



遥感数字图像处理

Remote Sensing Digital Image Processing

潘竞虎

西北师范大学 地理与环境科学学院

2009年3月



第一章 绪论

1.1 何谓数字图像处理

1.1.1 图像的概念

图像 (**image**) 是对客观存在的物体的一种相似性的、生动的写真或描述。在一般的意义下, 可以认为一幅图像就是一个东西的一个表示, 它包含了所表示物体的相关描述信息, 出现形式多种多样:

可视的和不可视的;

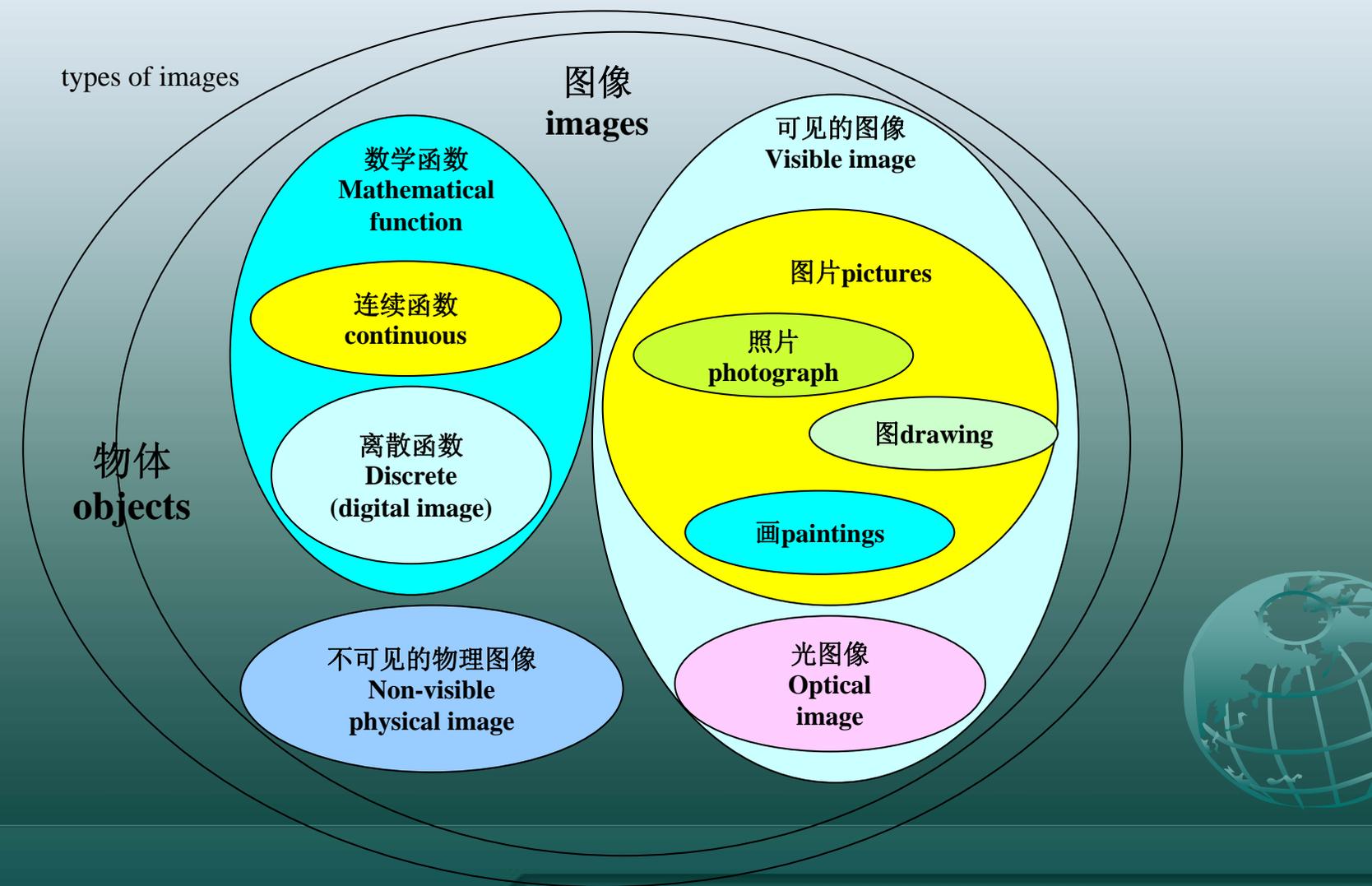
抽象的和实际的;

适于和不适于计算机处理的。





1.1.2 图像的分类





1、按照图像的存在形式分

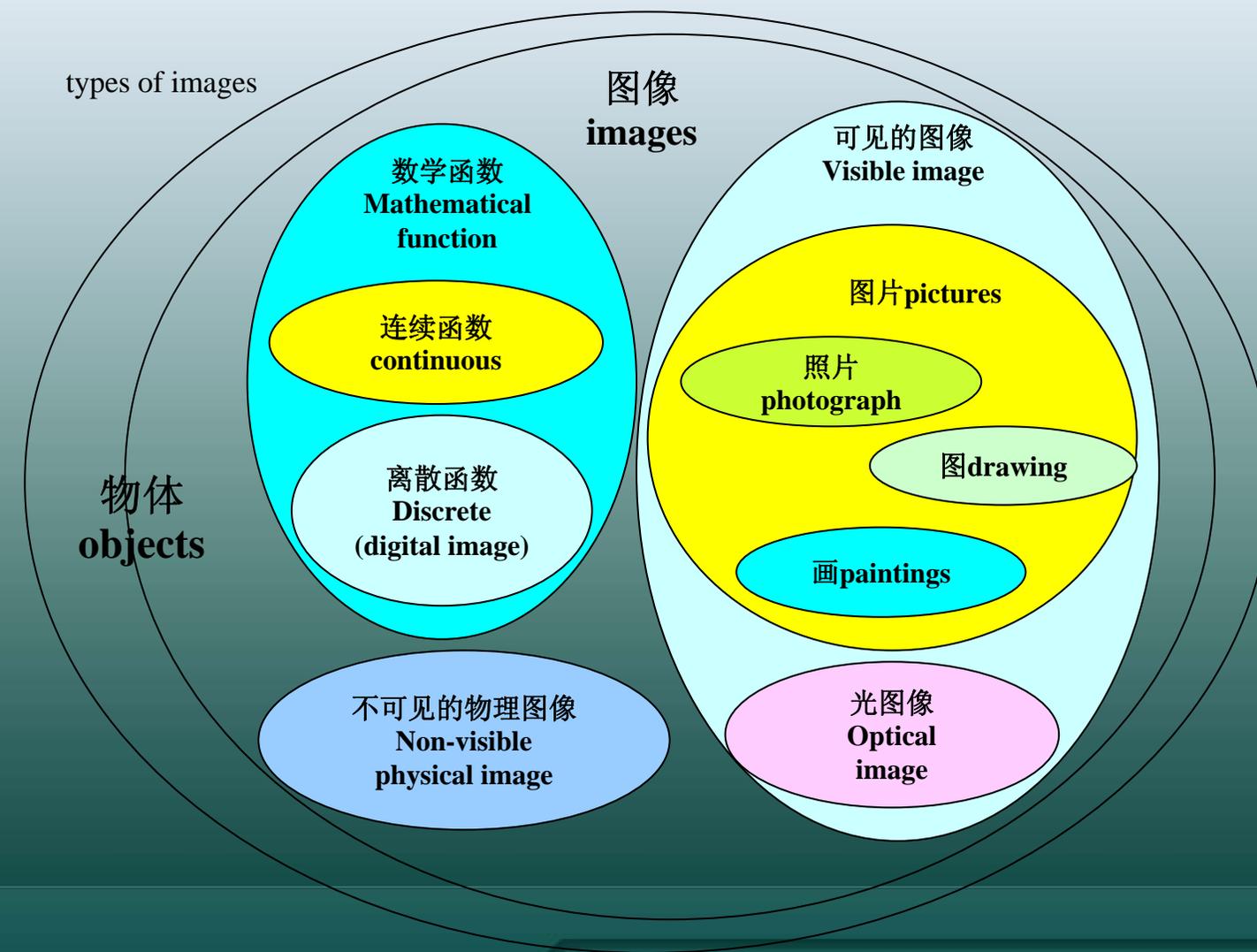
□ (1) “物理图像” (physical images)

物质或能量的实际分布

- “可见的图像” (visible image)，人眼可以看到并接受的图像，如“图片” (picture)，包括“照片” (photograph)、“图” (drawings 指用线条画成的) 和“画” (paintings)， “图片”等价于“图像”，也就是说“picture”经常和“image”一词混用；“光图像” (optical images)，即用透镜、光栅和全息术产生的图像，如荧幕、屏幕上出现的影像。光（学）图像是光强度的空间分布。
- “不可见的图像”，如温度、压力、高度以及人口密度等的分布图。
- (2) 抽象图像，即“数学图像”，包括连续函数和离散函数。离散函数图像就是计算机可以处理的形式。物理图像必须要变成离散函数才能被计算机处理。



1.1.2 图像类别





2、按照图像的色彩特性分

- 彩色图像，又称为“多光谱图像”，图像上的每个点有多于一个的局部特征。如在彩色电视中重现的三基色图像，每个像素点就需要有红、绿、蓝三个基色的三个亮度值表示。而遥感图像可以提供多个不同通道的信息（TM达7个，高光谱上百个，超波段图像）。
- 黑白图像，又称“灰度图像”、“亮度图像”、“单色图像”等，每个像素点只有一个亮度值。例如黑白照片、黑白电视画面。



彩色与非彩色图像



红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等各种颜色组成彩图。在遥感上，彩色图比非彩色图较易识别地物

白色、黑色和各种灰色组成黑白图象。当物体对可见光的各个波长的反射无选择性时，表现为黑白或灰色。

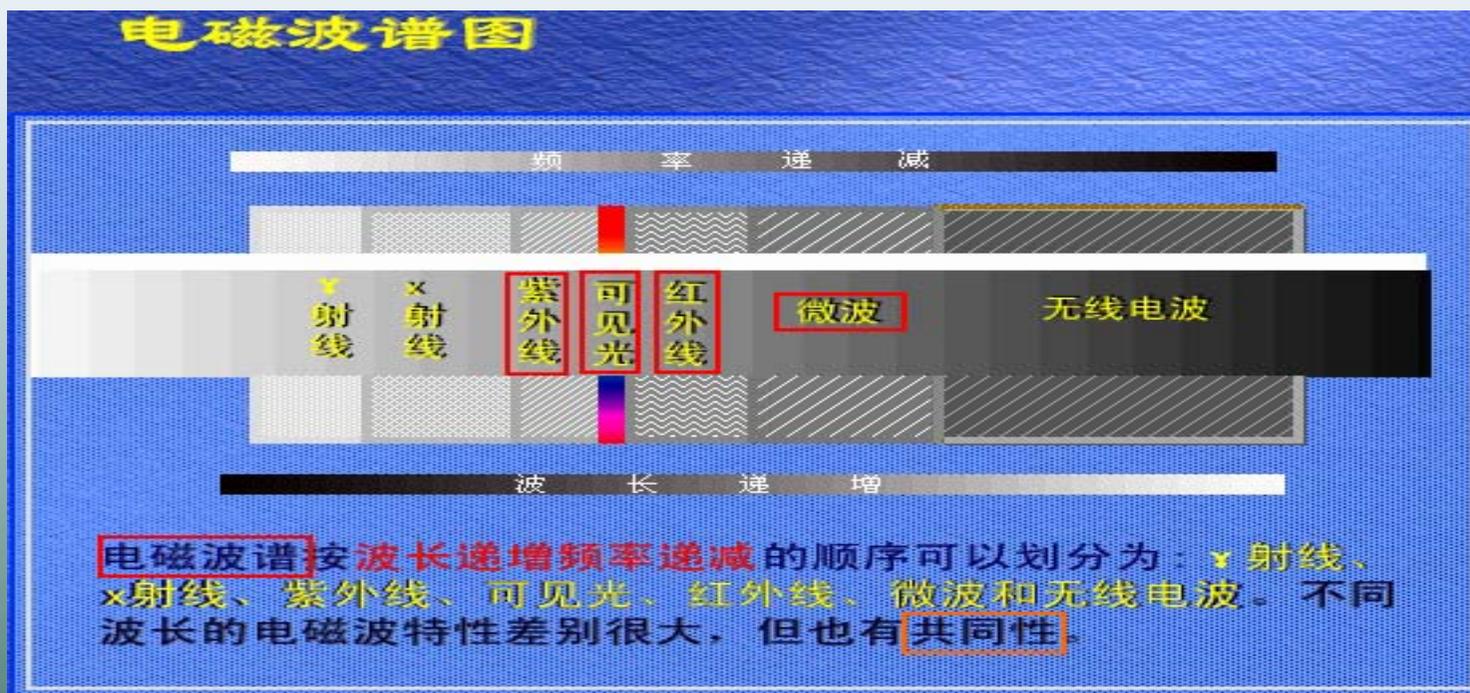


3、按照图像的光谱特性分

- “可见光图像”;
- “红外光图像”;
- “雷达图像”;
- “声纳图像”。



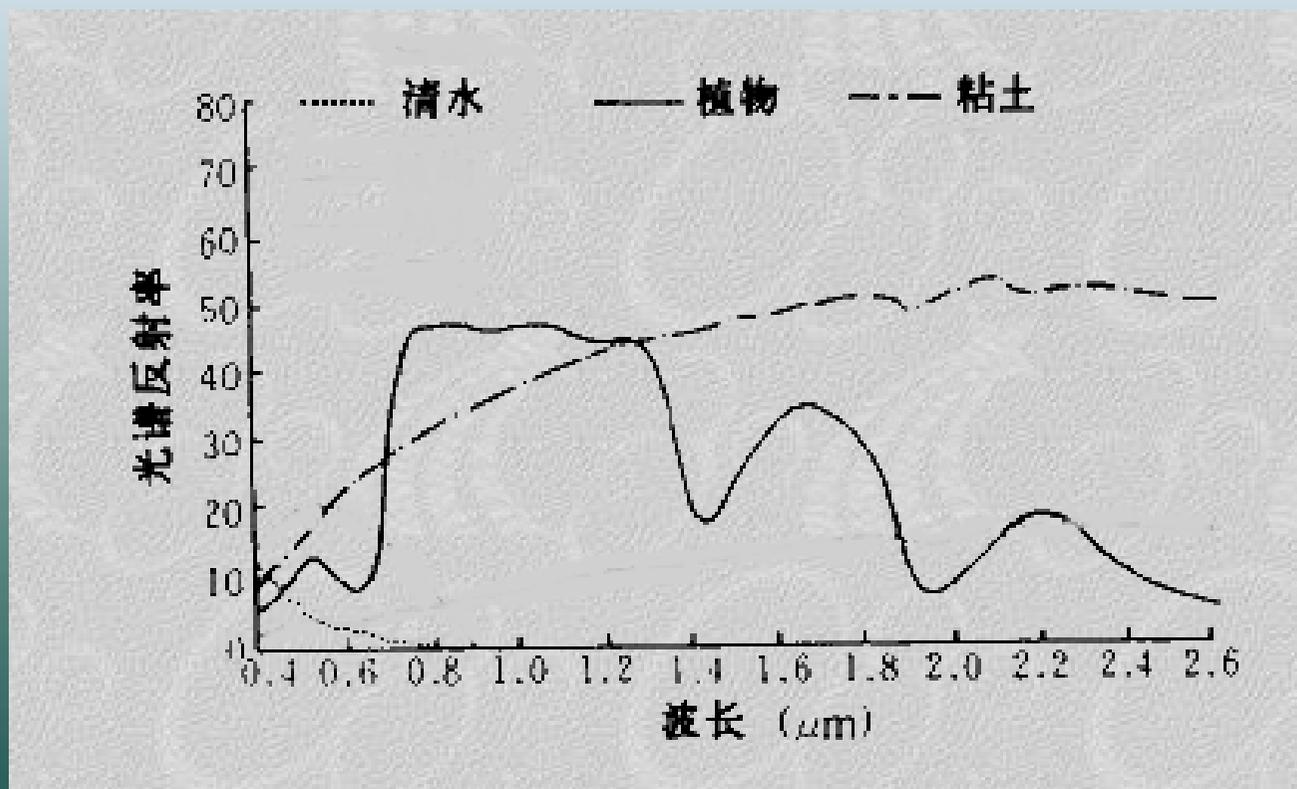
可见光成像和不可见光成像



单波段、多波段和超波段图像



三种典型地物的波谱反射特性





同类地物的不同反射特征



健康



虫害

原因

同类地物的反射光谱在不同时间、不同状态是不同的。

同类植物由于生长状况不同，其反射率也不同。

受病虫害的松树和健康的松树在遥感图像上呈现不同的颜色



4、按照图像的时间特性分

- “动态图像”
 - 随时间变化的图像，如电视和电影画面。
- “静止图像”
 - 不随时间变化的图像，如各类图片。



5、按图像的明暗程度和空间坐标的连续性分

模拟图像和数字图像

1) 模拟图像（光学图像）：空间坐标和明暗程度都连续变化的、计算机无法直接处理的图像，属于可见图像。

模拟图像可用连续函数来描述。 $I = F(x, y)$

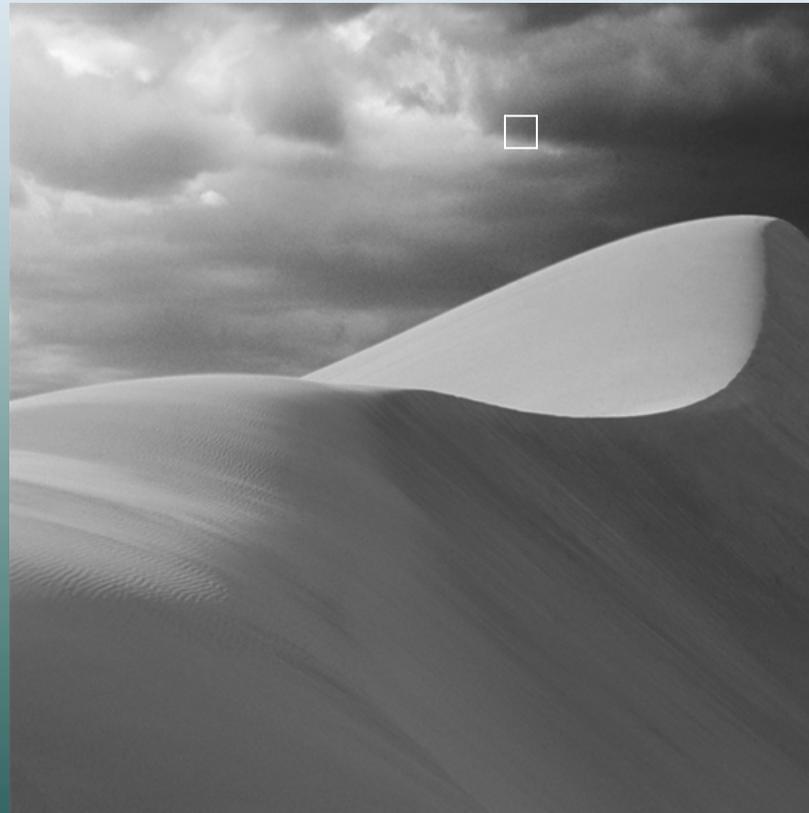
其特点：光照位置和光照强度均为连续变化的。

2) 数字图像：被计算机存储、处理和使用的图像，是一种空间坐标和明暗程度都不连续的、用离散数学表示的图像，属于可见图像。

可用矩阵或数组来描述

$$I = I[m, n] = \begin{bmatrix} i_{0,0} & i_{0,1} & \cdots & i_{0,N-1} \\ i_{1,0} & i_{1,1} & \cdots & i_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ i_{M-1,0} & i_{M-1,1} & \cdots & i_{M-1,N-1} \end{bmatrix}$$

像素或像元的属性：空间位置和灰度。



130	146	133	95	71	71	62	78
130	146	133	92	62	71	62	71
139	146	146	120	62	55	55	55
139	139	139	146	117	112	117	110
139	139	139	139	139	139	139	139
146	142	139	139	139	143	125	139
156	159	159	159	159	146	159	159
168	159	156	159	159	159	139	159





1.1.2 图像处理的概念

图像处理:

➤ 对图像加工的各种技术方法的统称, 它已被广泛地应用于许多领域。



□ 基本方法

模拟图像处理

数字图像处理





1、模拟图像处理

- 包括光学图像处理和电子图像处理（电子光学处理）
- 光学方法是图像处理发展的起源，**1946**年法国的**Duffienx**提出傅立叶光学，**1964**年美国密执安大学的**A.Vanderlugt**制成空间滤频器。光学处理具有处理速度快（可实时和并行处理，如电视模拟图像处理可达**25**帧/秒或**30**帧/秒）、信息量大、分辨率高、经济等优点。
- 模拟图像处理的缺点是精度差、灵活性差，器件具有专用性，并且缺乏判断分析能力，不具备非线性处理能力。
- 趋势：将光学处理和计算机相结合的方法，如利用光学方法对图像进行傅立叶变换，再用计算机对频谱分析。



2、数字图像处理

- 就是将图像转换成一个数据矩阵存放在图像存储器中，然后再利用数字计算机，或其它的大规模集成数字器件（如**DSP**），对图像信息进行数字运算或处理，以提高图像的质量或达到人们所预期的其它效果。
- 优点：精度高、处理内容丰富、可以进行复杂的非线性处理，处理方式灵活，同样的图像硬件系统，在改变软件之后可以用于其它完全不同的任务。
- 缺点：由于目前计算机性能的限制，数字图像处理的速度有限，对于一些有实时性要求的任务，必须利用**DSP**（**digital signal processor**）加速或构建专用系统。



图像数学模型的应用原则

- 在图像处理中，根据任务和目的的不同，经常会采用不同的模型来处理图像，或者在不同的阶段是用不同的模型，保证系统的最佳性能。
- 图像在数字化时必须满足采样定理，这样离散的图像才能与它的连续形式对应。
- “数字图像处理”不是指“数字图像的处理”，而是指“图像的数字处理”。



1.1.3 数字图像处理的几个基本术语

□ 数字化(**digitizing**)

- 将一幅图像从其原来的形式转换为数字形式的处理过程，包括“扫描”、“采样”与“量化”三个步骤，但通常将“扫描”合并到“采样”阶段，合并为两个过程。

□ 扫描 (**scanning**)

将一个数学虚拟网格覆盖在一幅图像上，图像的平面空间被离散化成一个一个的有序的格子（格子的形式可以有多种形式，通常易于物理实现的是矩形，且每个格子完全相同），然后按照格子的排列顺序依次读取图像的信息，此读取过程称为“扫描”。在扫描过程中被读取的小块图像称为图像元素(**picture element**)，简称像素(**pixel**)，它的描述包括空间坐标以及图像信息两个部分。不太严格的情况下，扫描也可以用作数字化的等价词。矩形扫描网格常称为光栅(**raster**)。

图1-1物理图像及其对应的数字图像

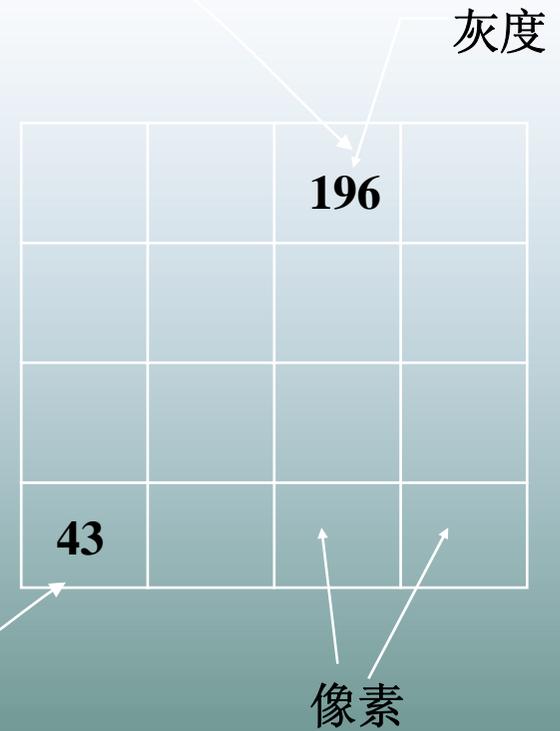
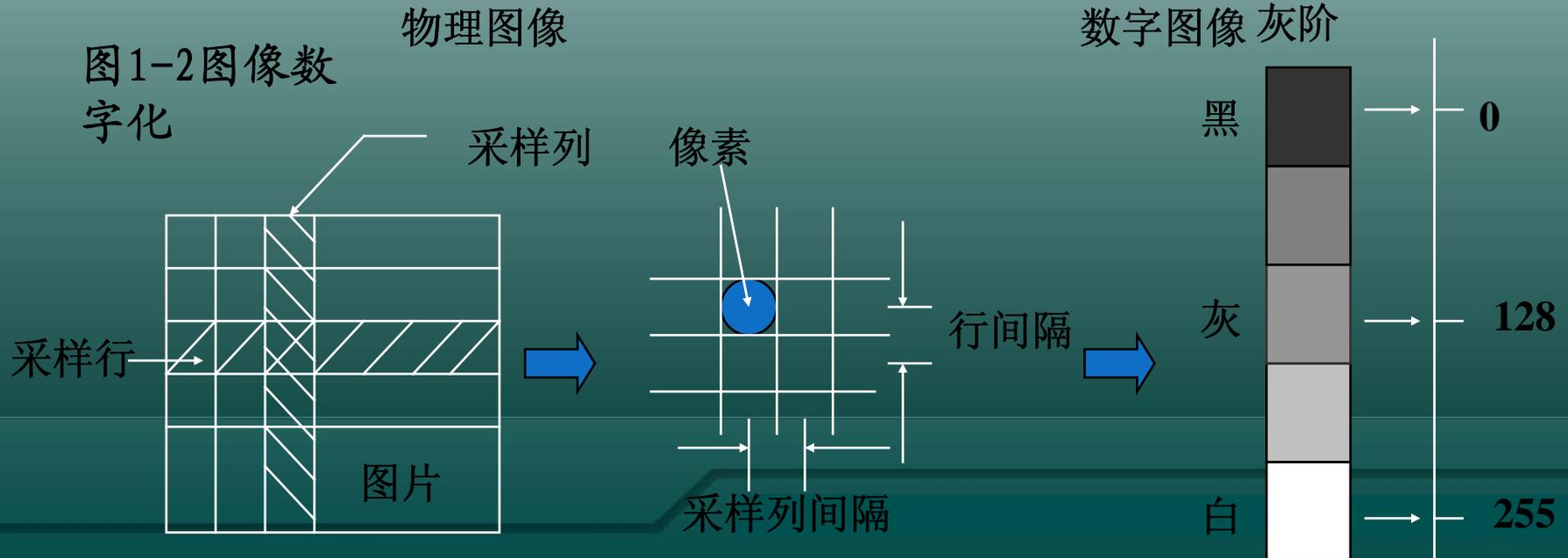


图1-2图像数字化





采样 (sampling)

- 在一幅图像的每个像素位置上测量灰度值。
- 采样通常是由一个图像传感元件完成，它将每个像素处的亮度转换成与其成正比的电压值。采样完成图像空间的数字化，在**CCD**摄像机中，是由一个个感光单元实现的。
- 图像数字化时必须遵守“采样定理”，才能保证图像可恢复。

量化 (quantization)

- 将采样时测量的灰度值转化成整数表示。
- 由于数字计算机只能处理数字，因此必须将连续的测量值转化为离散的整数。因此在图像传感器后面，经常跟随一个电子线路的模数转换器(**ADC**)，将电压值转化成整数。



经过数字化得到一幅图像的数字表示，即数字图像 $f(x,y)$, $f(x,y)$ 以及 x 、 y 都是整数。

一幅数字图像中不同灰度值的个数称为灰度级数，用 G 表示。

一般来说， $G = 2^g$ ， g 就是表示图像像素灰度值所需的比特位数。

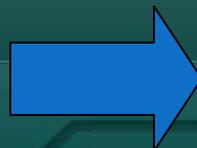
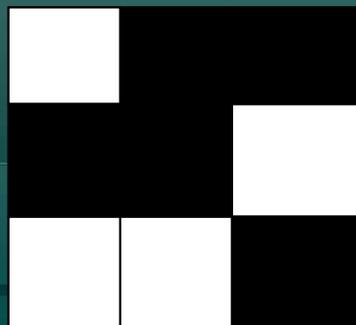
一幅大小为 $M \times N$ 、灰度级数为 G 的图像所需的存储空间，即图像的数据量，大小为

$$M \times N \times g \quad (\text{bit})$$

黑白图像

是指图像的每个像素只能是黑或白，没有中间的过渡，故又称为二值图像。二值图像的像素值为0或1。

例如

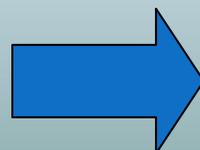
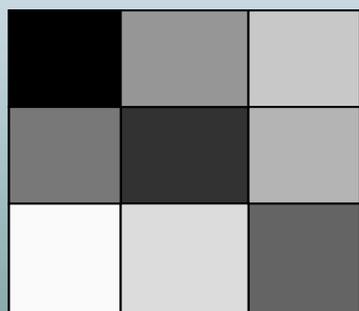


$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



灰度图像

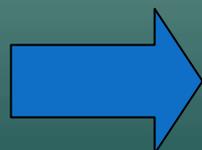
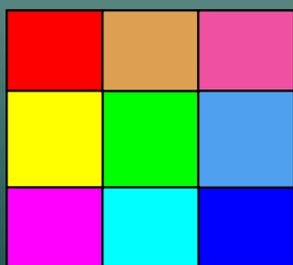
灰度图像是指每个像素由一个量化的灰度值来描述的图像。它不包含彩色信息。



$$I = \begin{bmatrix} 0 & 150 & 200 \\ 120 & 50 & 180 \\ 250 & 220 & 100 \end{bmatrix}$$

彩色图像

彩色图像是指每个像素由R、G、B三原色像素构成的图像，其中R、B、G是由不同的灰度级来描述的。



$$R = \begin{bmatrix} 255 & 240 & 240 \\ 255 & 0 & 80 \\ 255 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 160 & 80 \\ 255 & 255 & 160 \\ 0 & 255 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 80 & 160 \\ 0 & 0 & 240 \\ 255 & 255 & 255 \end{bmatrix}$$



量化参数与数字化图像间的关系

一般来说，采样间隔越大，所得图像像素数越少，空间分辨率低，质量差，严重时出现像素呈块状的国际棋盘效应；采样间隔越小，所得图像像素数越多，空间分辨率高，图像质量好，但数据量大。





量化等级越多，所得图像层次越丰富，灰度分辨率高，图像质量好，但数据量大； 量化等级越少，图像层次欠丰富，灰度分辨率低，会出现假轮廓现象，图像质量变差，但数据量小。但在极少数情况下对固定图像大小时，减少灰度级能改善质量，产生这种情况的最可能原因是减少灰度级一般会增加图像的对比度。例如对细节比较丰富的图像数字化。





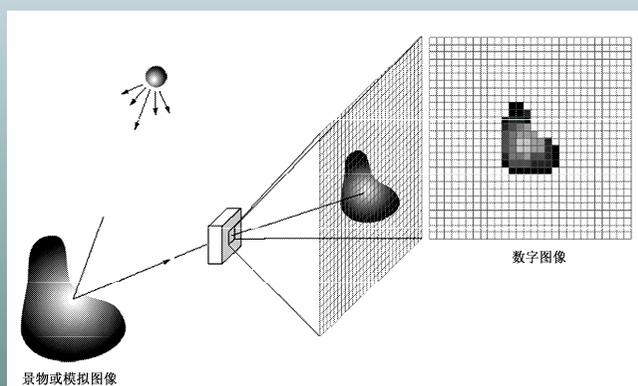
采样定理 (sampling theorem)

- 采样过程所应遵循的规律，又称取样定理、抽样定理。采样定理说明采样频率与信号频谱之间的关系，是连续信号离散化的基本依据。采样定理是**1928**年由美国电信工程师**H.奈奎斯特**首先提出来的，因此称为奈奎斯特采样定理。**1933**年由苏联工程师科捷利尼科夫首次用公式严格地表述这一定理，因此在苏联文献中称为科捷利尼科夫采样定理。**1948**年信息论的创始人**C.E.香农**对这一定理加以明确地说明并正式作为定理引用，因此在许多文献中又称为香农采样定理。采样定理有许多表述形式，但最基本的表述方式是时域采样定理和频域采样定理。采样定理在数字式遥测系统、时分制遥测系统、信息处理、数字通信和采样控制理论等领域得到广泛的应用。
- 时域采样定理 频带为**F**的连续信号 **f(t)**可用一系列离散的采样值 **f(t₁), f(t₁ ± Δt), f(t₁ ± 2Δt), ...**来表示，只要这些采样点的时间间隔 **Δt ≤ 1/2F**，便可根据各采样值完全恢复原来的信号**f(t)**。



1.2 遥感数字图像处理的内容

- 图像的数字化 (digitizing)

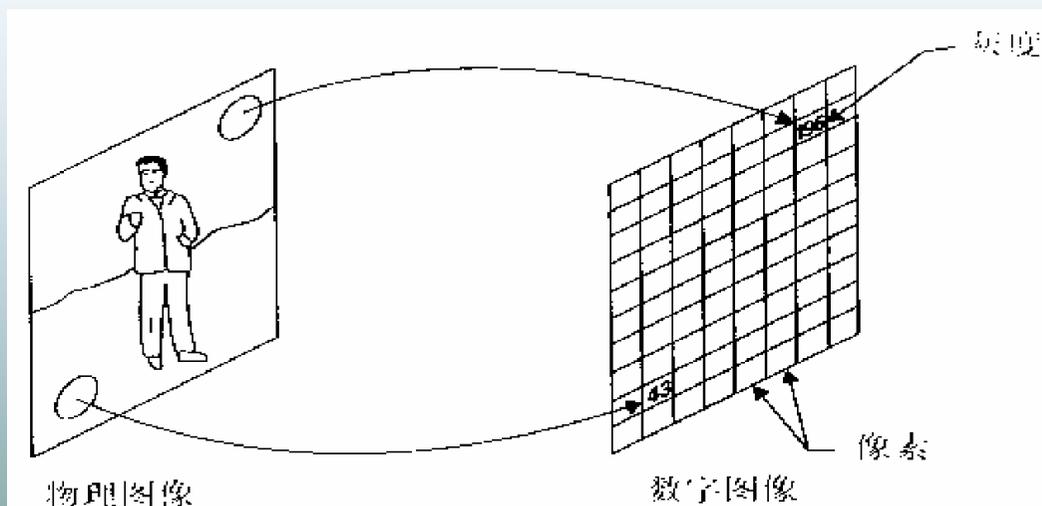


如何由一幅模拟图像获取一幅满足需求的数字图像，使图像便于计算机处理、分析。

扫描 (scanning)：对一幅图像内给定位置的寻址。矩形扫描网格常称为光栅。

采样 (sampling)：在一个图像的每个像素位置上测量灰度值。

量化 (quantization)：将一个测量的灰度值用一个整数表示



物理图像被分割成由相邻像素组成的水平线，赋予每个像素位置的数值反映了物理图像上对应点的亮度

• 图像变换

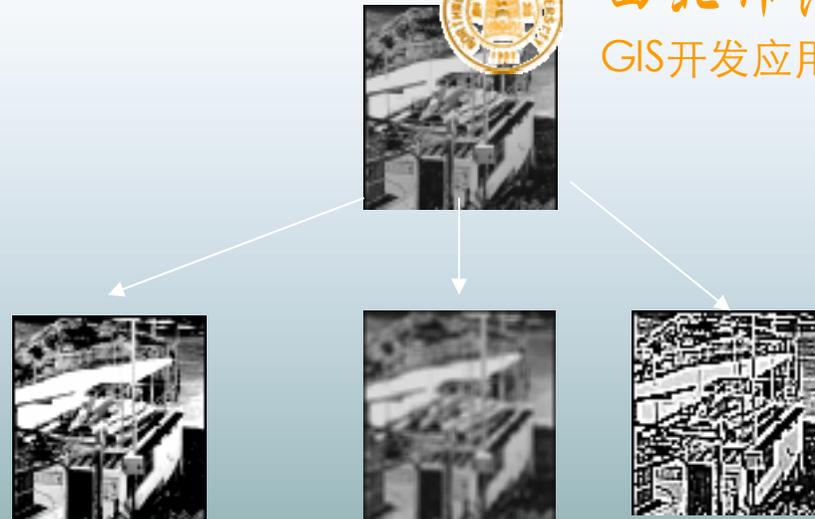
图像变换目的在于：处理问题简化、有利于特征提取、加强对图像信息的理解。

图像变换算法很多，重点学习傅立叶变换的算法、性质和应用。



- 图像增强

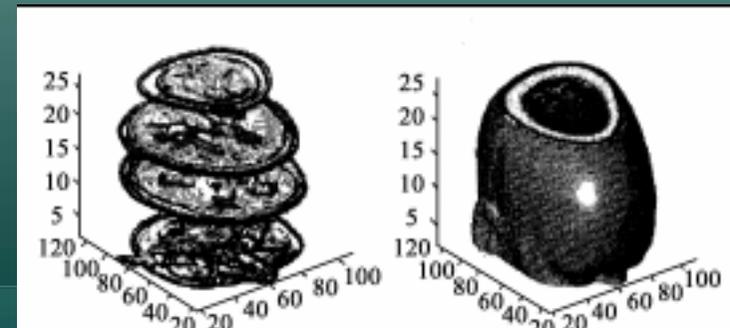
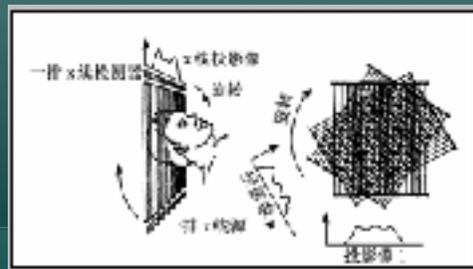
介绍各种增强方法及其应用。增强图像的有用信息，消弱噪声的干扰。



- 图像的恢复与重建

把退化、模糊了的图像复原.包括图像辐射和几何校正等内容;

由断层扫描重建二、三维图像。





- 纹理分析

主要介绍影像纹理的概念及其特征提取与分析的一些方法与应用。

- 图像识别

对图像中的不同对象进行分类、描述和解译。

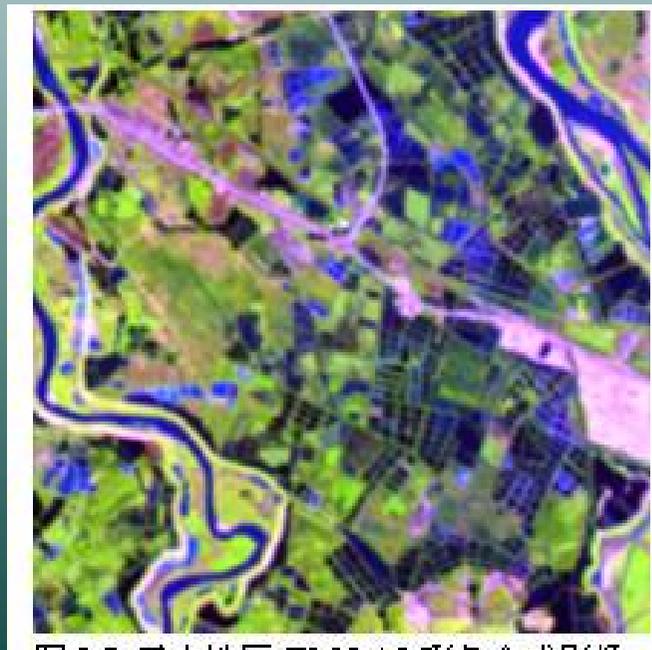
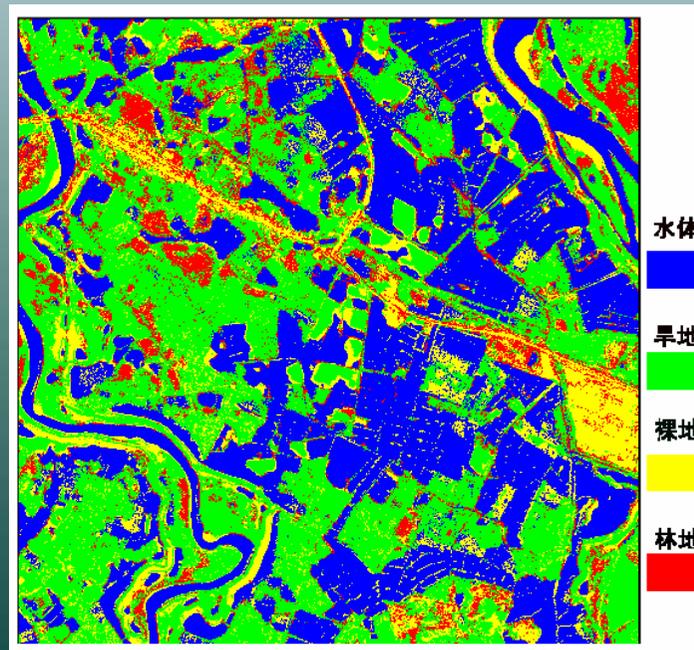


图 8-2 某地区土地利用现状遥感影像





1.3.1 发展历程

- 改善视觉效果：
 - 增强人类分析判断时采用的图像信息
- 生物视觉系统仿生：
 - 随着计算机技术与人工智能技术的发展，主要目的演变为处理自动装置感受的景物数据（计算机视觉、模式识别（Pattern Recognition）等）



一、改善视觉效果

- 打印技术与半调技术相结合
- 编码技术

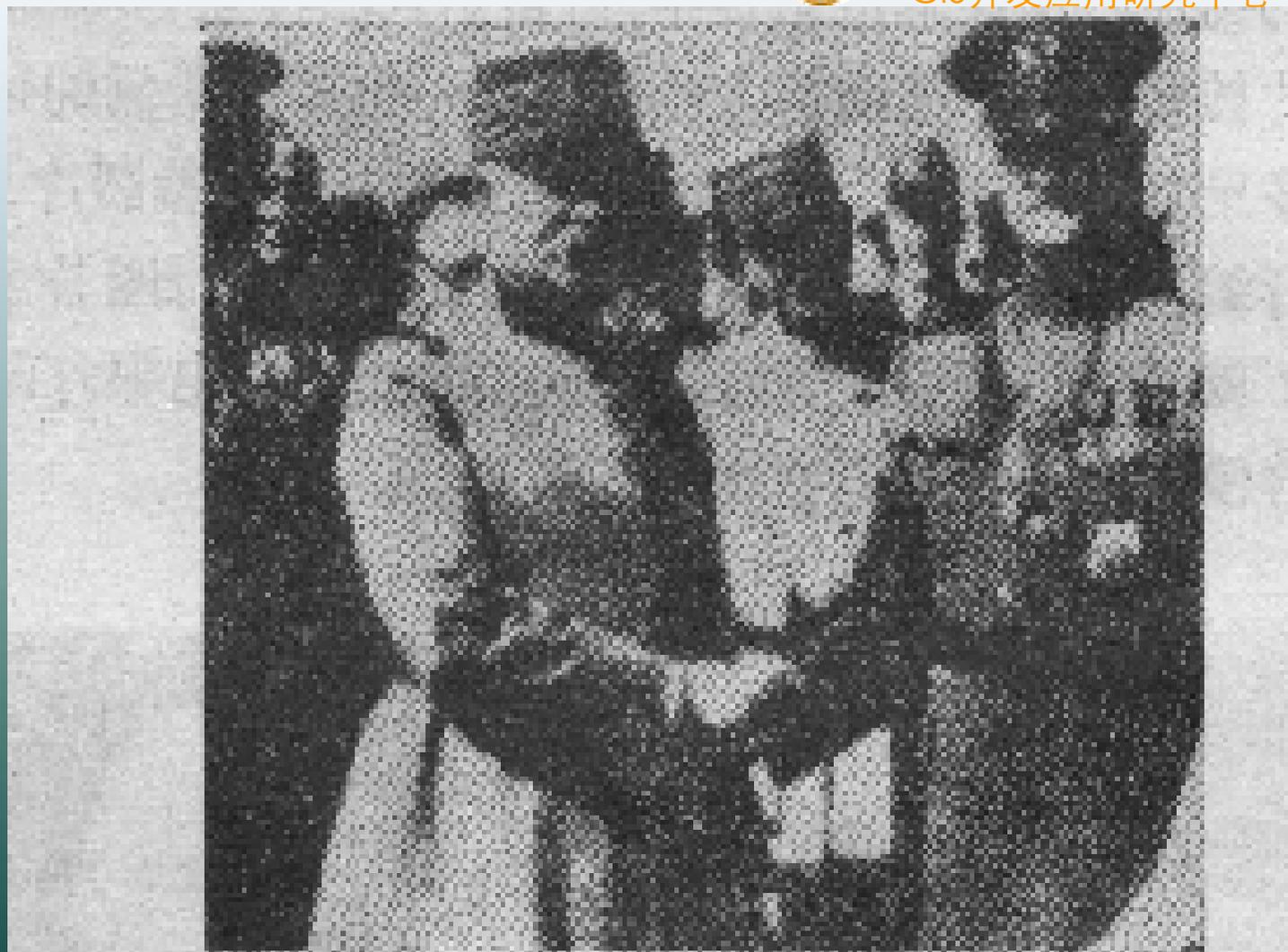


图1-3 用15种色调的设备，从伦敦到纽约，用电缆进行传送的Perihing 和Fozh两将军未经修饰的图片



2、计算机图像处理技术

- 1946年第一台电子计算机
- 60年代，第三代计算机，JPL，图像增强和图像复原
- 70年代，遥感和医学图片，Rosenfeld，1976
- 80年代，3D图像获取设备以及分析系统
- 90年代，人类生活和社会发展的各个方面



3、数字图像处理的显著成就

- 从可见光谱扩展到各波段：
 - 如遥感图像的多光谱处理、雷达波段的侧视雷达遥感图像处理、红外波段的图像处理（如夜视仪、热像仪等）、超声图像处理。
- 从静止图像到运动图像的处理：
 - 如运动模糊图像的恢复、心脏搏动序列图像的处理、对运动目标的跟踪、巡航导弹的地形识别及瞄准等。从物体的外部到物体的内部图像的处理：
 - 如人体的无损检测设备**CT**及宇航用密封零件的无损检测、海关用的集装箱不开箱检查等。
- 从整体到局部图像的处理（**AOI**技术）：
 - 有选择性地对人类感兴趣的局部图像进行处理，如空间、灰度、颜色、频域都可以开窗口进行加工处理(如放大、变换、校正等)。



3、数字图像处理的显著成就

- 提取图像中特征的处理：
 - 从图像中抽出感兴趣的区域、物体以特征的形式表现出来，以便计算机识别控制。
- 人工智能化的图像处理：
 - 用计算机去理解图像，并进行景物分析，即计算机视觉系统，如机动车自动驾驶系统和机器人的视觉操纵系统等。



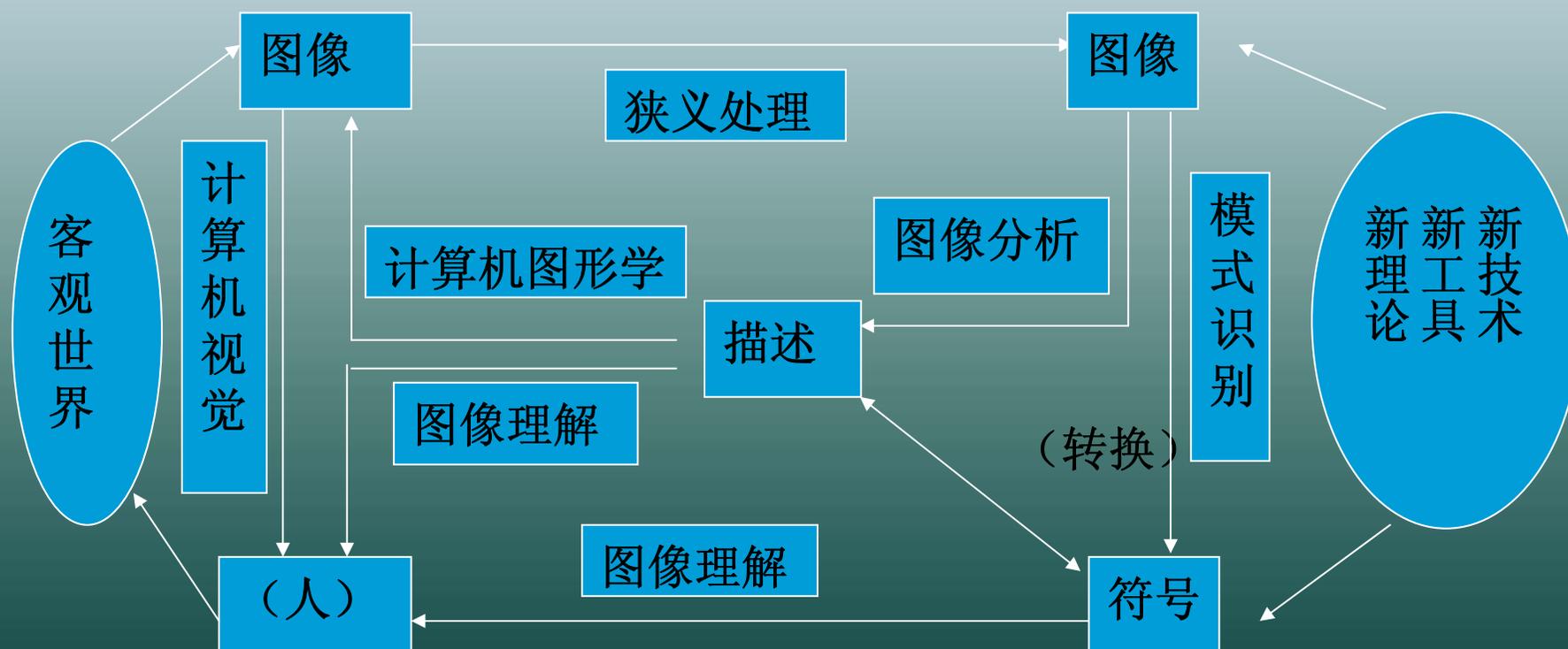
4、数字图像处理的学科特点

- 因此图像处理技术不仅是融合多学科的新兴学科，而且是工程性很强的学科。
 - 计算机应用，涉及的领域包括数学、物理学、生物学以及生理学等基础学科，又在电子技术、计算机科学、信息理论、医学、控制理论以及系统工程等应用学科新成就的促进下迅速发展。
 - 图像系统与研究目标密切相关，需针对不同应用、不同要求采用不同的方法、构建不同的系统。
- 图像处理是一门年轻的、充满活力的交叉学科，并随着计算机技术、认知科学、神经网络技术以及数学理论的新成果，如数学形态学、小波分析、分形理论的发展，以及其它相关领域的最新成就而飞速发展着。



5、与相关学科的关系

它与模式识别、计算机图形学、计算机视觉等学科既相互联系又相互区别。

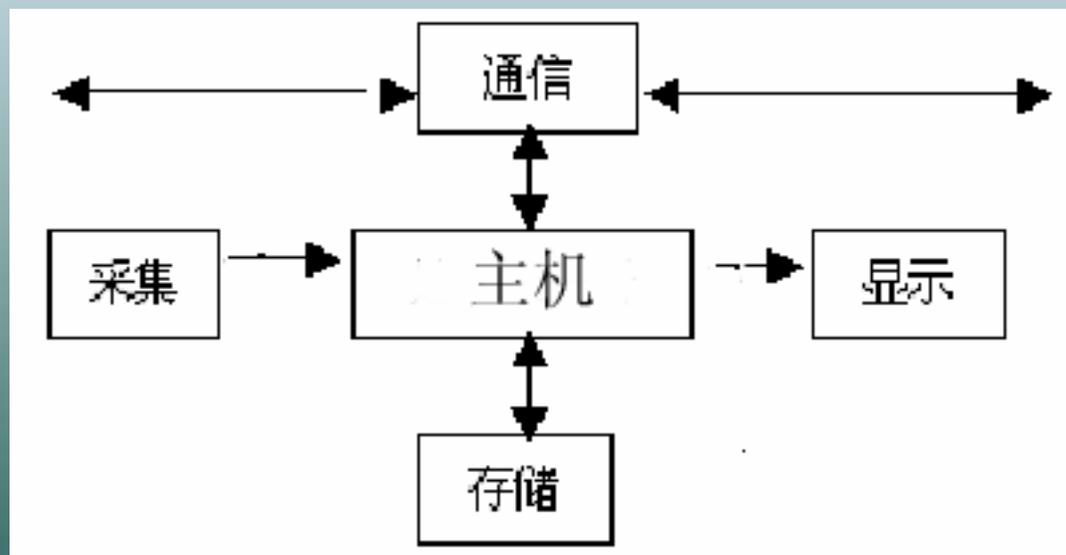


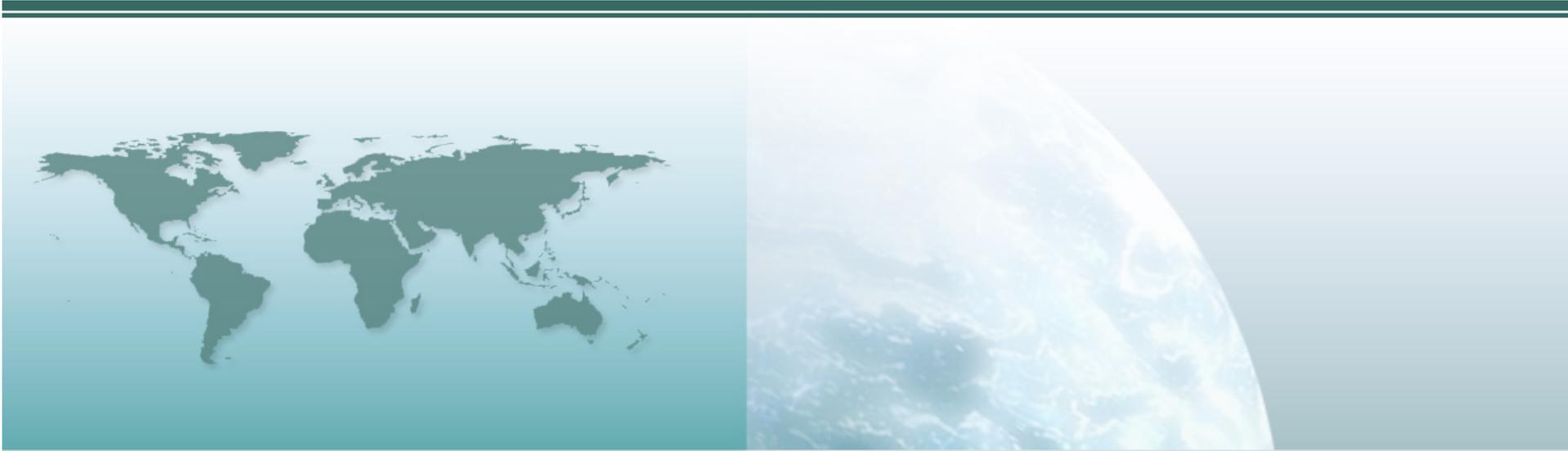


1.3 数字图像处理系统概述

数字图像处理系统由硬件和软件组成。

- 采集
- 显示
- 存储
- 通信
- 主机
- 图像处理软件





谢 谢 !
Thank you very much

