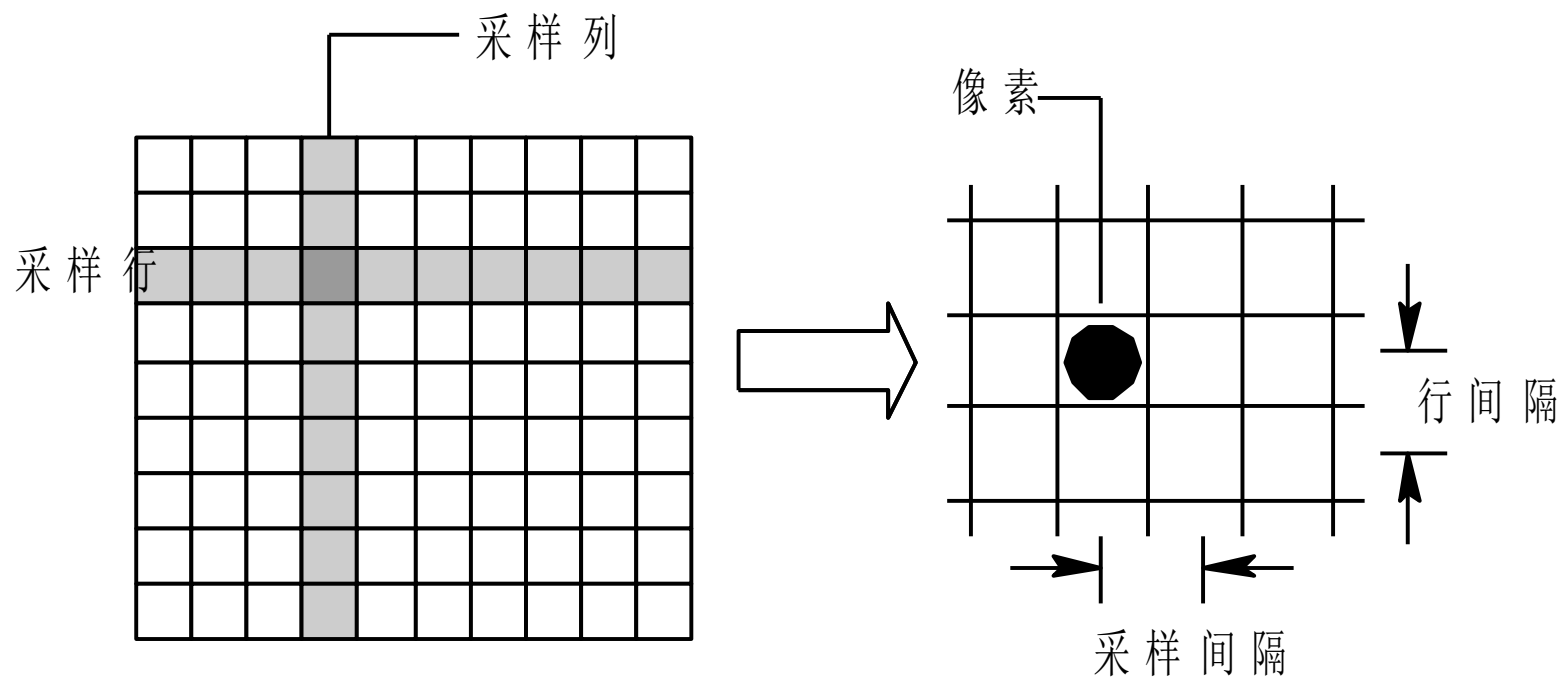


2、抽样(采样):

抽样: 指将连续的图像分割成离散的点(像素)的集合;

分割方法: 正方形点阵法

- a、将离散后的纵、横坐标轴分别用 i 、 j 来表示;
- b、纵横分割线上的交点即为像素;
- c、某像素的位置可用离散坐标 (i, j) 来表示;
- d、图像的大小(图像分辨率)即像素的多少, $M \times N$ 。



采样示意图

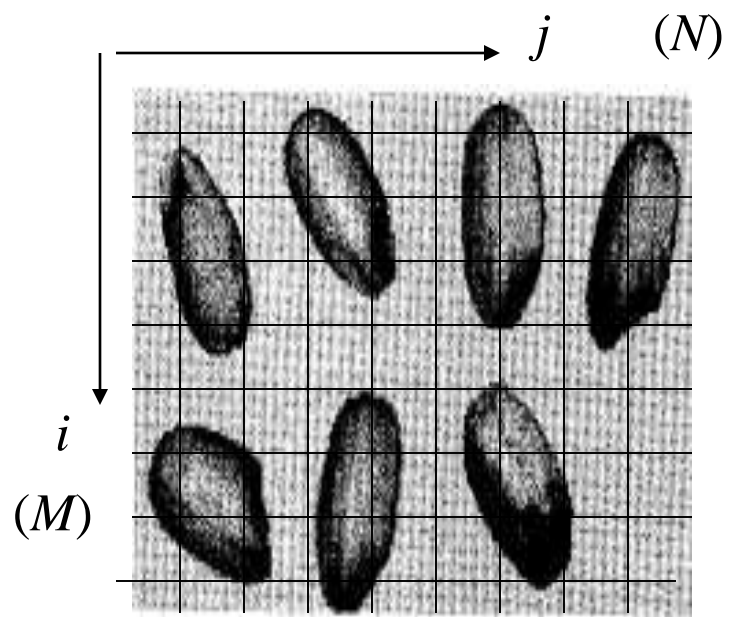
3、量化：

经抽样后的图像还不是数字图像，因为像素上灰度值仍是一个连续量，因而还必须经过量化。

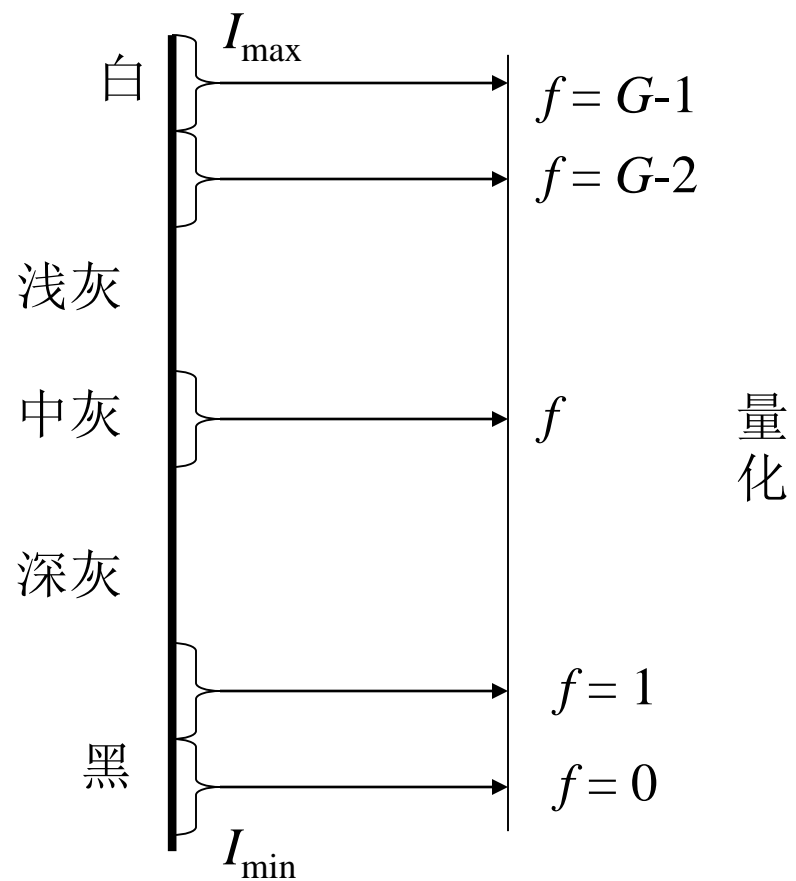
量化：灰度值离散化，使之由连续量转换为离散的**整数值**。

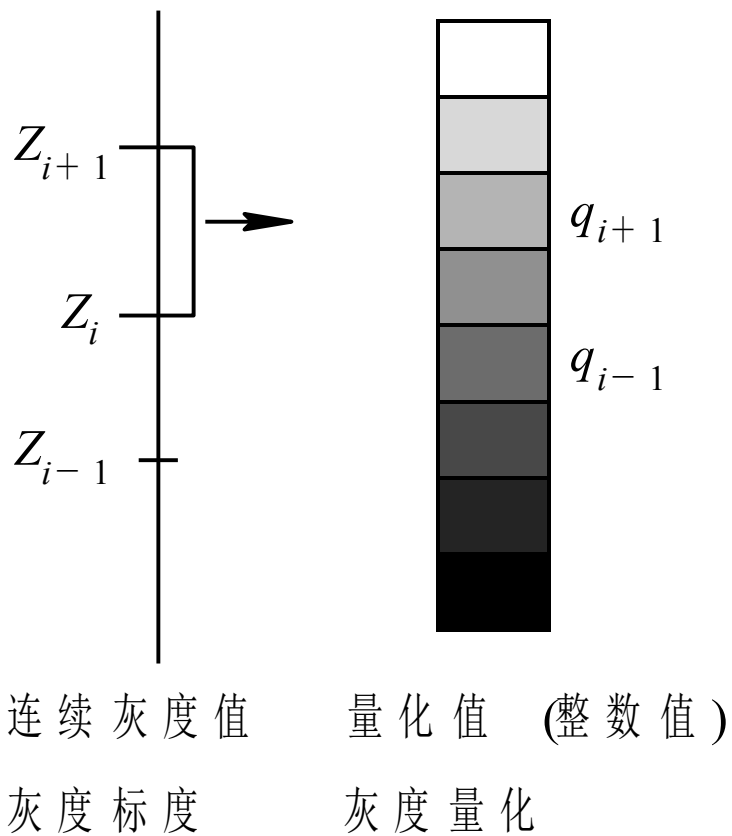
量化方法：非均匀量化和 均匀量化。

均匀量化：指将图像上的灰度范围 $[I_{\min}, I_{\max}]$ 分成 G 个等间隔； G 为灰度的分割级数或量化级数； $G=2^k$ (k 为比特数, $k=8 \rightarrow 8$ 位图像)；而每一间隔内的灰度值 I 都用相应的灰度级 F (简称灰度)来代替。

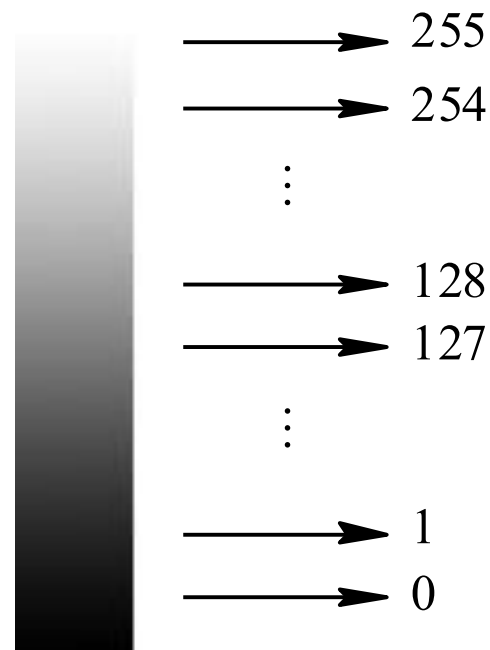


抽样





(a)



(b)

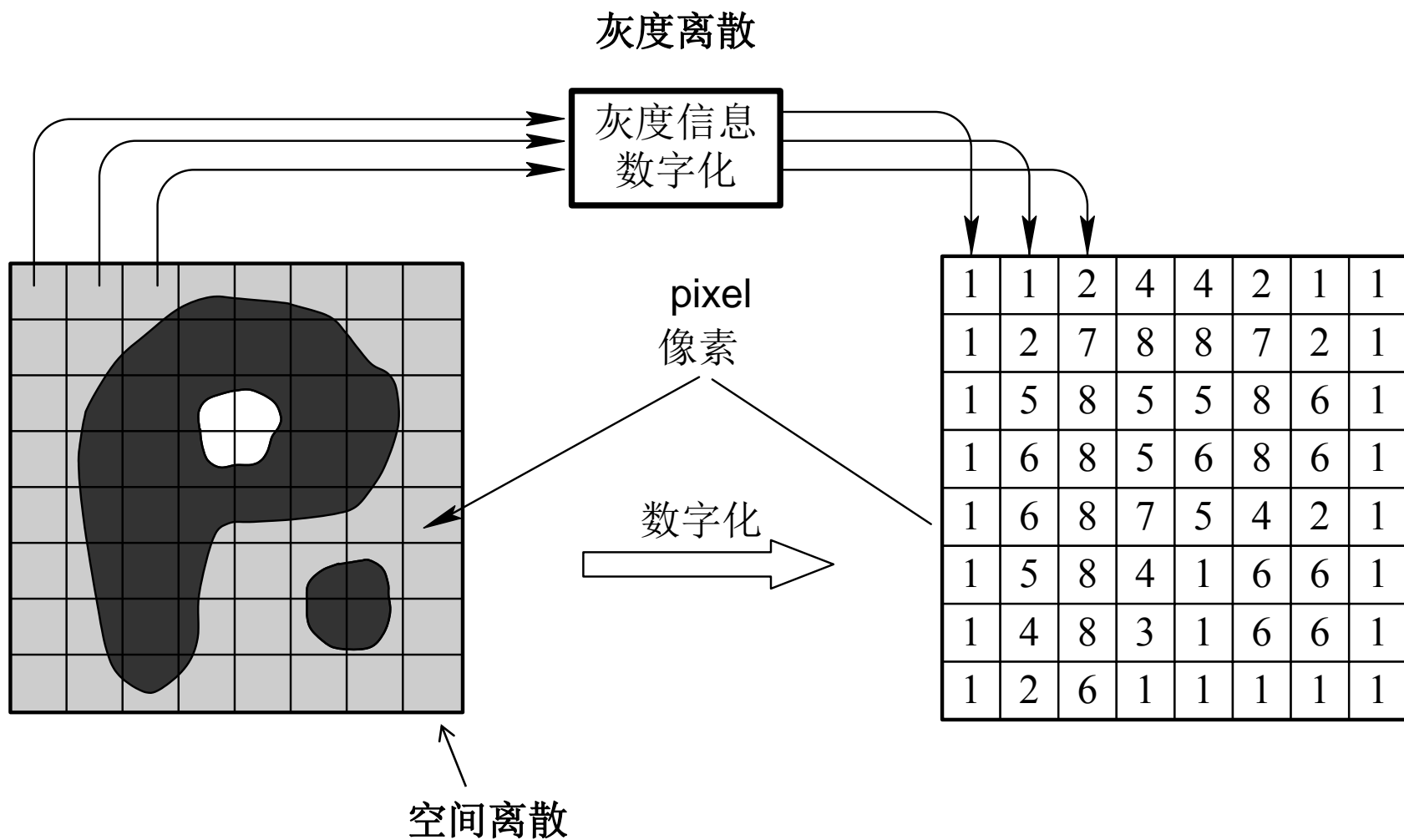
量化示意图

(a) 量化 (b) 量化为8 bit

4、数字图像 F ：(经抽样并量化得到)

$$F = \begin{bmatrix} f_{1,1} & f_{1,2} & \dots & f_{1,j} & \dots & f_{1,N} \\ f_{2,1} & f_{2,2} & \dots & & \dots & \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f_{i,1} & \dots & f_{i,j} & \dots & f_{j,N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ f_{M,1} & f_{M,2} & \dots & f_{M,j} & \dots & f_{M,N} \end{bmatrix} = [f_{i,j}]_{M \times N}$$

图像二维离散灰度矩阵只是图像的一种表示方法；另一种表示方法是图像的频谱表示法。



图像数字化是将连续色调的模拟图像经采样量化后转换成数字影像的过程。

5、数字图像的质量:

离散后的数字图像与模拟图像相比, 将失去不少信息, 其近似程度取决于 M 、 N 、 G 。

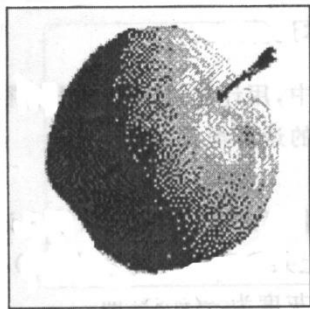
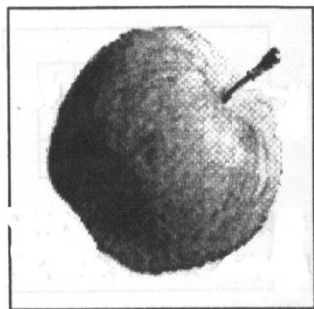
(1) 像素数 $M \times N$: 随 $M \times N$ 值的增大, 图像上像素越多, 像素间的离散性不易被察觉, 图像很细腻;

(2) 量化级数 G : 图像中细微的灰度变化就为消失, 产生不自然的灰度突变, 图像变得粗放;

(3) 选择合理的 M 、 N 、 G (或 k):

参数 M 、 N 、 k 还决定了图像在计算机中的存储容量及对其进行处理所需的时间。

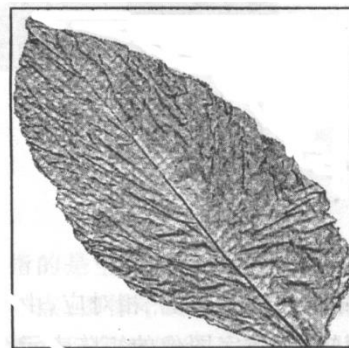
如取 $M=N=2^{10}=1024$, 则 $M \times N=1024 \times 1024 \approx 10^6$ 个像素,
 $G=2^K=2^8=256$ (每个像素有256种灰度取值, 即一个像素占用8位
(bit)=1 Byte, 则这幅图像需占用 10^6 个字节, 即1M空间。



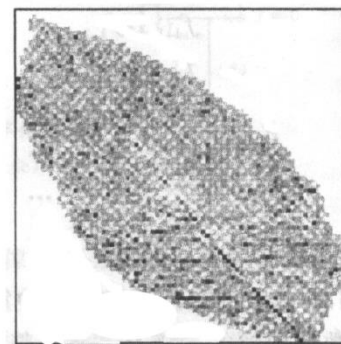
量化级数 G 与图像质量的关系

(a) $G=256$

(b) $G=16$

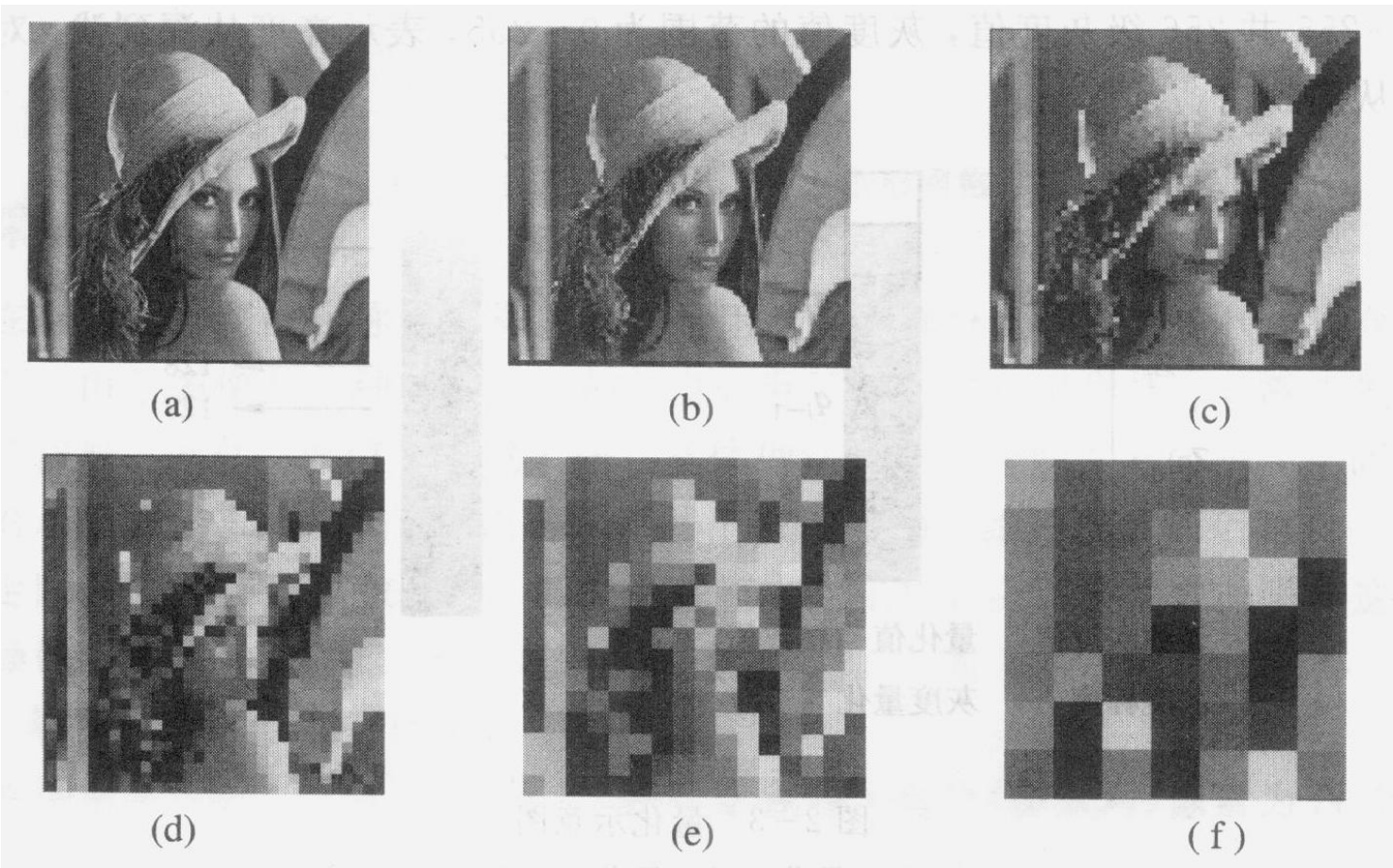


(a)



(b)

(a) $M \times N=512 \times 512$ (b) $M \times N=64 \times 64$



不同采样点数对图像质量的影响

(a)原始图像(256×256) (b)采样图像1(128×128) (c) 采样图像2(64×64)
(d)采样图像3(32×32) (e)采样图像4(16×16) (f) 采样图像5(8×8)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

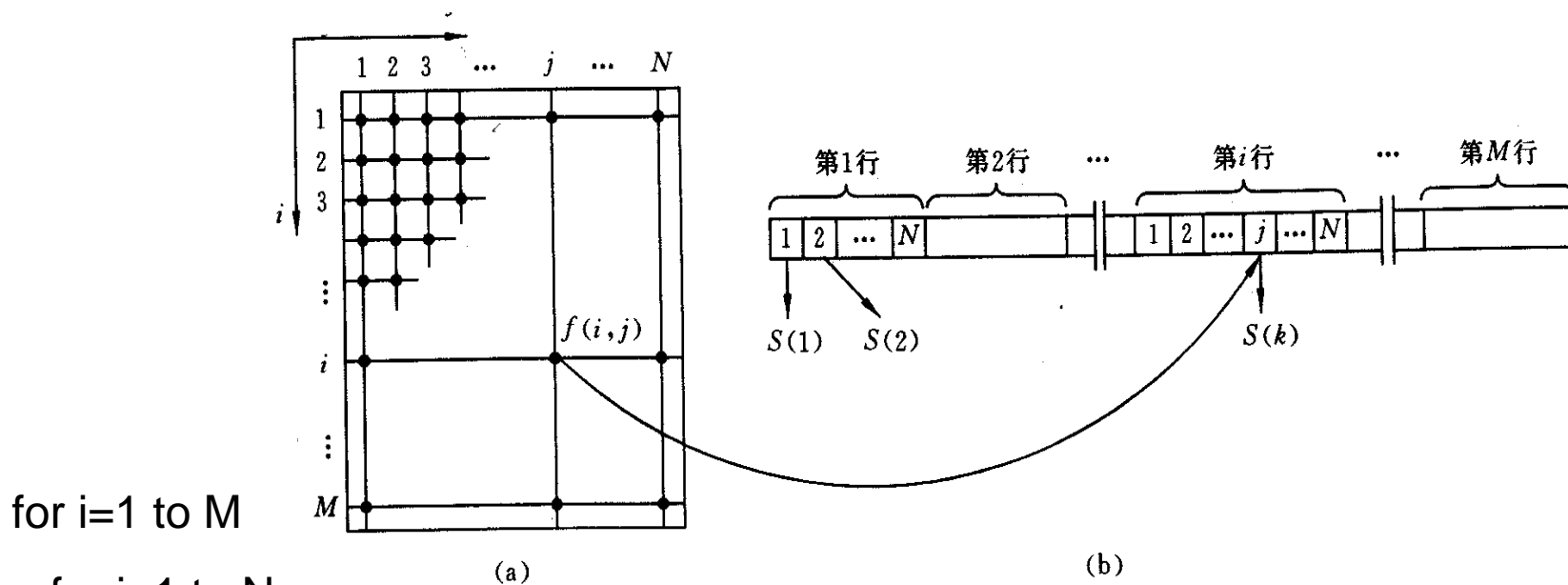
不同量化级别对图像质量的影响

(a) 原始图像(256级) (b) 量化图像1(64级) (c) 量化图像2(32级)
(d) 量化图像3(16级) (e) 量化图像4(4级) (f) 量化图像5(2级,二值图像)

§ 1-2 数字图像的基本结构:

一、数组结构:

二维数组、一维数组、轮廓点坐标序列结构



for i=1 to M

for j=1 to N

{对 $f(i, j)$ 进行处理运算}

next j

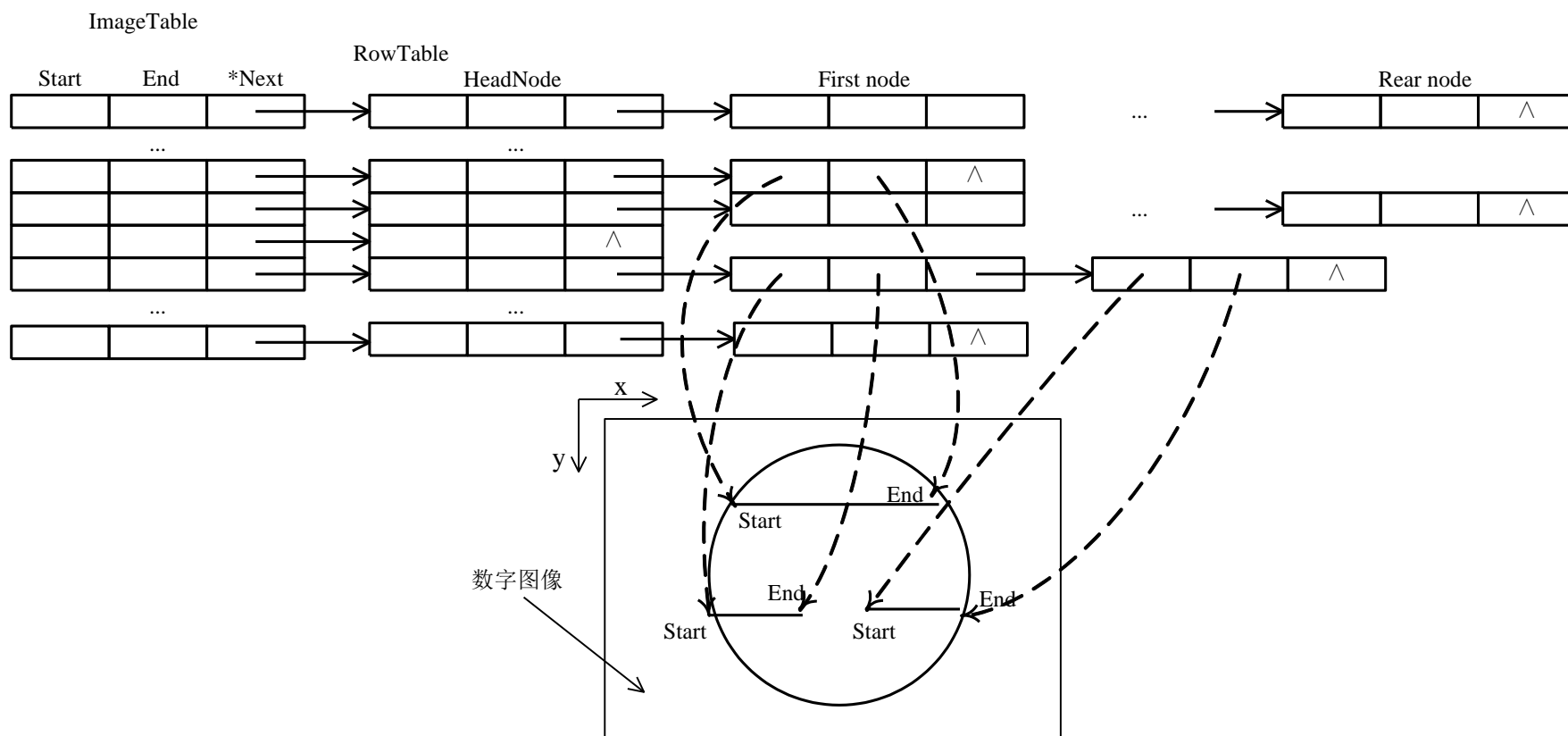
next i

图 数组结构

(a) 二维数组结构; (b) 一维数组结构

§ 1-2 数字图像的基本结构:

数字图像的线段描述方法



轮廓点坐标序列结构

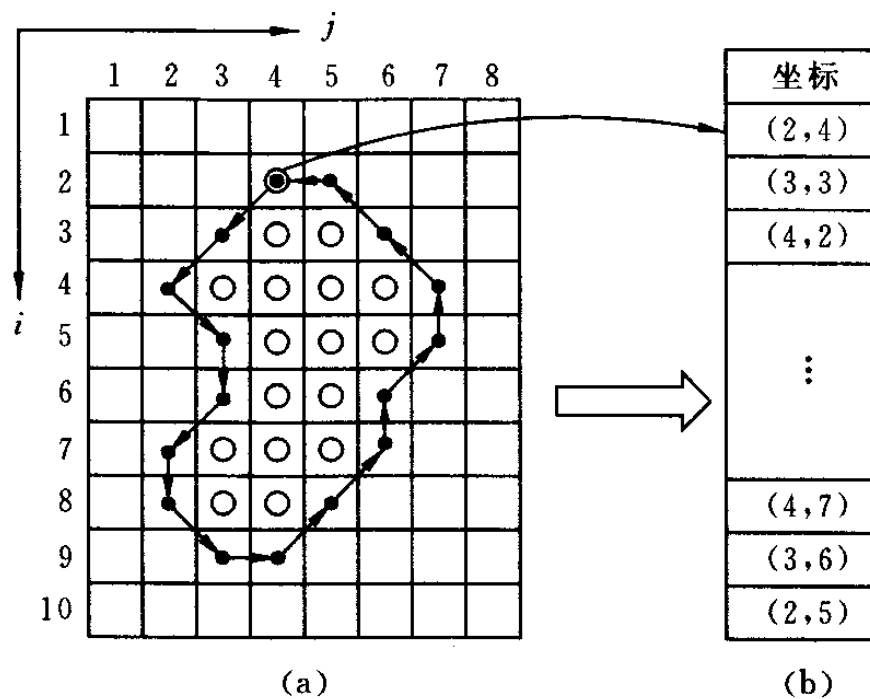


图 二值图像的轮廓点坐标序列结构

(a) 二值图像；(b) 轮廓点坐标序列

○ — 灰度为1的像素； ● — 灰度为1的轮廓点； ⊙ — 轮廓起始点；其他是灰度为0的像素

二、分层结构(金字塔结构)：

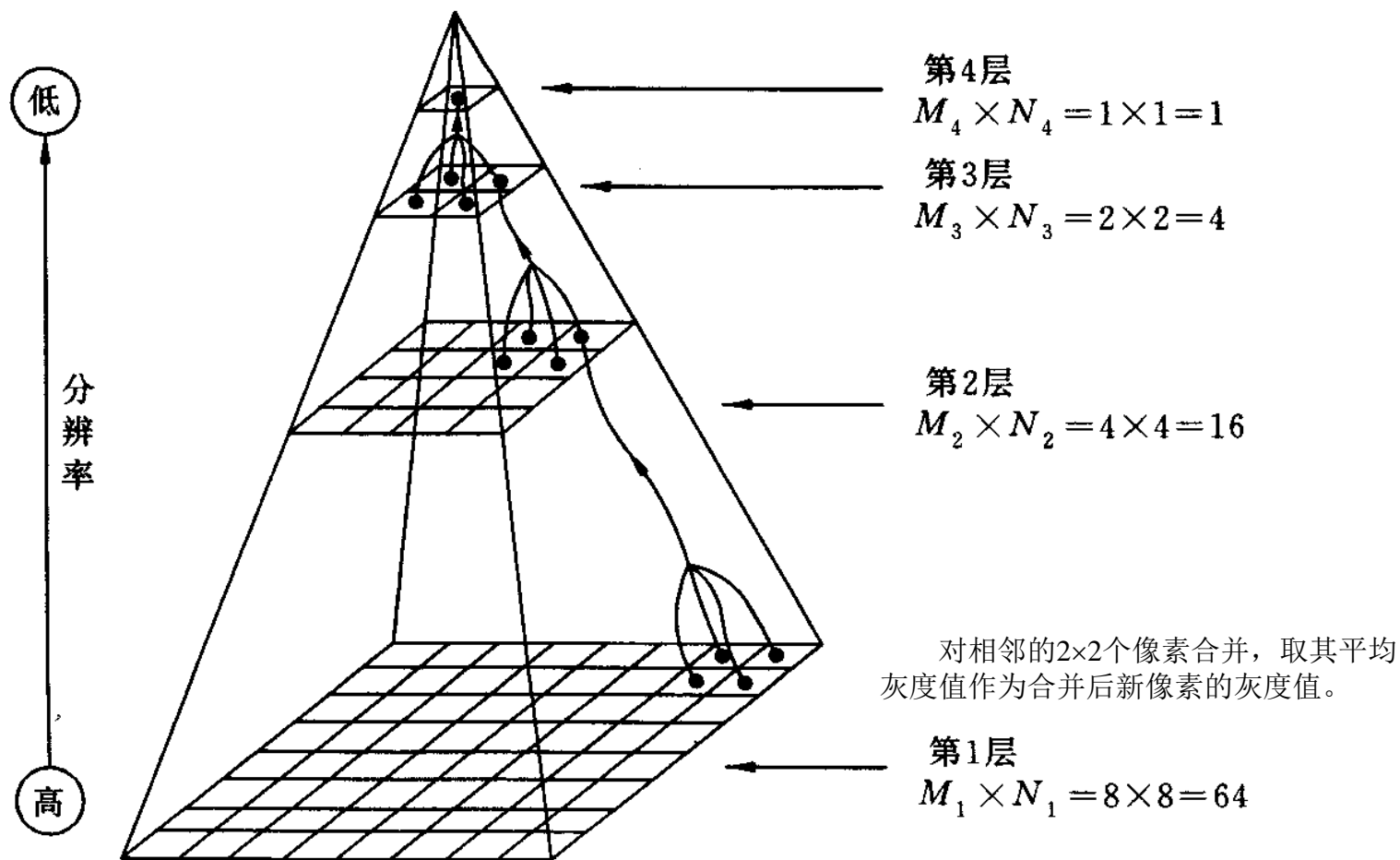
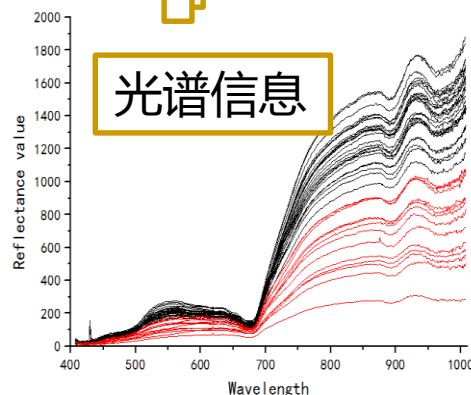
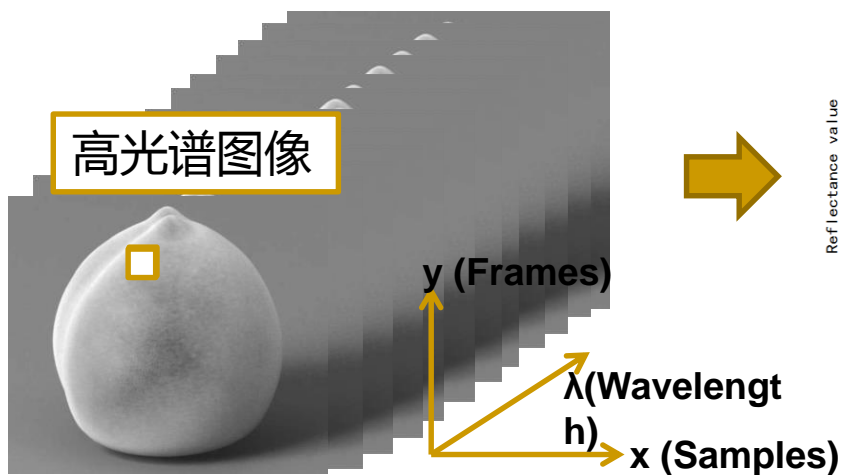
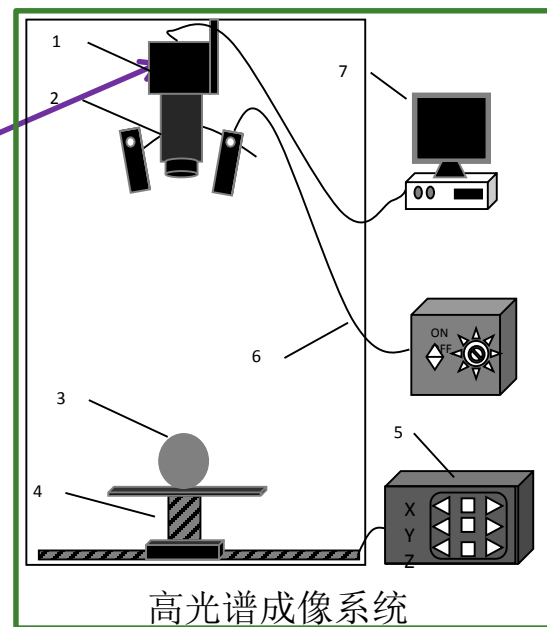
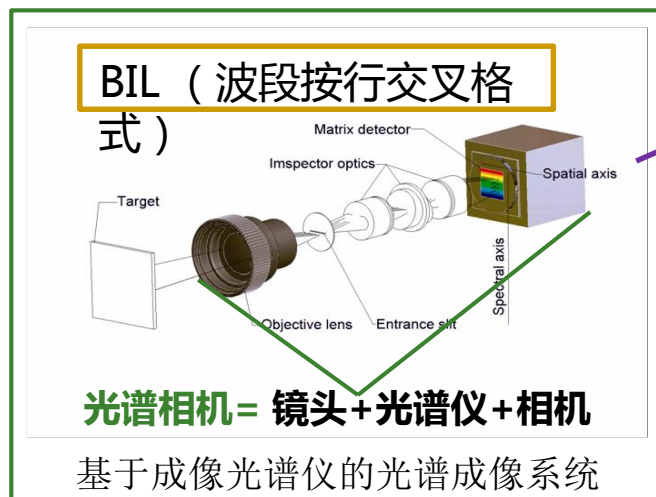


图 金字塔结构

三、多波段图像



图像信息

高光谱成像

四、彩色图像

RGB(三分量)，每个分量有**256**种取值，即一个分量占用**8位(bit)=1Byte**

11110110

10111110

10110110



B

G

R

$R = (c \text{ And } \&\text{HFF})$

$G = (c \text{ And } 65280) \backslash 256$

$B = (c \text{ And } \&\text{HFF0000}) \backslash 65536$

11111111

二进制**8**位

256 HFF

11111111 0000 0000 0000 0000

在灰度图像中：**R=G=B**

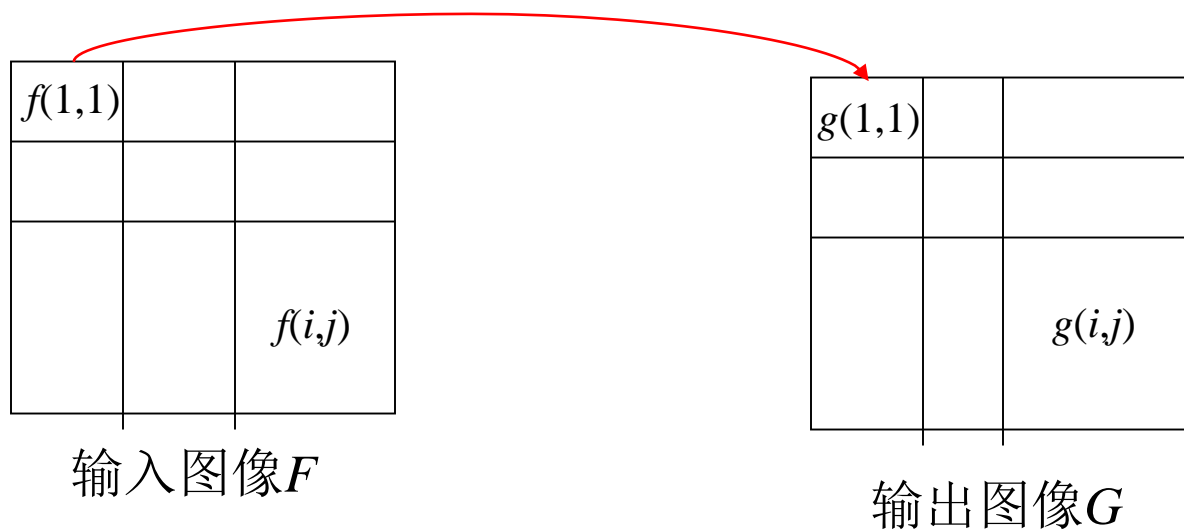
彩色图像转换成灰度图像的方法

§ 1-3 数字图像处理的主要方法及主要内容:

(一) 数字图像处理的基本方法

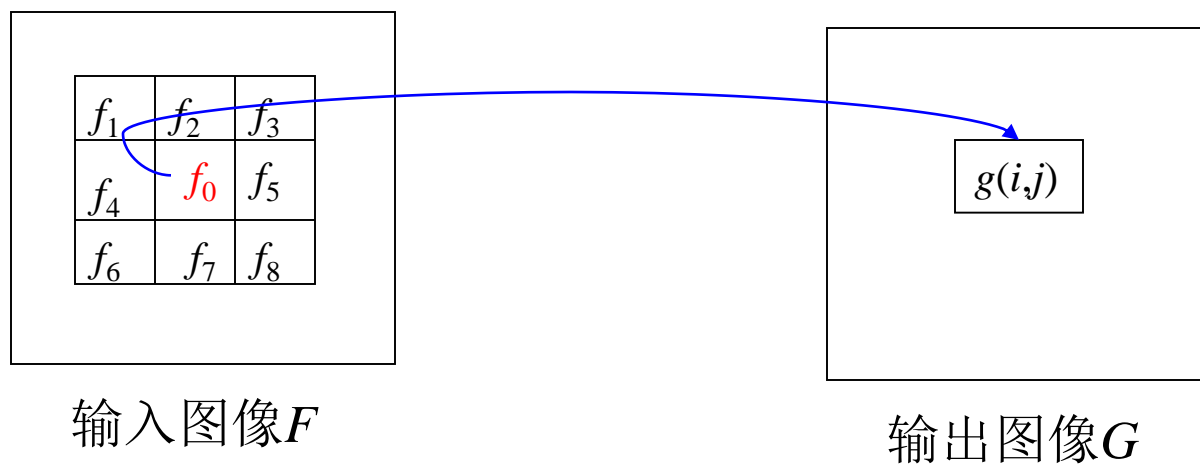
1. 空域法: (把图像看作是平面中各个像素组成的集合)

(1) 点运算: 在图像处理中, 只输入该像素本身的灰度的运算方式。



$$G(i, j) = p(f(i, j))$$

(2) 邻域运算：在图像处理中，不仅输入该像素 f_0 本身的灰度，还要以该像素 f_0 为中心的某局部邻域中的一些像素的灰度进行运算的方式。



如 $g_0 = (f_0 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 + f_6 + f_7 + f_8) / 9$

(3) 并行运算:

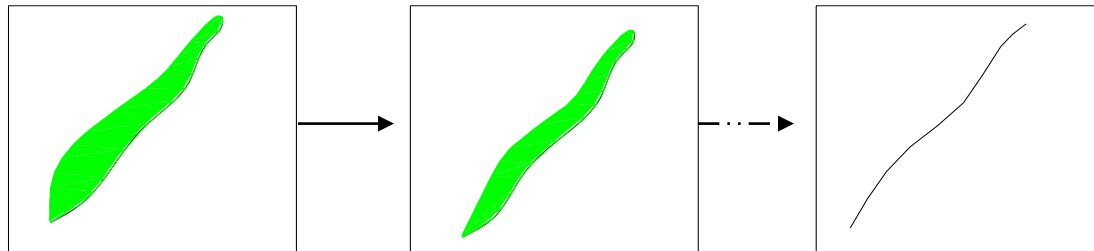
对图像上各像素同时进行相同处理的运算方式。

(只适用处理结果与处理的顺序无关的场合, 如点运算, RGB→HSI)

(4) 串行运算:

按照规定的顺序逐个对像素进行处理的运算方式。

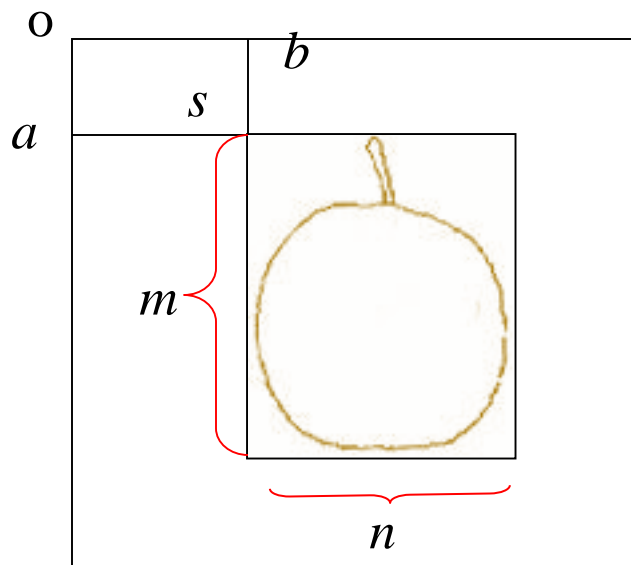
(5) 迭代运算: 反复多次进行相同的处理的运算方式。



迭代运算用于黄瓜的细化过程

(6) 窗口运算:

指对图像上特定的矩形区域内进行某种运算的形式。



窗口运算

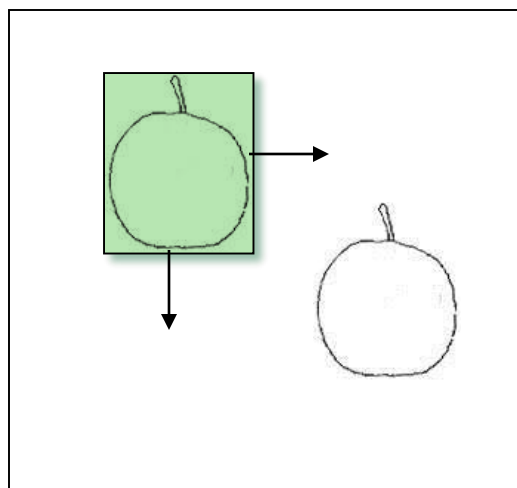
矩形位置大小的确定:

(1)、左上角顶点 s 的坐标 (a, b)

(2)、行数 m 和列数 n

(7) 模板运算:

对图像中特定形状的区域进行某种运算的方式。而模板常常是与图像中存在的对象物有相同特征的一个局部的子图像。



图像



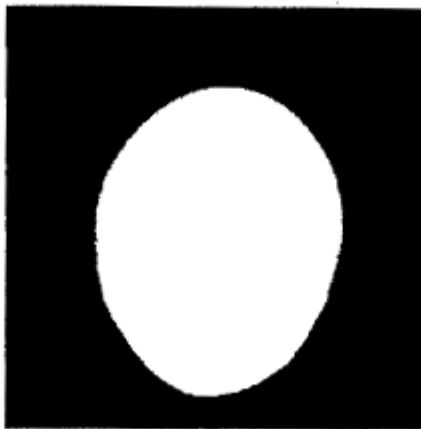
模板

(8) 帧运算:

- 通常一幅完整的图像被称为一帧;
- 帧运算: 指在两幅或多幅图像之间进行运算产生一幅新图像的处理过程。
- 方法: 逻辑运算和算术运算



(a)



(b)



(c)

§ 1-4 数字图像处理的主要研究内容

不管图像处理是何种目的，都需要用计算机图像处理系统对图像数据进行输入、加工和输出，因此数字图像处理研究的内容主要有以下内容：

1. 图像获取、表示和表现

(Image Acquisition, Representation and Presentation)

该过程主要是把模拟图像信号转化为计算机所能接受的数字形式，并把数字图像显示和表现出来，主要包括摄取图像、光电转换及数字化等几个步骤。

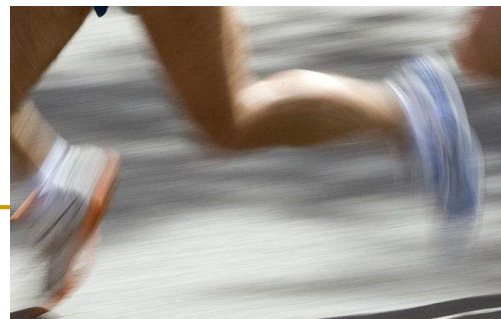
2. 图像增强（Image Enhancement）

图像增强是对图像质量在一般意义上的改善。图像增强技术是用于改善图像视感质量所采取的一种方法。可以把增强理解为增强感兴趣特征的可检测性。

减弱噪声、改善对比度、修正变形、消除模糊等

3.图像恢复（Image Restoration）

图像恢复是通过计算机处理，对质量下降的图像加以重建或恢复的处理过程。因摄像机与物体相对运动、系统误差、畸变、噪声等因素的影响，使图像往往不是真实景物的完善映像。在图像恢复中，需建立造成**图像质量下降**的退化模型，然后运用相反过程来恢复原来图像，并运用一定准则来判定是否得到图像的最佳恢复。在遥感图像处理中，为消除遥感图像的失真、畸变，恢复目标的反射波谱特性和正确的几何位置，通常需要对图像进行恢复处理，包括辐射校正、大气校正、条带噪声消除、几何校正等内容。



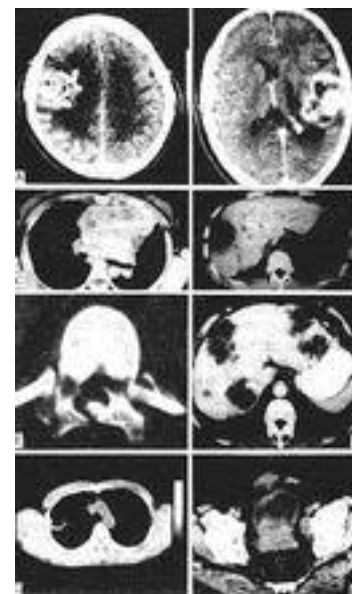
4.图像编码（Image Restoration）

图像编码也称图像压缩，是指在满足一定质量（信噪比的要求或主观评价得分）的条件下，以较少字节数表示图像或图像中所包含信息的技术。

如：H264、MPEG

5.图像重建

通过物体外部测量的数据，经数字处理获得三维物体的形状信息的技术。图像重建技术开始是在放射医疗设备中应用，显示人体各部分的图像，即计算机断层摄影技术，（简称CT,Computed Tomography），后逐渐在许多领域获得应用。主要有投影重建、明暗恢复形状、立体视觉重建和激光测距重建。



6.图像分析

图像处理应用的目标几乎均涉及到图像分析，即对图像中的不同对象进行分割、特征提取和表示，从而有利于计算机对图像进行分类、识别和理解。

* **图像的识别**：指利用提取的图像特征对事物进行分类处理；

* **图像的理解**：指利用图像信息实现模拟人的视觉系统理解客观事物；

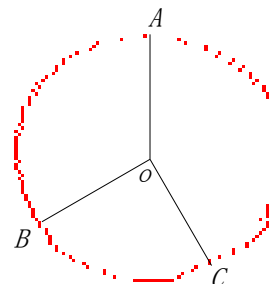
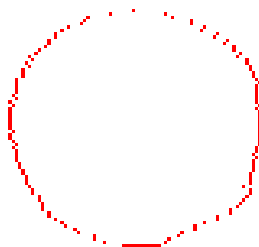
在工业产品零件无缺陷且正确装配检测中，图像分析是对图像中的像素转化成“合格”或“不合格”的判定。在有的应用中，如医学图像处理，不仅要检测出物体（如肿瘤）的存在，而且还要检查物体的大小。



7. 图像分割与特征提取

把图像分成区域的过程就是图像分割。图像中通常包含多个对象，例如，一幅医学图像中显示出正常的或有病变的各种器官和组织。图像处理为达到识别和理解的目的，几乎都必须按照一定的规则将图像分割成区域，每个区域代表被成像的一个物体（或部分）。图像自动分割是图像处理中最困难的问题之一。

图像特征的提取：即提取一些能表征对象物的图像特征(如线、边缘、区域、形状、颜色、纹理等)

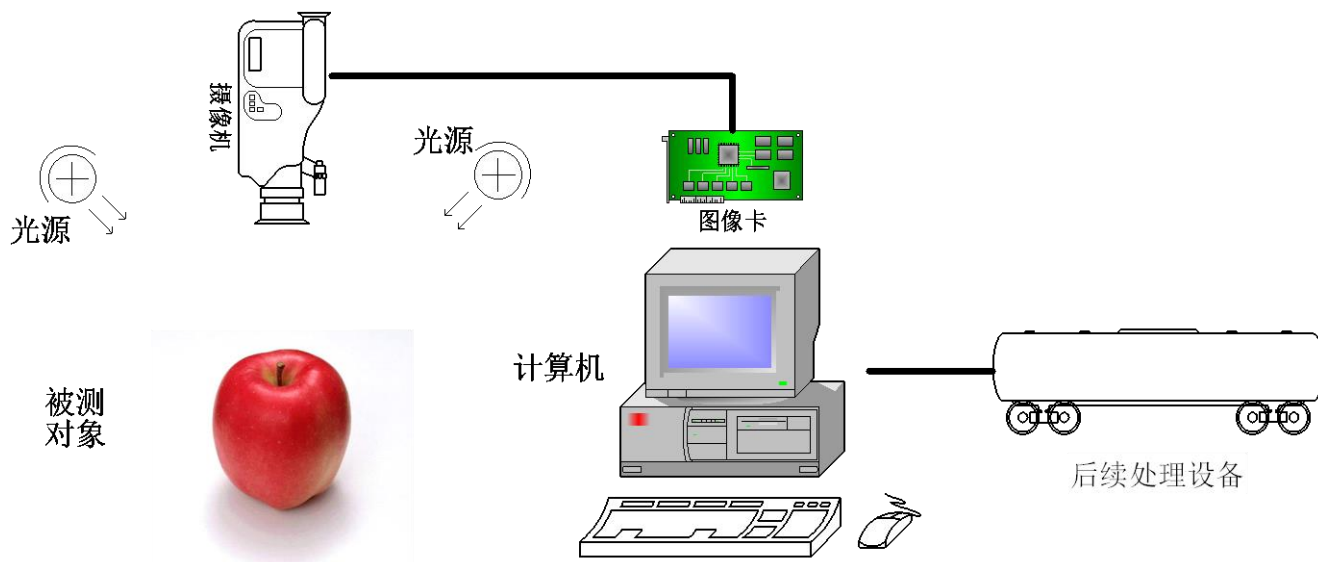


8.图像隐藏

图像隐藏技术是基于技术和数字图像的信息隐藏技术,其目的是以数字图像为载体,将秘密信息嵌入到可以公开的载体图像之中,形成高质量的、不被人眼所觉察的影子图像,从而逃避非法攻击,并且在提取阶段中,可以提取出足够的秘密信息数据,从而恢复出完整的秘密信息。

§ 1-5 机器视觉技术及其内涵：

一、机器视觉研究的内容：



从机器视觉系统的组成来看，主要有两个方面的内容：

硬件：主要涉及到光照系统、摄像机、图像卡和计算机的选配；

软件：主要是根据被测对象的分光特性和检测要求，选择合适的图像处理算法，抽取对象的图像特征，并采用相应的模式识别方法，建立一定的识别模式，将对象的图像特征与品质指标对应起来。

含义：机器视觉就是用计算机模拟人眼的视觉功能，从图像或图像序列中提取信息，对客观世界的三维景物和物体进行形态和运动识别。

计算机视觉（computer vision）和机器视觉（machine vision）两个术语既有区别又有联系。

计算机视觉是采用图像处理、模式识别、人工智能技术相结合的手段，着重于一幅或多幅图像的**计算机分析**。图像可以由多个或者多个传感器获取，也可以是单个传感器在不同时刻获取的图像序列。分析师对目标物体的识别，确定目标物体的位置和姿态，对三维景物进行符号描述和解释。在计算机视觉研究中，经常使用几何模型、复杂的知识表达，采用基于模型的匹配和搜索技术，搜索的策略常使用自底向上、自顶向下、分层和启发式控制策略。

机器视觉则偏重于计算机视觉技术**工程化**，能够自动获取和分析特定的图像，以控制相应的行为。具体的说，计算机视觉为机器视觉提供图像和景物分析的理论及算法基础，机器视觉为计算机视觉的实现提供传感器模型、系统构造和实现手段。因此可以认为，一个机器视觉系统就是一个能自动获取一幅或多幅目标物体图像，对所获取图像的各种特征量进行处理、分析和测量，并对测量结果做出定性分析和定量解释，从而得到有关目标物体的某种认识并作出相应决策的系统。功能包括：物体定位、特征检测、缺陷判断、目标识别、计数和运动跟踪。

二、人类视觉与机器视觉的差异

1、人类视觉系统的局限性：

主观性： 个人经验不足、粗心大意；

局限性： 只能看到物体的表面，不能看到物体的内部结构；

缺乏持久性： 长时间、连续进行相同的人工视觉处理，会感到单调、疲劳、厌倦，以致降低效率、增大误差；

模糊性： 人工视觉系统的图像处理是一种模糊处理，很少能进行定量描述。

2、机器视觉的特点：

- (1) **再现性**：指的是数字图像的处理结果能很好地再现，不存在人类视觉处理的随意性；
- (2) **定量**
- (3) **适应性**：适用于处理各类图像；
- (4) **灵活性**：处理数字图像的方法灵活多样；
- (5) **精度高**：随图像的像素和量化级数 G 的增加而提高；
- (6) **信息量大、但对数据处理带来困难**
- (7) **图像信息处理是人类视觉延续的重要手段**

（可见光、 γ 射线、X射线、紫外线、红外线、微波等，利用图像处理技术把这些不可见射线所成图像加以处理并转换成可见图像，大大扩大了人类认识客观世界的能力。）

三. 数字图像处理系统硬件

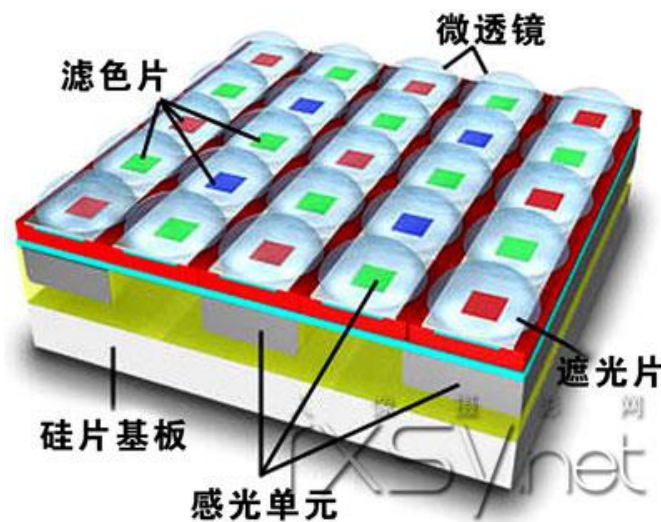
早期的数字图像处理系统为了提高处理速度、增加容量都采用大型机。随着计算机性价比（性能价格比）日新月异的提高，以小型机为主的微型图像处理系统得到发展。主机为PC机，配以图像采集卡及显示设备就构成了最基本的微型图像处理系统。微型图像处理系统成本低、应用灵活、便于推广。特别是微型计算机的性能逐年提高，使得微型图像处理系统的性能也不断升级，加之软件配置丰富，使其更具实用意义。

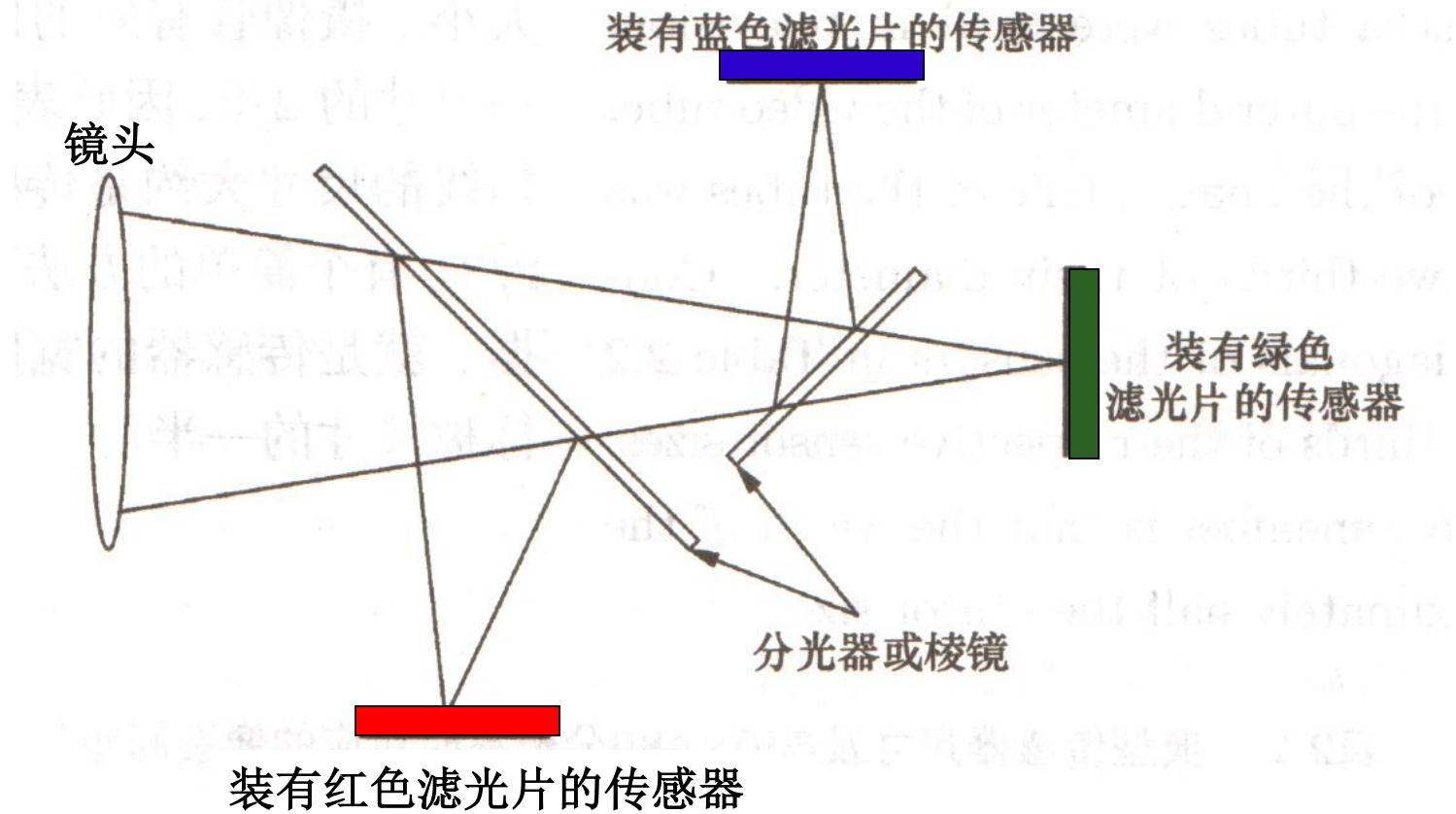
1、摄像机（Digital Camera）

摄像机的作用是将通过镜头聚焦于像平面的光线生成图像。

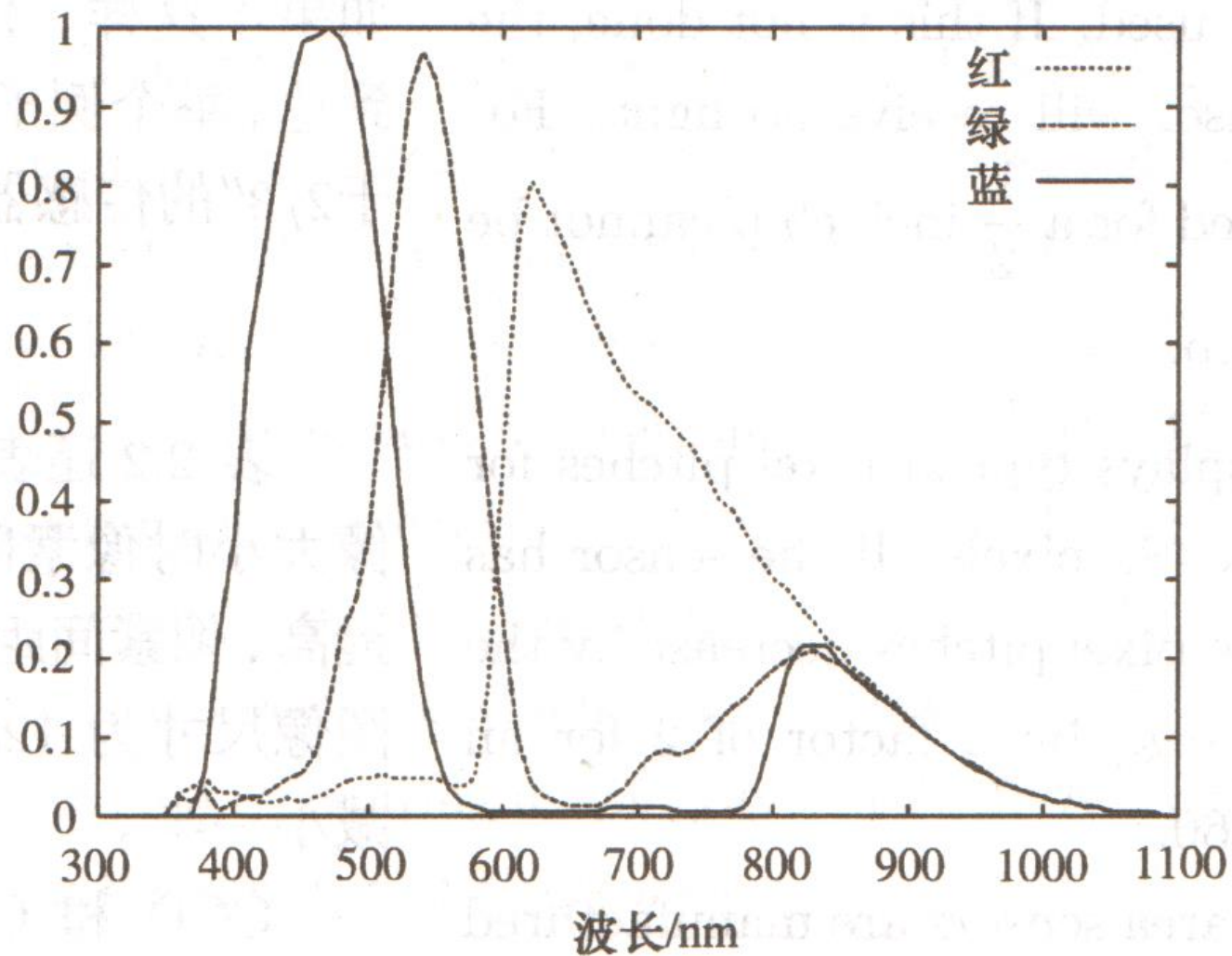
摄像机中最重要的组成部件是数字传感器。CCD（charge-coupled device）

传感器是目前常用的图像传感器，**CCD可以对亮度进行分级，但不能识别颜色**。为此，数码照相机用红、绿和蓝三个彩色滤镜，当光线从**红、绿、蓝滤镜**中穿过时，就可以得到每种色光的反应值，再通过软件对得到的数据进行处理，从而确定每一个像素点的颜色。CCD生成的数字图像被传送到照相机的一块内部芯片上，该芯片负责把图像转换成一定的格式再进行存储或传输。





在三芯片彩色摄像机中，来自镜头的光线被分光器或棱镜分成三束光后到达具有不同滤光片的三个传感器上。



归一化后典型 CCD 传感器光谱响应，在近红外是有响应的。

2、光源

2.1 光源类型

(1) 白炽灯(1879年, 爱迪生发明)

- 辐射的电磁辐射谱线在可见光范围内
- 可以产生色温为3000-3400K的连续光谱
- 但发热严重、寿命短



(2) 氙灯

- 在密闭的玻璃灯泡中充上氙气, 氙气被电离产生色温在5500-12000K的非常亮的白光
- 供电复杂且昂贵

(3) 荧光灯

- 可以产生3000-6000K色温的可见光



2、光源

2.1 光源类型

(4) 卤素灯

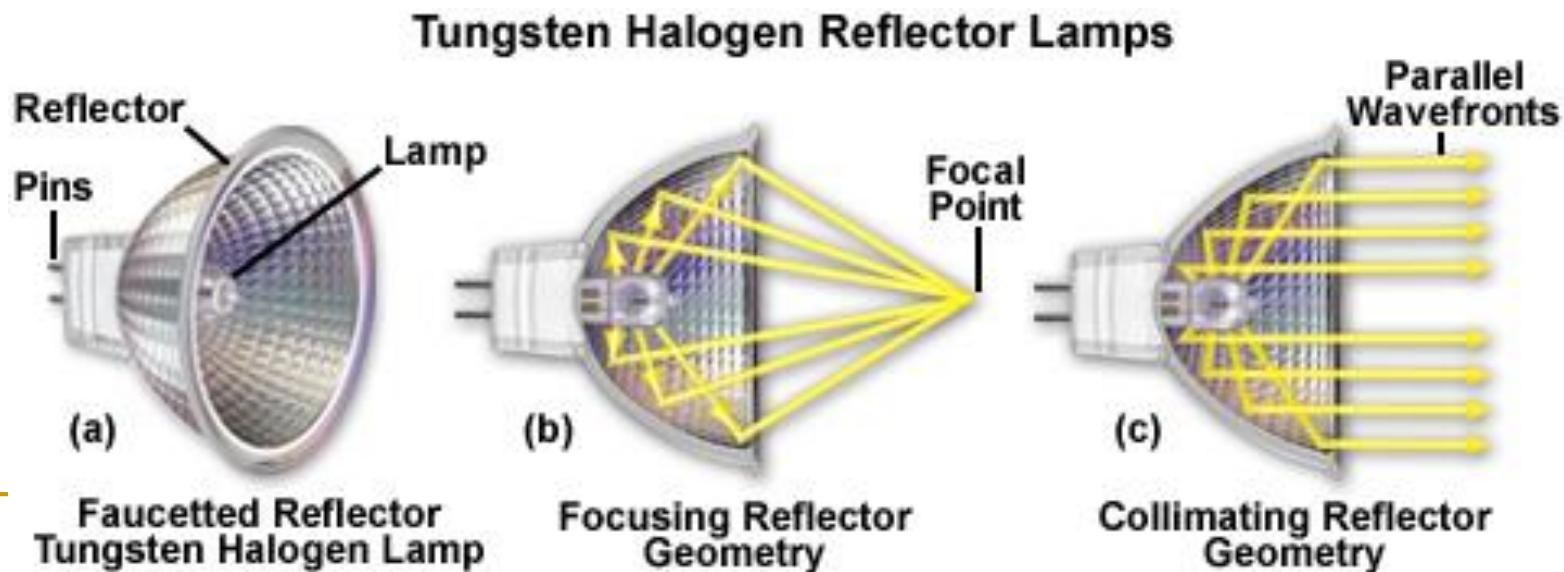


卤素泡

石英泡

➤ 卤素灯泡（halogen lamp），简称为卤素灯，又称为钨卤灯泡、石英灯泡，是白炽灯的一个变种

➤ 卤素灯的工作温度高于一般白炽灯，亮度及转换效率亦更高



2、光源

2.1 光源类型

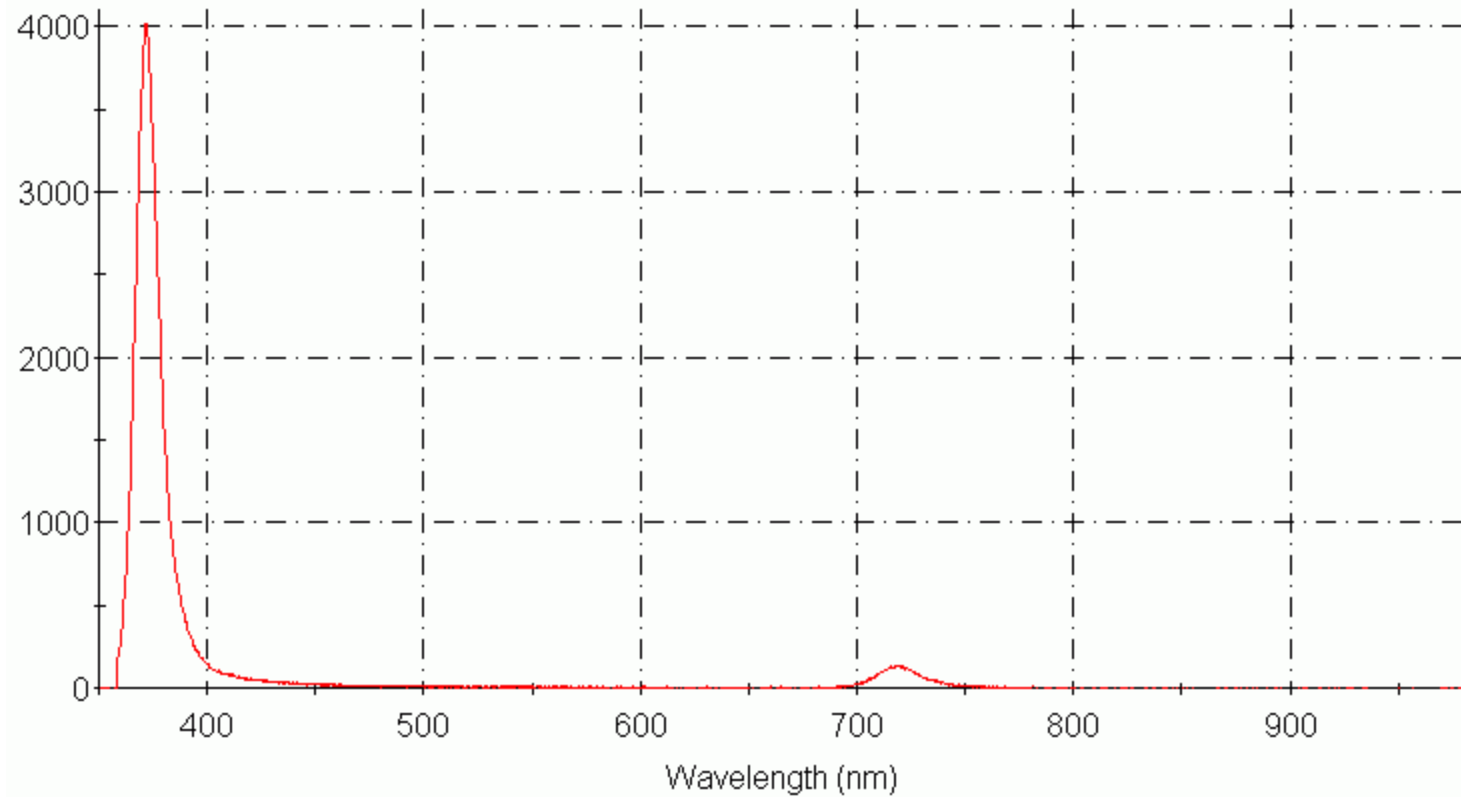
(5) LED

- 发光二极管（LED）是一种通过电致发光的半导体，能产生类似单色光的非常窄的光谱的光
- 目前有红外、可见光和近紫外LED
- LED可用作闪光灯，响应速度很快
- LED光源功率小，发热小
- 寿命长



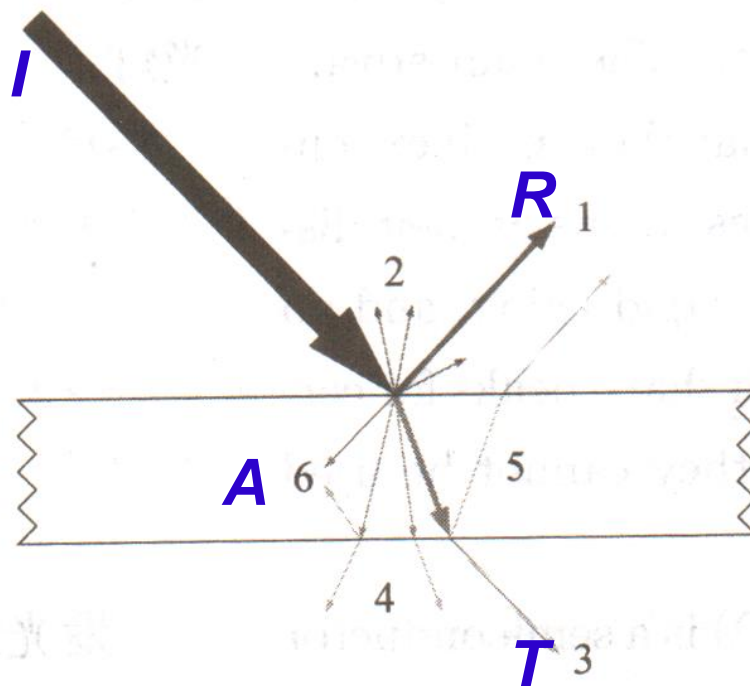
Intensity (counts)

Master



2、光源

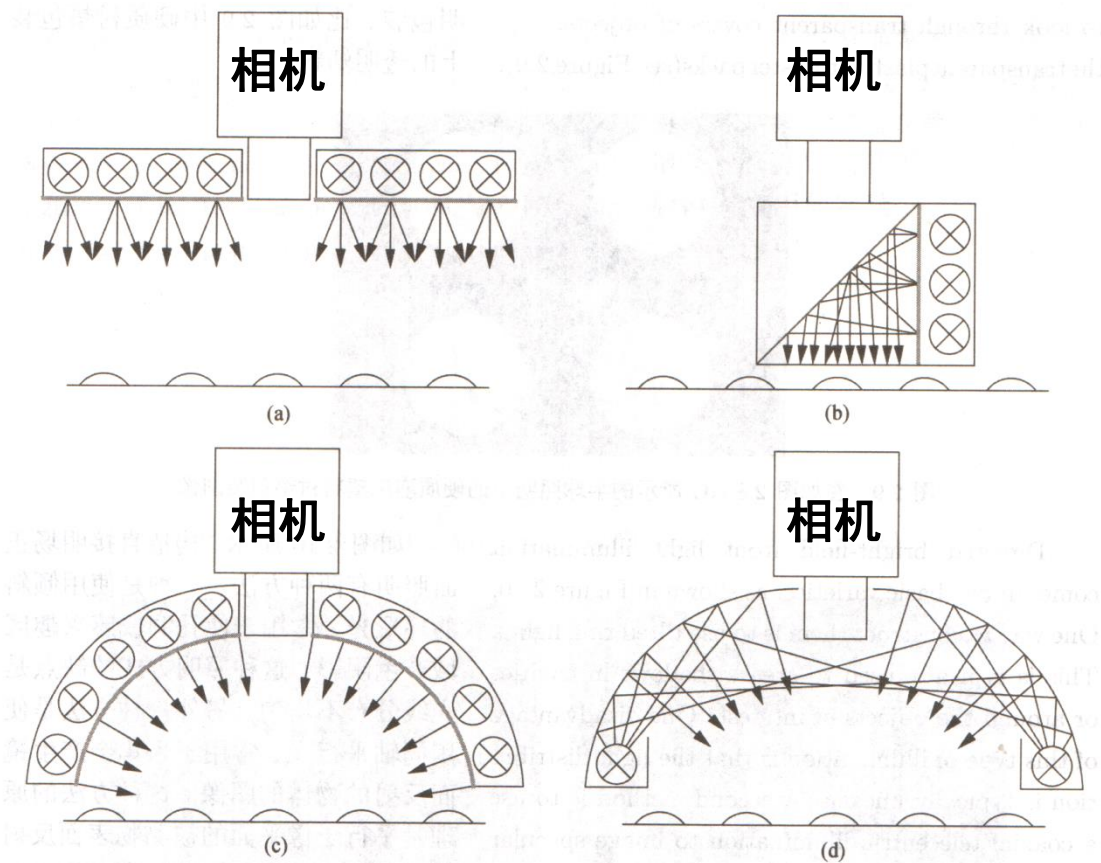
2.2 光与被测物间的相互作用



(1) 镜面反射; (2) 漫反射; (3) 定向透射; (4) 漫透射; (5) 背反射; (6) 吸收

2、光源

2.3 常见的光照系统



(a) 前端安装了漫射板的 LED 平板或环形光; (b) 在光源前安有漫射板和 45° 半透半反镜的同轴漫射光; (c) 安装有漫射板的半球光源; (d) 光源是 LED 环形光、由半球表面作为漫射板的半球照明

3、图像输入卡（采集卡）

通常图像输入卡安装于计算机主板扩展槽中，主要包括图像存储器单元、显示查找表(LUT)单元、摄像头接口(A/D)、监视器接口(D/A)和PC机总线接口单元。

工作过程如下：摄像头实时或准实时采集图像数据，经A/D变换后将图像存放在图像存储单元的一个或三个通道中，D/A变换电路自动将图像显示在监视器上。通过主机发出指令，将某一帧图像静止在存储通道中，即采集或捕获一帧图像，然后可对图像进行处理或存盘。

高档卡还包括卷积滤波、FFT(快速傅立叶变换)等图像处理专用的快速部件。

高速图像处理卡

实用图像处理系统分为在线处理系统和离线处理系统两种形式。在研究中，多采用离线图像处理系统，主要用于开发和验证图像处理与分析的算法。在线图像处理系统除上述设备外，还需用图像处理专用硬件**DSP**代替图像采集卡，以构成自动处理系统，可以对生产现场采集的图像进行实时处理，并对其处理结果进行监控。

4、显示卡

存贮的图像要随时显示在显示器上,通常在图像处理装置中,灰度值红(R)、绿(G)、蓝(B)各占8位(bit), 共计24位。

5、计算机

图像处理的主要特点是数据量大、运算时间长，因而对系统硬件配置要求较高。为了加快图像的显示和处理速度，用于图像处理的PC机配置应尽可能高一些。当然，有条件时最好采用图形工作站进行图像处理。

五、图像处理系统软件

微型图像处理系统既包含硬件设备，也需要一定的软件环境支持。

Microsoft公司的VC++是主流的图像处理系统开发平台，是一种具有高度综合性能的软件开发工具，用它开发出来的程序有着运行速度快、可移植能力强等优点。

此外，各国的科学家和研究机构开发了不少专用的图像处理软件环境。

本课程中主要采用在Windows平台下，用MATLAB来讲解一些图像处理的算法，并编程实现。

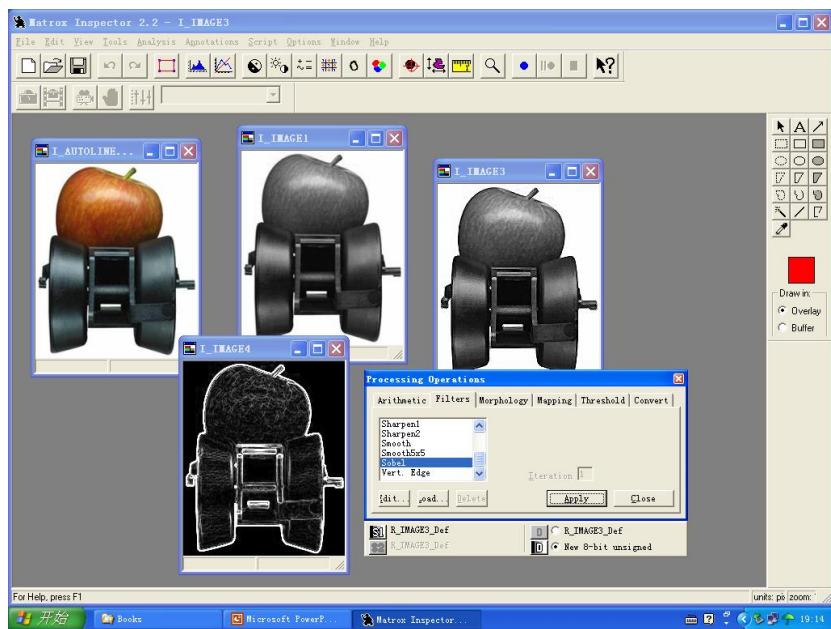
五、图像处理系统软件

MATLAB具有相当强大的矩阵

运算和操作功能， MATLAB图像处理工具箱提供了丰富的图像处理函数，灵活运用这些函数几乎可以完成所有的图像处理工作，大大节省编写底层算法代码的时间，

避免程序设计中的重复劳动，
达到事半功倍的效果。

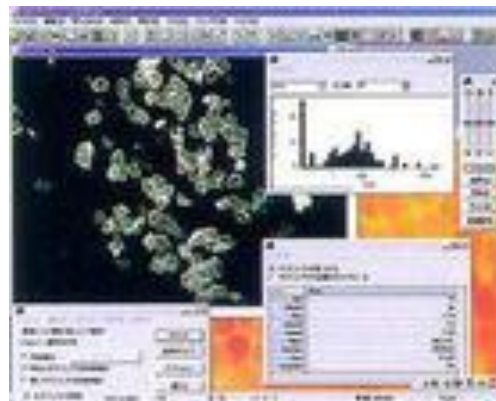
五、图像处理系统软件



Matrox inspector

NI公司的图像处理系统

IMAQ Vision
LabView



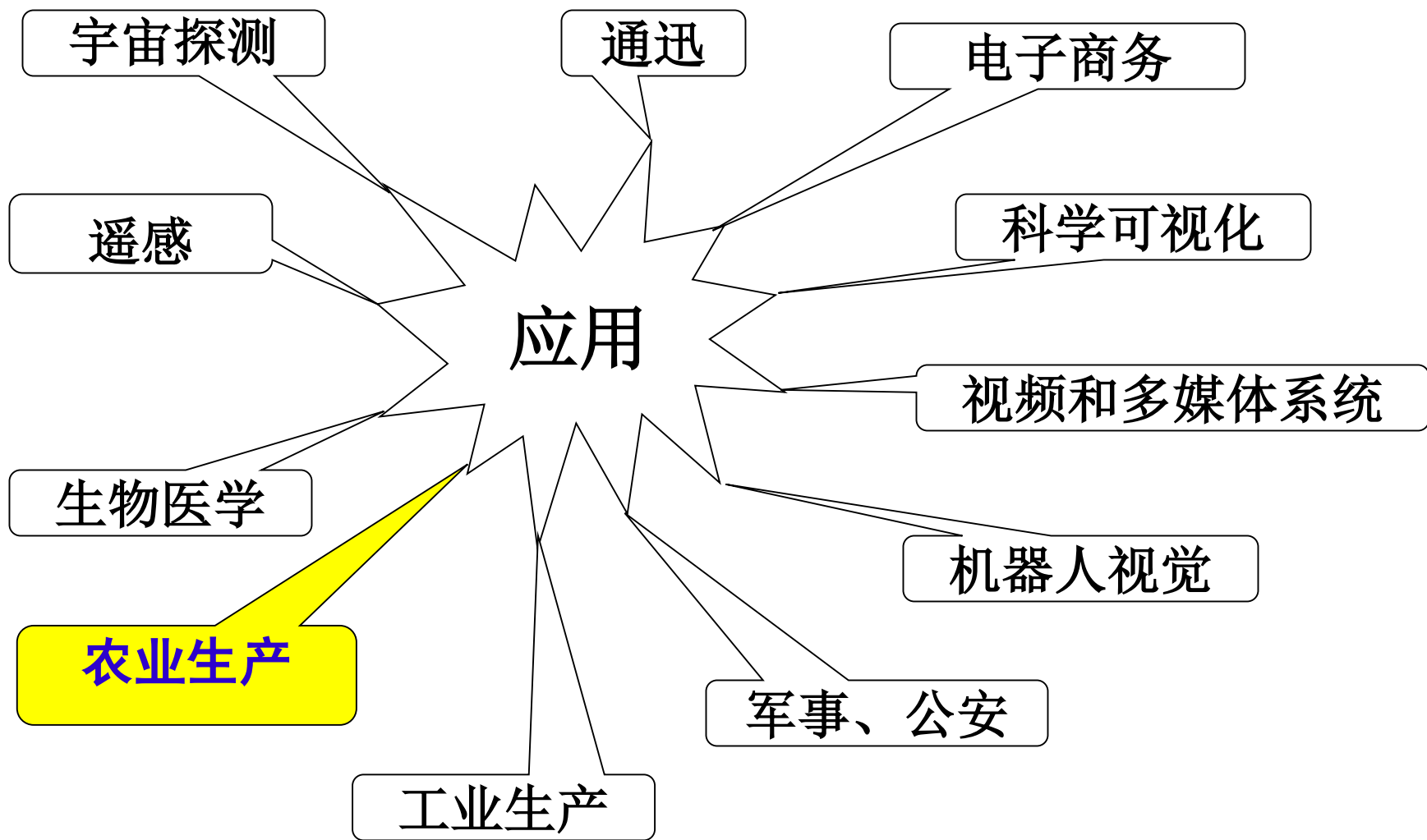
Winroof

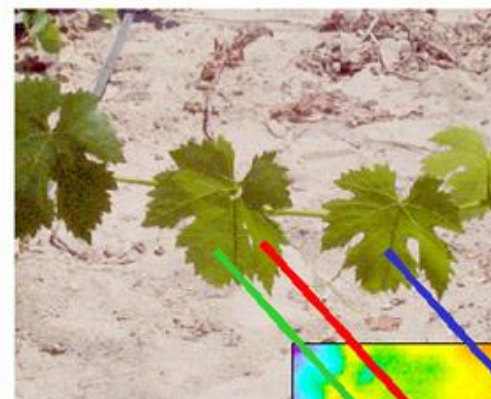


六、计算机视觉技术的应用：

自1970年代以来，数字图像处理技术发展迅速，目前已成为工程学、计算机科学、信息科学、统计学、物理学、化学、生物学、医学甚至社会科学等领域各学科之间学习和研究的对象。

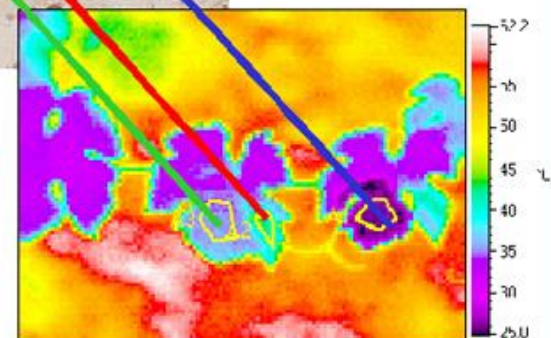
如今数字图像处理技术已给人类带来了巨大的经济和社会效益。已成为科学研究、社会生产乃至人类生活中不可缺少的强有力的工具。

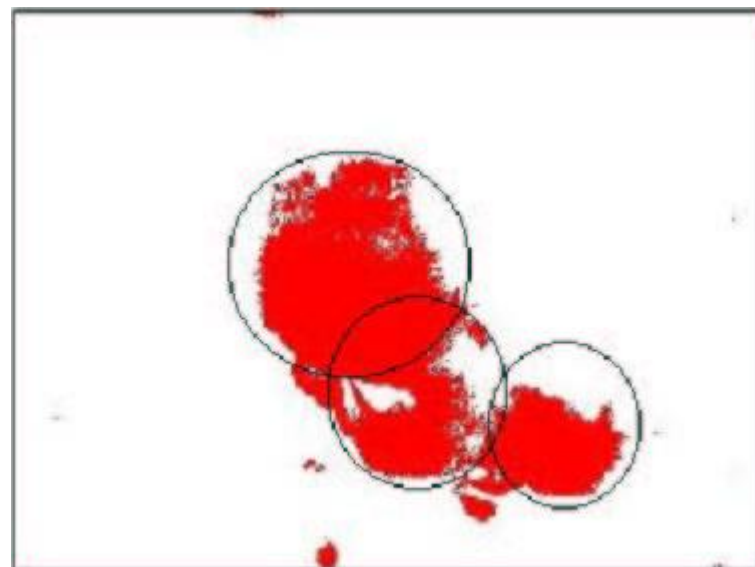
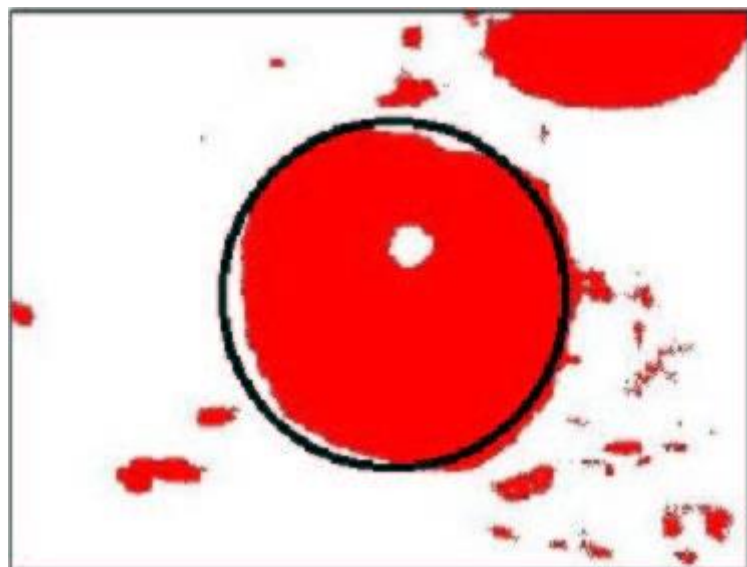




20 Jul 2000, Pegoes

Dry 42.1°C —
 Wet 26.4°C —
 Leaf 35.7°C —







重点:

- 如何由模拟图像得到数字图像(抽样与量化)?
- 数字图像处理的基本运算形式有哪些?
- 什么是计算机视觉? 它的研究内容有哪些? 有哪些应用?