

# 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



## 第二章 遥感数字图像处理基础

### 2.1 遥感数字图像的获取与存储

#### 2.1.1 遥感数据的获取

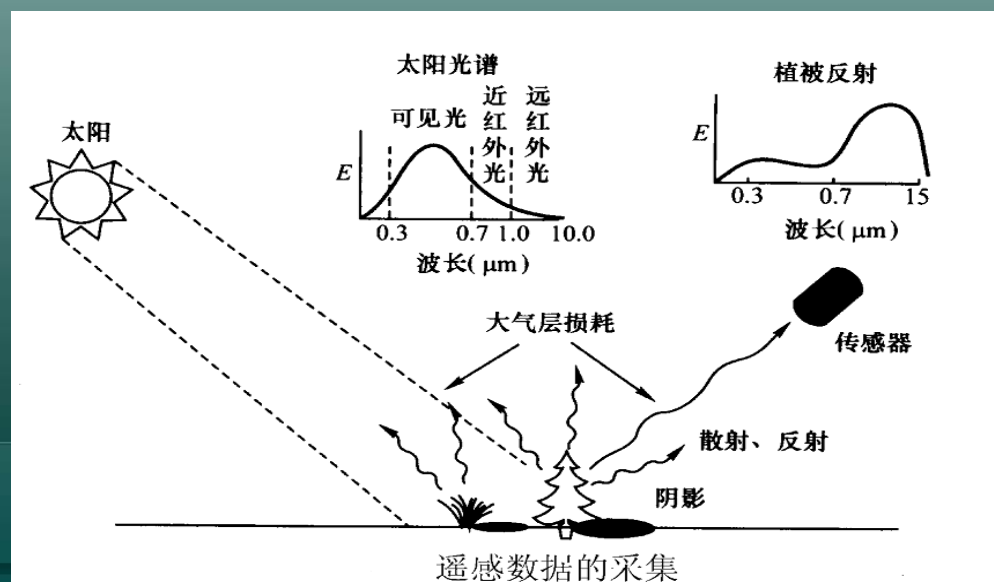
遥感是无需接触地球表面而获取其信息的科学（或艺术），它是通过感知和记录反射或发射（电磁波）能量，并处理、分析和应用所获取的信息。遥感的观测对象主要是地球表层的各类地物，也包括大气、海洋和地下矿藏中不同成分。地球表层各类地物都具有两种特征，一是空间几何特征，一是物理、化学、生物的属性特征。





## 2.1.1 遥感数据的获取

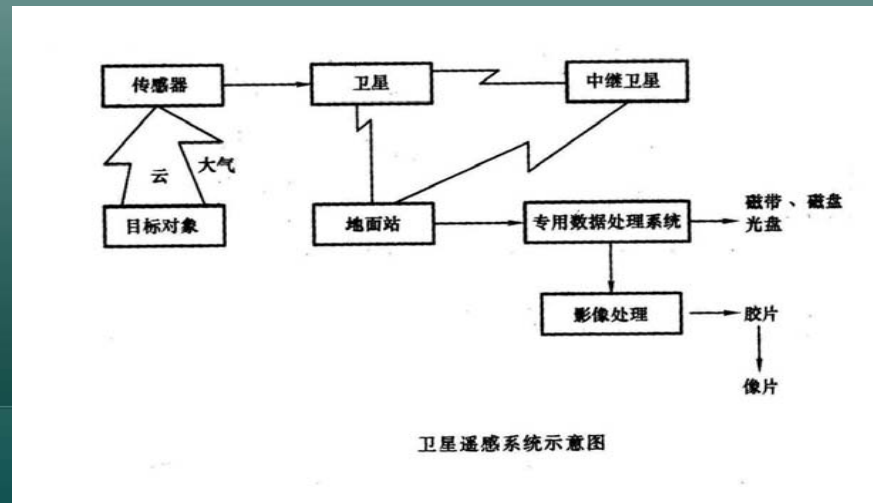
遥感器接收到地物目标的电磁波信息，被记录在胶片或数字磁带上。从遥感卫星向地面接收站传输的空间数据中，除了卫星获取的图像数据以外，还包括卫星轨道参数、遥感器等辅助数据。这些数据通常用数字信号传送。遥感图像的模拟信号变换为数字信号时，经常采用二进制脉冲编码的**PCM**式（**pulse code modulation**:脉冲编码调制）。由于传送的数据量非常庞大，需要采用数据压缩技术。卫星地面接收站的主要任务是接收、处理、存档和分发各类地球资源卫星数据。地面站接收的卫星数据通常被实时记录到**HDDT**(**high density digital tape**, 高密度磁带)上，然后根据需要拷贝到**CCT**(**computer compatible tape**, 计算机兼容磁带)、光盘、盒式磁带等其他载体上。**CCT**、光盘、盒式磁带等是记录、保存、分发卫星数据等最常用的载体。





## 2.1.2 遥感平台和传感器类型

地球表面地物目标空间信息获取主要由遥感平台、遥感器等协同完成。遥感平台 (**Platform for Remote Sensing**) 是安放遥感仪器的载体, 包括气球、飞机、人造卫星、航天飞机以及遥感铁塔等。遥感器 (**Remote Sensor**) 是接收与记录地表物体辐射、反射与散射信息的仪器。目前常用的遥感器包括遥感摄影机、光机扫描仪、推帚式扫描仪、成像光谱仪和成像雷达。按其特点, 遥感器分为摄影、扫描、雷达等几种类型。





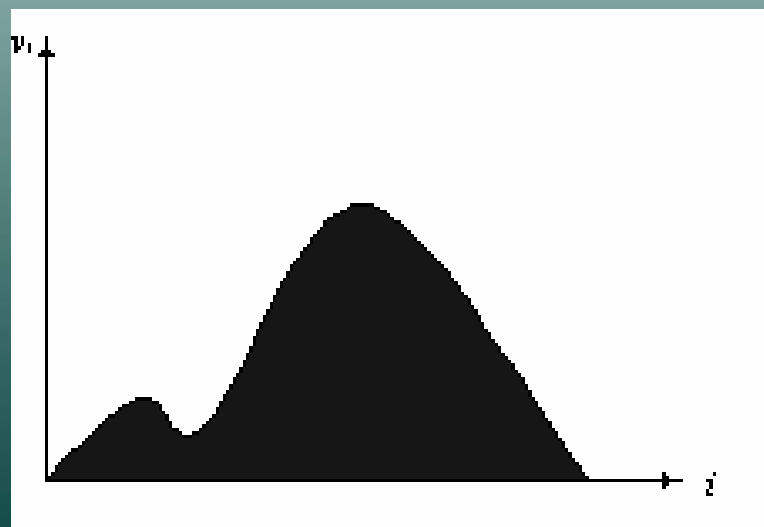
## 2.2 遥感数字图像的特征表述

### 2.2.1 图像的直方图

#### (1) 概念

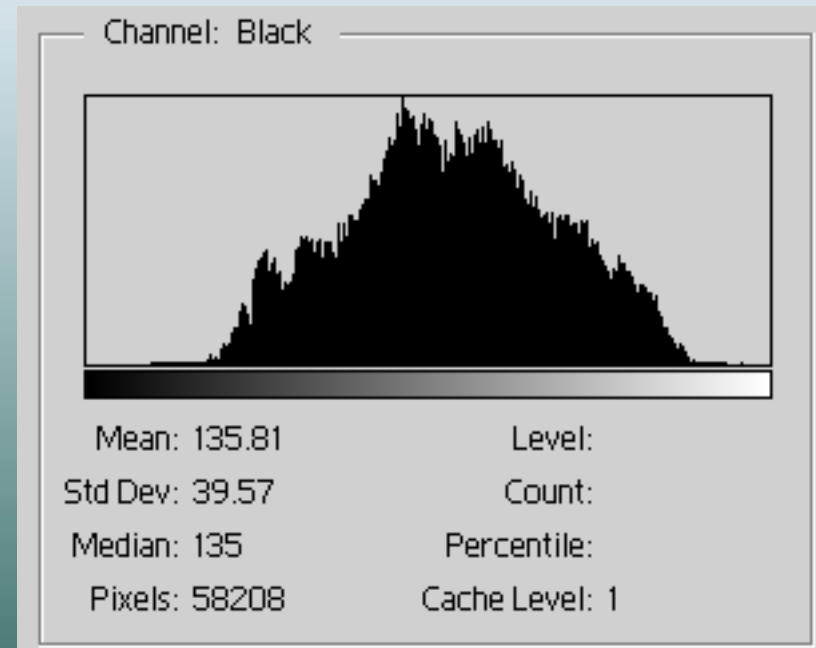
灰度直方图反映的是一幅图像中各灰度级像素出现的频率。以灰度级为横坐标，纵坐标为灰度级的频率，绘制频率同灰度级的关系图就是灰度直方图。它是图像的一个重要特征，反映了图像灰度分布的情况。如下图是几幅图像的灰度直方图。频率的计算式为：

$$v_i = \frac{n_i}{n}$$



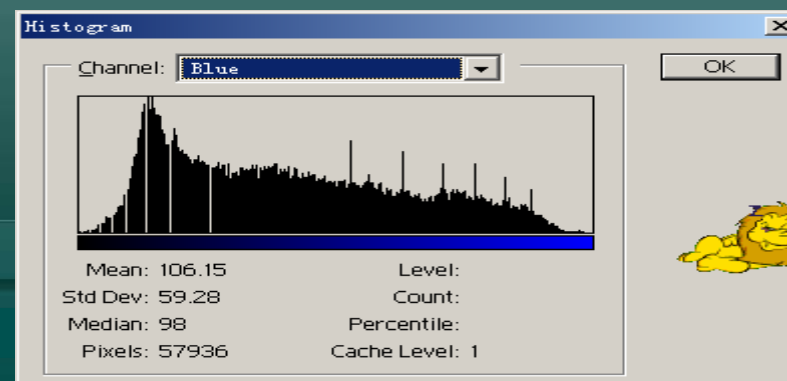
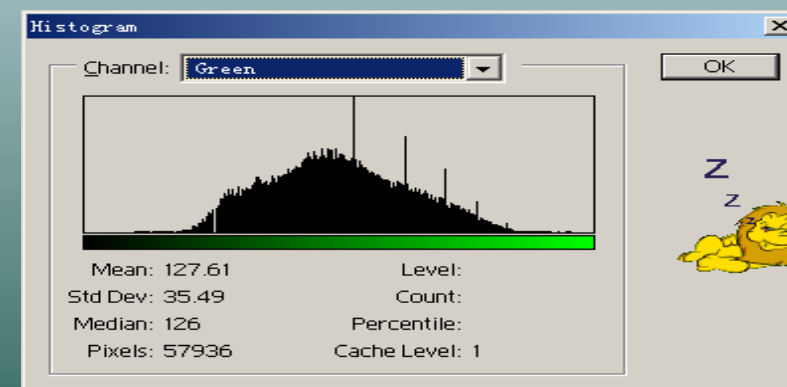
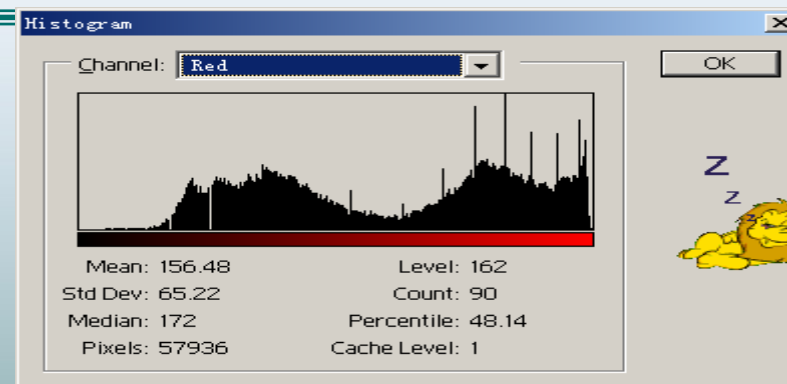


## 灰度图像的直方图





## 彩色图像的分波段直方图

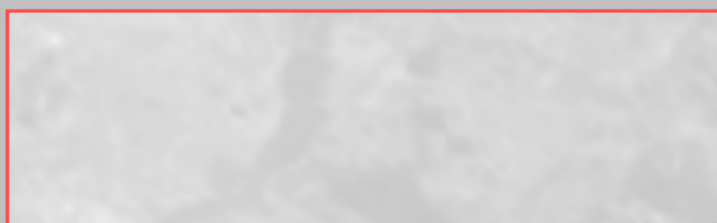




## 不同反差特征的图像



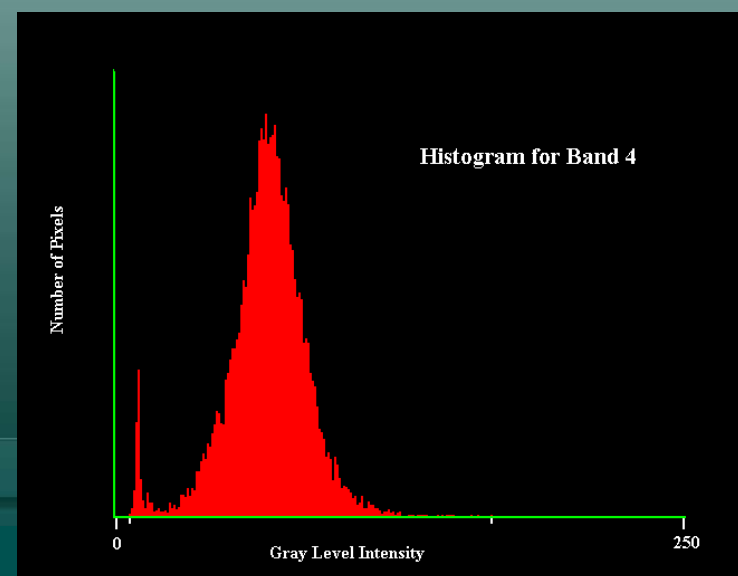
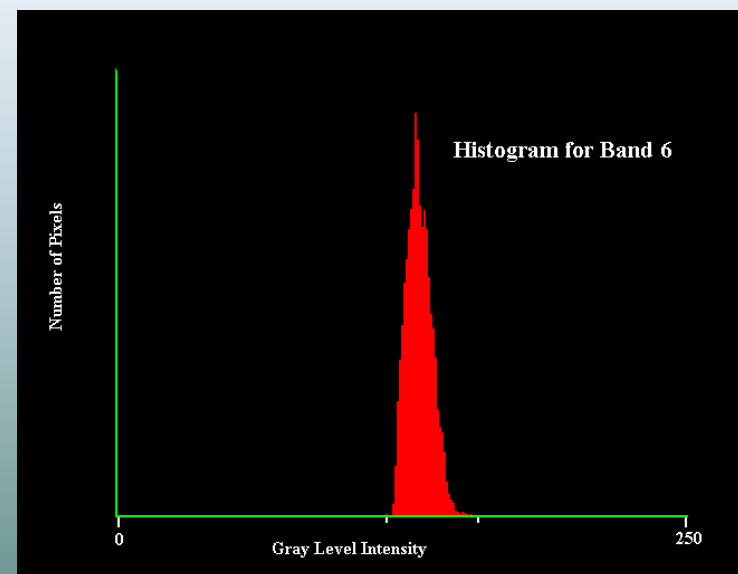
西北师范大学  
GIS开发应用研究中心



Band 6



Band 4







## (2) 计算

该图像像元总数为 $8*8=64$ ,  $i=[0, 7]$

0	1	3	2	1	3	2	1
0	5	7	6	2	5	6	7
1	6	0	6	3	5	1	2
2	6	7	5	3	6	5	0
3	2	2	7	2	4	1	6
2	2	5	6	2	7	6	0
1	2	3	2	1	2	1	2
3	1	2	3	1	2	2	1

$$v_0=5/64$$

$$v_1=12/64$$

$$v_2=18/64$$

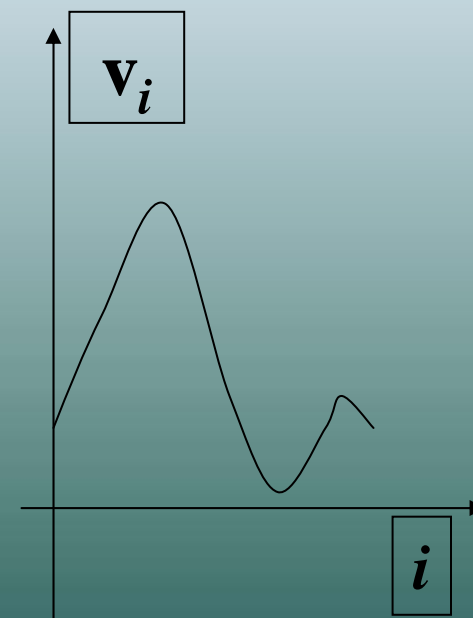
$$v_3=8/64$$

$$v_4=1/64$$

$$v_5=5/64$$

$$v_6=8/64$$

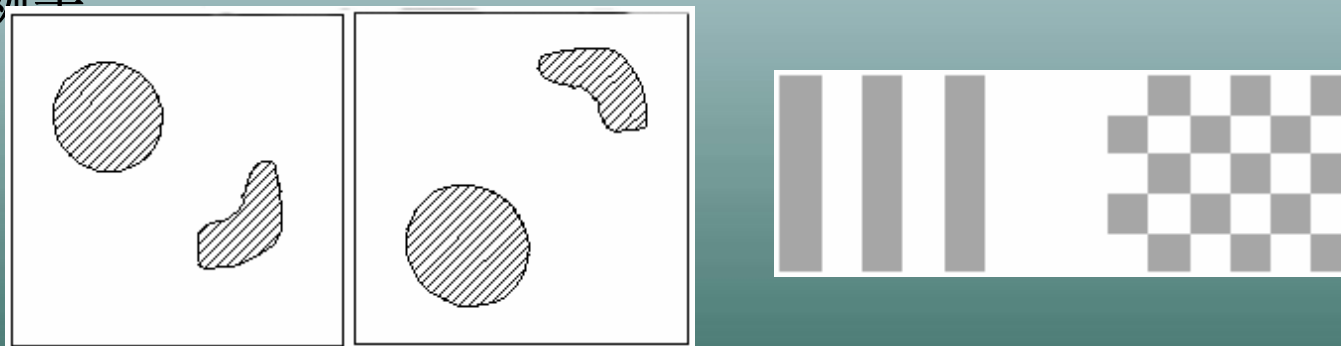
$$v_7=5/64$$





### (3) 直方图的性质

- ①灰度直方图只能反映图像的灰度分布情况，而不能反映图像像素的位置，即丢失了像素的位置信息。
- ②一幅图像对应唯一的灰度直方图，反之不成立。不同的图像可对应相同的直方图。图2.2.2给出了一个不同的图像具有相同直方图的例子



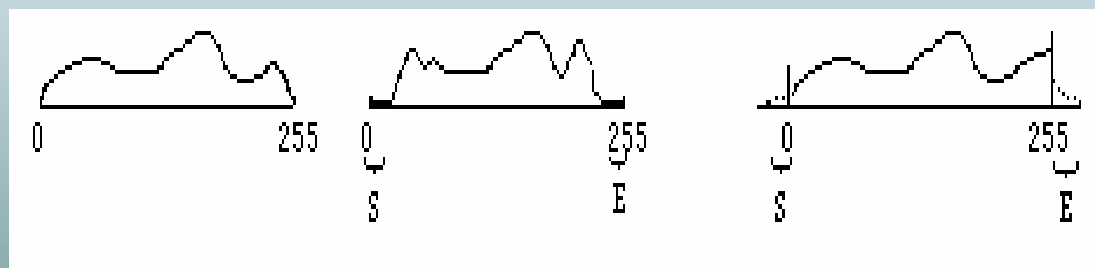
不同的图像具有相同直方图

- ③一幅图像分成多个区域，多个区域的直方图之和即为原图像的直方图。



## (4) 直方图的应用

### ①用于判断图像量化是否恰当

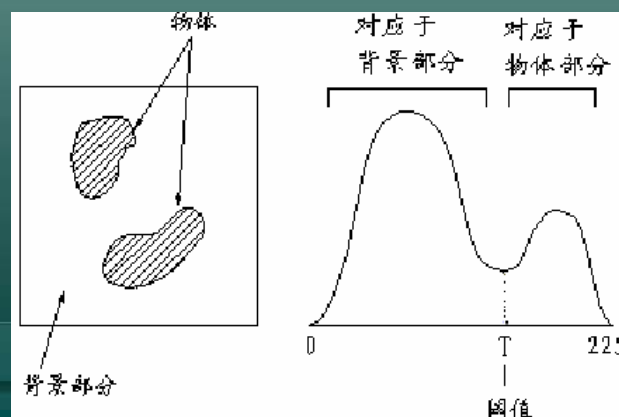


(a) 恰当量化 (b) 未能有效利用 (c) 超过了动态范围

直方图用于判断量化是否恰当

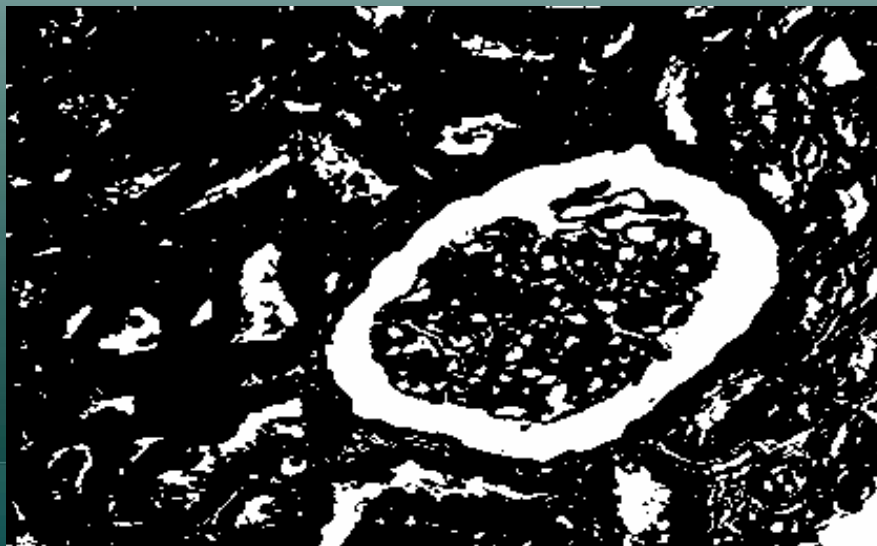
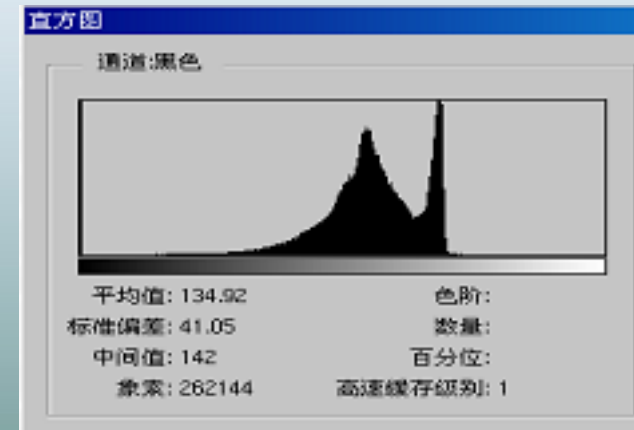
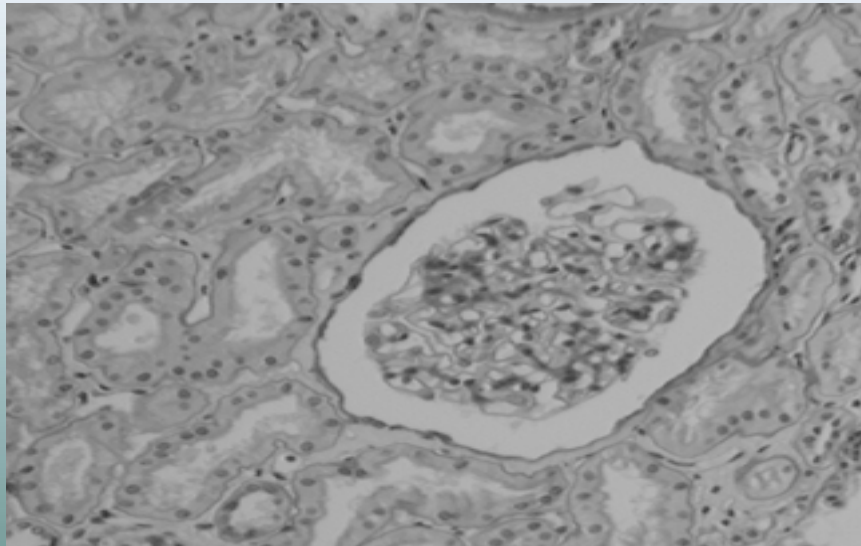
### ②用于确定图像二值化的阈值

$$g(x, y) = \begin{cases} 0 & f(x, y) \leq T \\ 1 & f(x, y) > T \end{cases}$$





## 具有二峰性的灰度图象





## (4) 直方图的应用

- ③当物体部分的灰度值比其它部分灰度值大时，可利用直方图统计图像中物体的面积。

$$A = n \sum_{i \geq T} v_i$$

- ④ 计算图像信息量H（熵）

$$H = - \sum_{i=0}^{L-1} P_i \log_2 P_i$$



## 2.2.2 遥感数字图像的分辨率

### (1) 空间分辨率

遥感图象上能够详细区分的最小单元的尺寸，是用来表征图象分辨地面目标细节能力的指标。通常用像元大小、像解率或视场角来表示。

**像元 (pixel)**：将地面信息单元离散化而形成的格网单元，单位为米，是组成图象的基本单元。像元越小，空间分辨率越高。

**像解率**是用单位距离内能分辨的线宽或间隔相等的平行细线的条数来表示，如线/毫米或线对/毫米。

**瞬时视场角 (instantaneous field of view, IFOV)**：指传感器的张角及瞬时视域，又称角分辨率。

传感器系统的空间分辨率受传感器收集系统的分辨率、探测元件的分辨率和灵敏度等多种因素的制约，将地面分辨率对传感器的张角称为传感器的角分辨率，用  $\beta$  表示， $\beta$  与波长  $\lambda$  和收集器的孔径  $D$  有关，即： $2\beta = \lambda / D$  当收集器的孔径一定时，可见光与微波的波长相差4—5个数量级，因此，相应地面分辨率也相差很大。总的来说，可见光传感器地面分辨率最高，热红外次之，微波波段最低。但是，在相同波长和孔径条件下，遥感平台的高度越高，地面分辨率越低。分辨率（像元大小）=平台高度\*角分辨率（弧度）， $D = H * IFOV$ 。



## 2.2.2 遥感数字图像的分辨率

### (2) 波谱分辨率

遥感图像的光谱分辨率指传感器选择的通道数、每个通道的波长及带宽，即所用的波段数、波长及波段宽度。传感器在接收目标辐射的光谱时能分辨的最小波长间隔，间隔愈小，分辨率愈高。不同光谱分辨率的传感器对同一地物的探测效果有很大区别，如MSS（100-200nm）、AVIRIS（10 nm）；传感器的波段选择必须考虑目标的光谱特征值，才能取得好效果，感测人体选择8-12微米，探测森林火灾应选择3-5微米。

### (3) 辐射分辨率

传感器接收光谱信号时，能分辨的最小辐射差。在遥感图象上表现为每一像元的辐射量化级(D)，如6bit，7bit，8bit，11bi等，一个6-bit的传感器可以记录26级（64）的亮度值，一个8-bit的传感器可以记录28级（256）的亮度值，一个12-bit的传感器可以记录212级（4096）的亮度值。



## 2.2.2 遥感数字图像的分辨率

### (4) 时间分辨率

对同一目标进行重复探测时，相邻两次探测的时间间隔，（重访周期），它能提供地物动态变化的信息，可用来对地物的变化进行监测，也可以为某些专题的精确分类提供附加信息。如 **LANDSAT: 16天; CBERS: 26天; 太阳同步气象卫星: 0.5天。**

### (5) 温度分辨率

热红外传感器分辨地表热辐射（温度）最小差异的能力，它与探测器的响应率和传感器系统内的噪声有直接关系，一般为等效噪声温度的2—6倍。为了获得较好的温度鉴别力，红外系统的噪声等效温度限制在**0.1-0.5K**之间,而使系统的温度分辨率达到**0.2-3.0K**。目前,TM6图像的温度分辨率可达到**0.5K**。





### 2.2.3 多波段遥感数字图像的数据格式



**BSQ (band sequential)** 格式：按波段顺序依次排列的数据格式。

**BIP (band interleaved by pixel)** 格式：每个像元按波段次序交叉排列。

**BIL (band interleaved by line)** 格式：逐行按波段次序排列。

辅助信息。

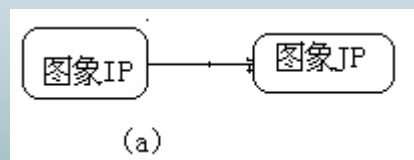


## 2.3 图像处理算法的形式

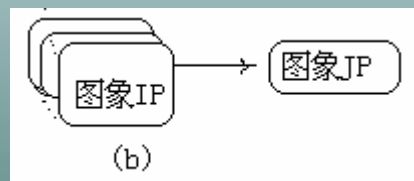
### 2.3.1 图像处理基本功能的形式

按图像处理的输出形式，图像处理的基本功能可分为三种形式

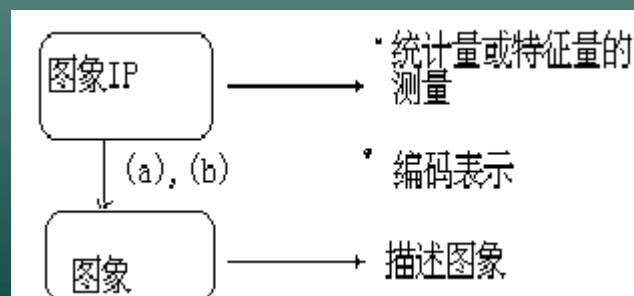
1) 单幅图像 → 单幅图像



2) 多幅图像 → 单幅图像



3) 单（或多）幅图像 → 数字或符号等





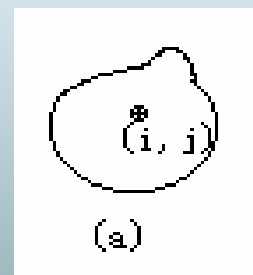
## 2.3.2 图像处理的几种具体算法

### 1. 局部处理

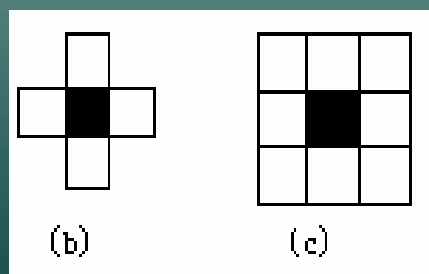
#### 邻域

对于任一像素  $(i, j)$ ，集合  $\{(i+p, j+q), p, q \text{ 取合适的整数}\}$  叫做该像素的邻域。

常用的邻域如下图，分别表示中心像素的4-邻域、8-邻域。



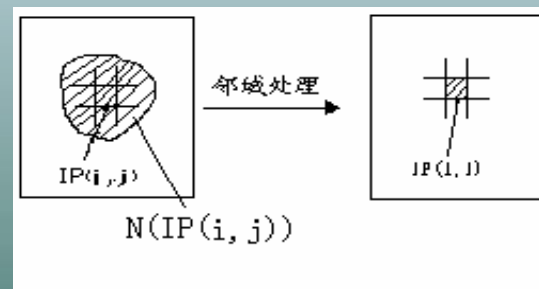
像素的邻域





## 局部处理

对输入图像 $IP(i, j)$  处理时, 某一输出像素 $JP(i, j)$  值由输入图像像素 $(i, j)$  及其邻域 $N(i, j)$  中的像素值确定。这种处理称为局部处理。

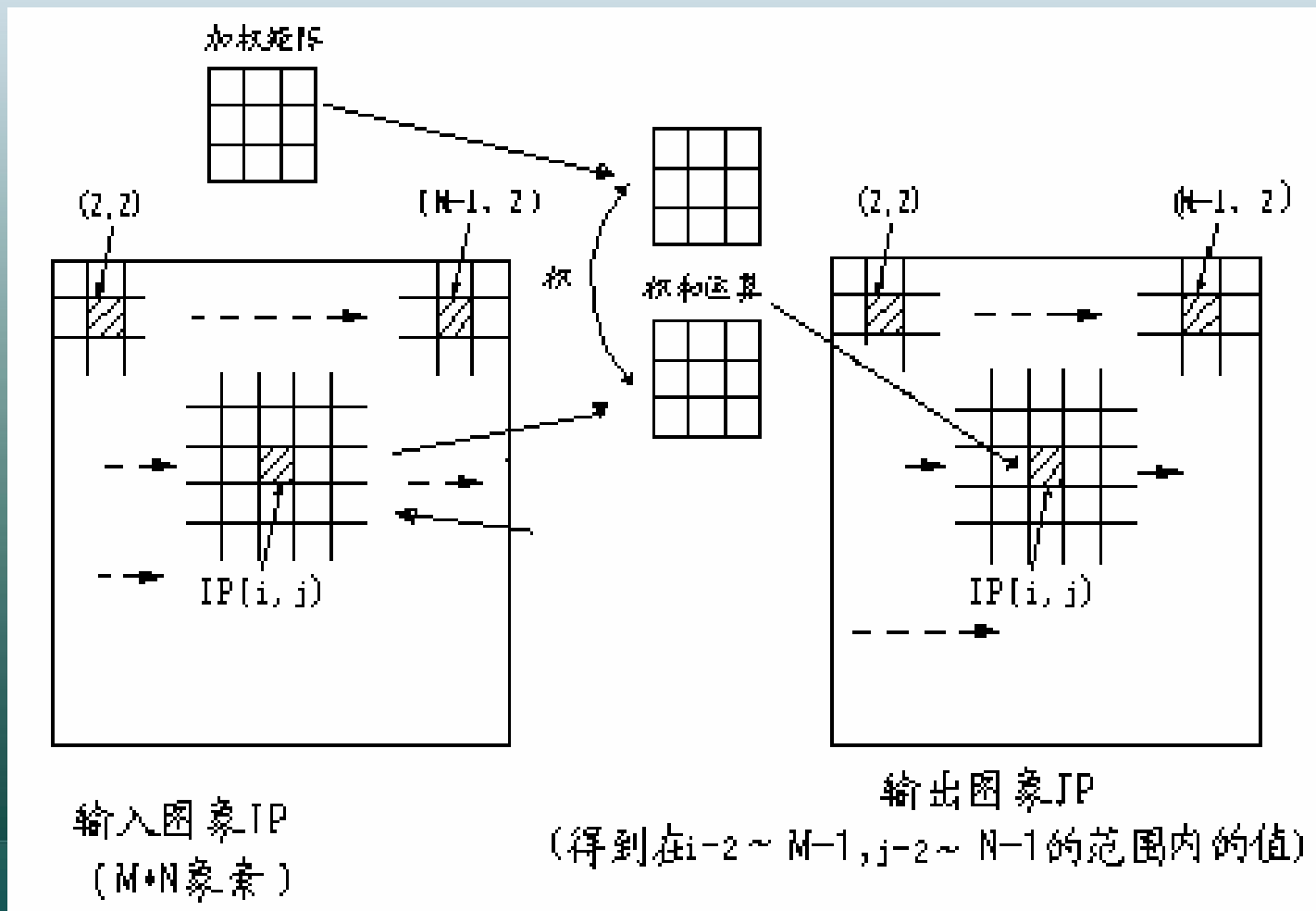


局部处理的计算表达式为

$$JP(i, j) = \phi_N (N(IP(i, j)))$$



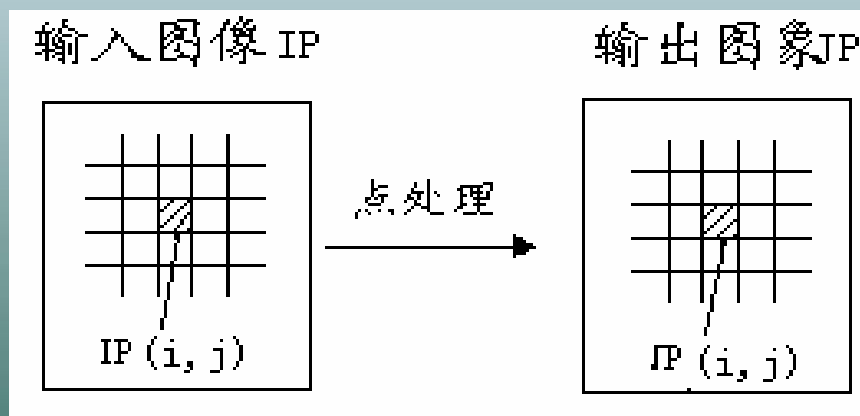
例如 对一幅图象采用 $3 \times 3$ 模板进行卷积运算。





## 点处理

在局部处理中，当输出值 $JP(i,j)$ 仅与 $IP(i,j)$ 有关，则称为点处理。



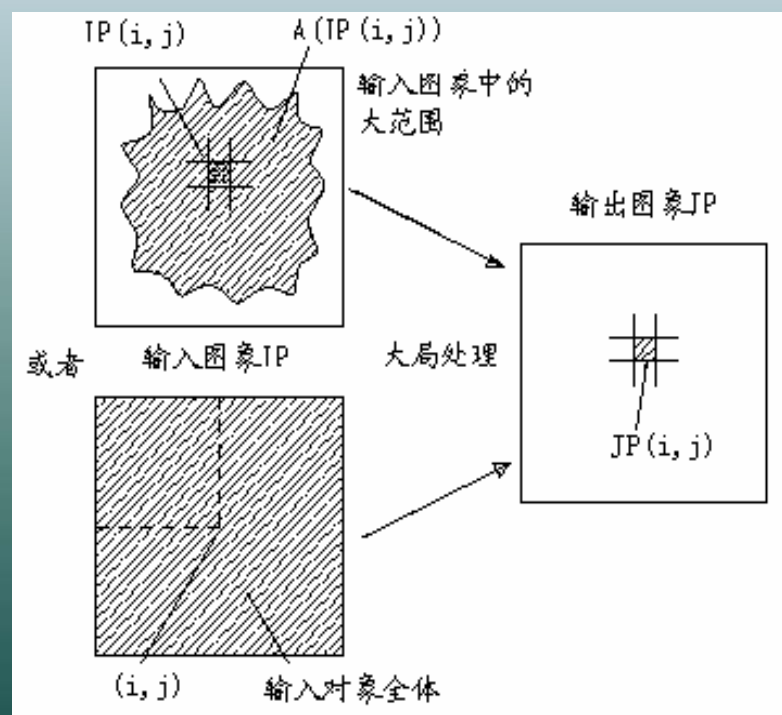
点处理的计算表达式为：

$$JP(i, j) = \phi_p (IP(i, j)) \quad (2.5 - 2)$$



## 大局处理

在局部处理中，输出像素 $JP(i, j)$ 的值取决于输入图像大范围或全部像素的值，这种处理称为大局处理。



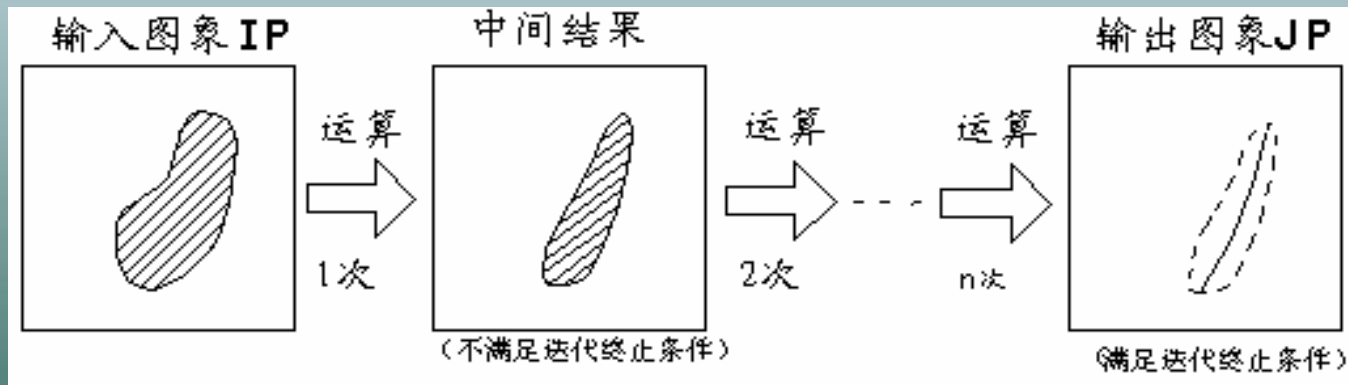
其计算表达式为：

$$JP(i, j) = \phi_G (G(IP(i, j)))$$



## 2. 迭代处理

反复对图像进行某种运算直至满足给定的条件，从而得到输出图像的处理形式称为迭代处理。如下图像的细化处理过程。



## 3. 跟踪处理

选择满足适当条件的像素作为起始像素，检查输入图像和已得到的输出结果，求出下一步应该处理的像素，进行规定的处理，然后决定是继续处理下面的像素，还是终止处理。这种处理形式称为跟踪处理。





#### 4. 位置不变处理和位置可变处理

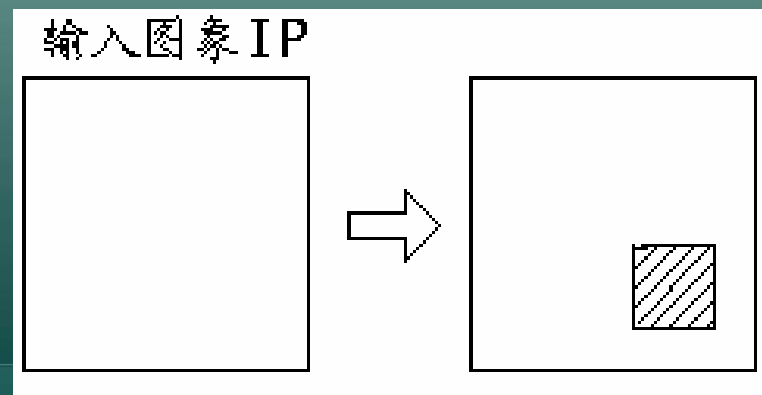
输出像素 $JP(i, j)$ 的值的计算方法与像素的位置 $(i, j)$ 无关的处理称为位置不变处理或位移不变处理。

随位置不同计算方法也不同的处理称为位置可变处理或位移可变处理。

#### 5. 窗口处理和模板处理

对图像的处理，一般采用对整个画面进行处理，但也有只对画面中特定的部分进行处理的情况。这种处理方式的代表有窗口处理和模板处理。

单独对图像中选定的矩形区域内的像素进行处理的方式叫做窗口处理



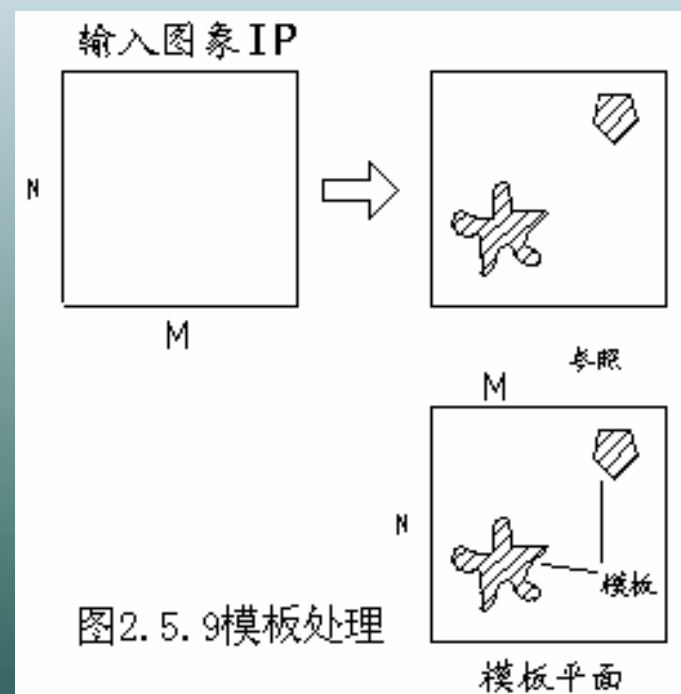


希望单独处理任意形状的区域时，可采用模板处理。

模板：任意形状的区域；

模板平面：一个和处理图像相同大小的二维数组，用来存储模板信息。一般是一幅二值图像；

模板处理：边参照模板平面边对图象进行某种操作。



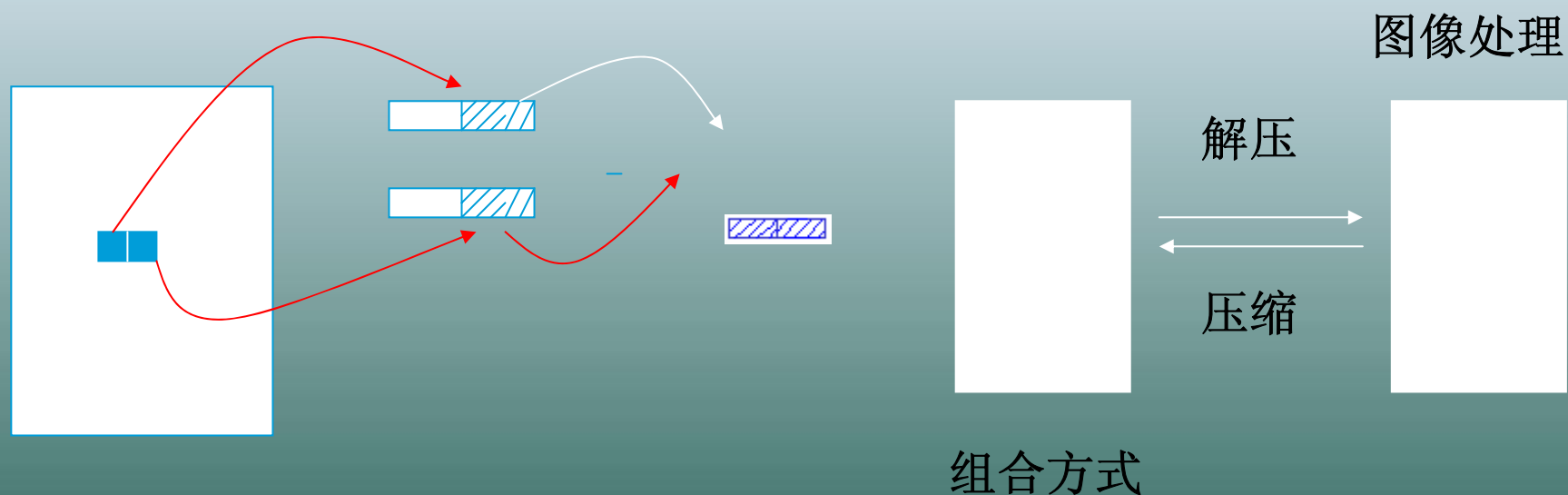
若模板成矩形区域，则与窗口处理具有相同的效果，但窗口处理与模板处理不同之处是后者必须设置一个模板平面。



## 2.3.3 图像的数据结构与特征

### 1 图像的数据结构

#### (1) 组合方式

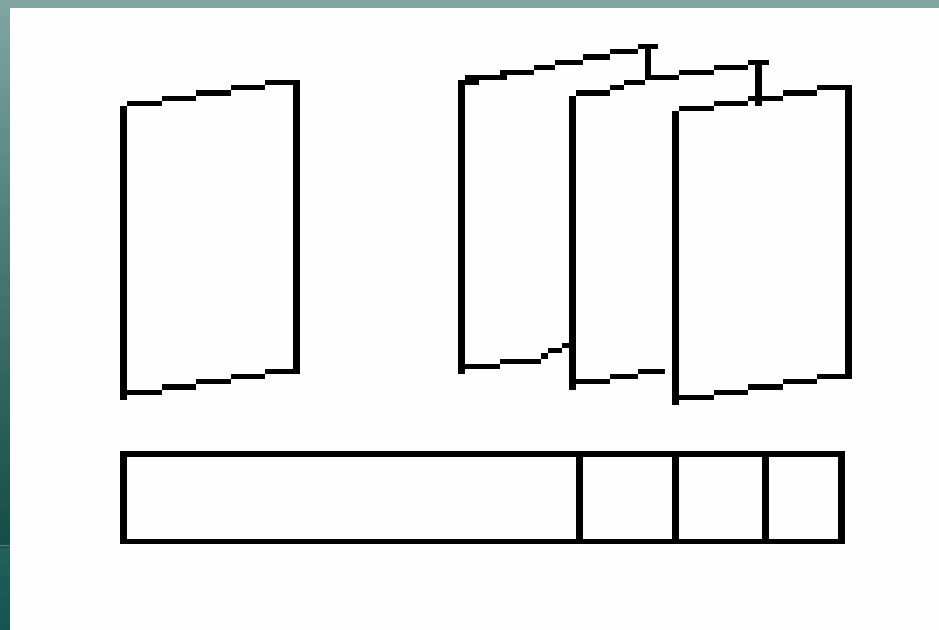


组合方式是一个字长存放多个像素灰度值的方式。它能起到节省内存的作用，但导致计算量增加，使处理程序复杂。



## 2. 比特面方式

按比特位存取像素，即将所有像素的相同比特位用一个二维数组表示，形成比特面。n个比特位的灰度图像采用比特面方式存取就有n个比特面。这种结构能充分利用内存空间，但对灰度图像处理耗时多。

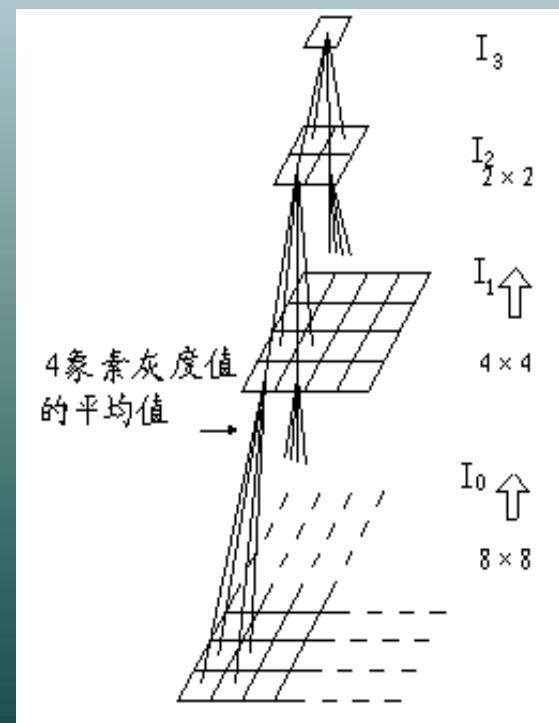




### 3. 分层结构

由原始图像开始依次构成像素数愈来愈少的一幅幅图像，就能使数据表示具有分层性，其代表有锥形(金字塔)结构。

锥形结构是对 $2^k \times 2^k$ 个像素形成的图像，看成是分辨率( $2^0 \times 2^0 \rightarrow 2^k \times 2^k$ , 但 $2^0 \times 2^0$ 不具有反映输入图像二维构造的信息)不同的 $k+1$ 幅图像的层次集合。如图所示，从输入图像 $I_0$ 开始，顺序产生像素数纵横都变为 $1/2$ 的一个一个的图像 $I_1$ ,  $I_2, \dots, I_k$ 。此时，作为图像 $I_i$ 的各像素的值，就是它前一个图像 $I_{i-1}$ 的相应的 $2 \times 2$ 像素的平均值(一般采用平均值，但也可以采用能表示 $2 \times 2$ 像素的性质的某个值)。

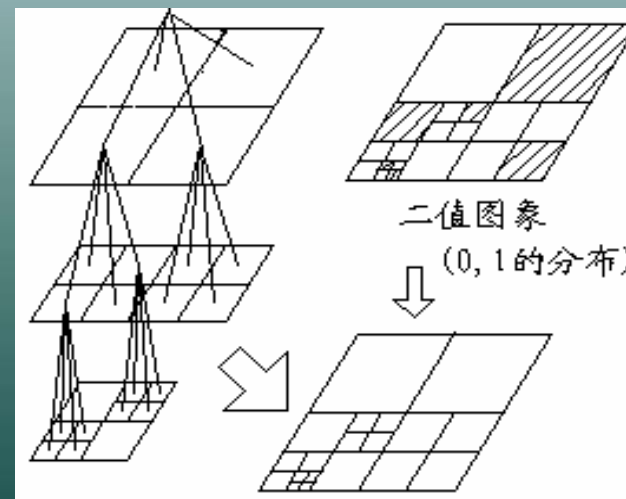




处理具有这种结构的数据时，首先对像素数少的(分)图像进行处理，然后根据需要，进到下面的像素数多的图像的对应位置，使用较细的信息进行处理。同只对原始图像进行处理的场合相比，这种先对粗图像进行处理，并限定应该仔细进行处理的范围，再进行精处理的方法，可使处理的效率得到提高。

#### 4. 树结构

对于一幅二值图像的行、列都接连不断地二等分，如果图像被分割部分中的全体像素都变成具有相同的特征时，这一部分则不再分割。



用这种方法，可以把图像用树结构(4叉树)表示。这可以用在特征提取和信息压缩等方面。



谢 谢 !  
Thank you very much

