

图像处理和分析技术



第六章 目标表达和描述技术

主讲：李子印
中国计量大学

图像识别基本流程



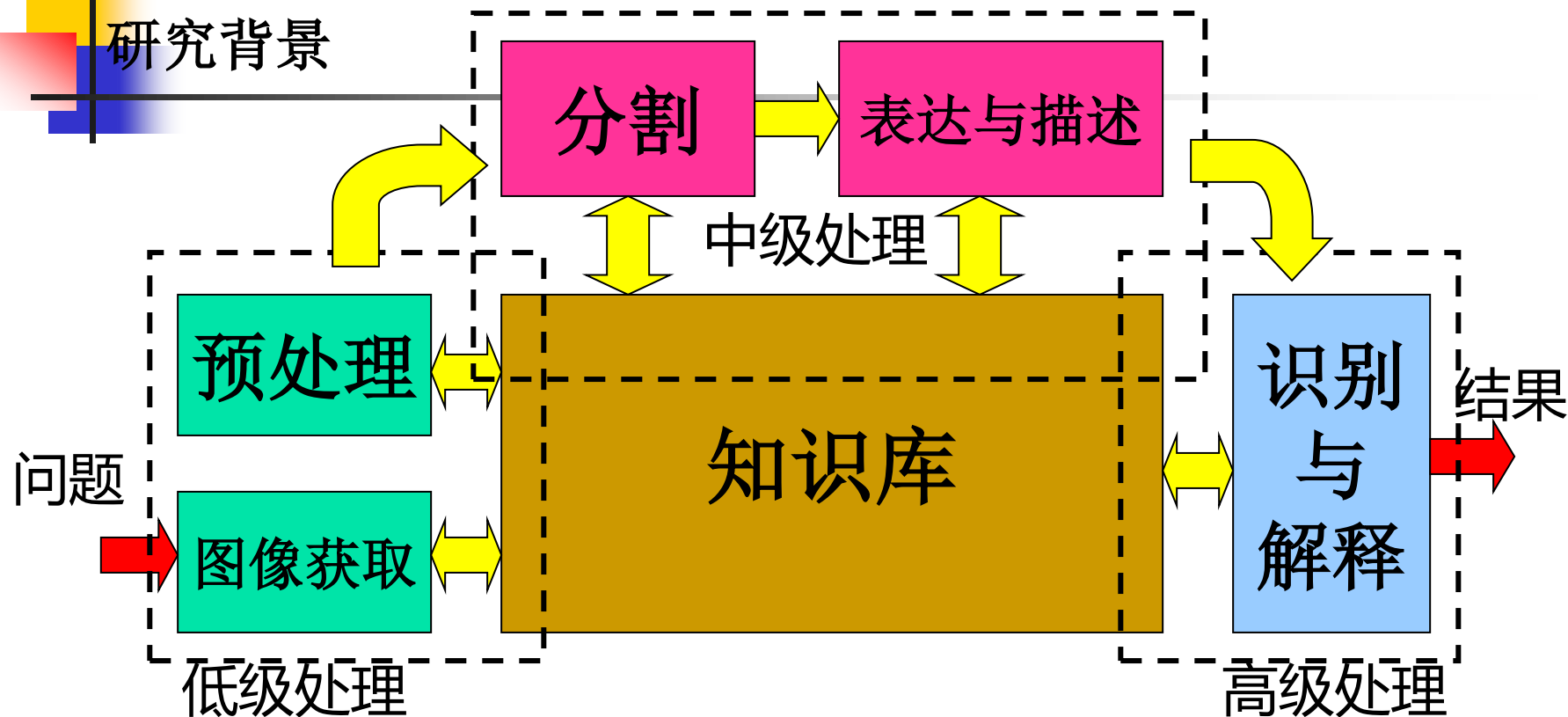
- ✓ 视频采集
- ✓ 预处理

➤ 目标检测、跟踪 ➡ ➤ 目标表达和描述 ➡ ➤ 行为分析



- ✓ 跌倒、入侵、徘徊、遗留物检测...

第六章 目标表达和描述技术



- 经过图像分割，我们可以提取出感兴趣的目标；
- 为了进一步对目标进行图像理解，我们首先需要用一定的方式将目标表达或描述出来。



第六章 目标表达和描述技术

概述

- **表达：对目标采用不同于原始图像的合适方式来表示**
 - 基于边界的表达：形状（链码表达、多边形表达）
 - 基于区域的表达：反射性质（层次表达、骨架表达、运动表达）
- **描述：抽象的表示目标特性**
 - 用一组数量或符号(描述子)来表征图像中被描述物体的某些特征。
 - 边界描述和区域描述
- **关系**
 - 表达对描述起重要作用，限定了描述的精确性
 - 只有目标的描述，表达方法才有意义
 - 表达侧重于数据结构，描述侧重于区域特征及区域间的关系。

6.1 轮廓的链码表达

6.1.1 基本原理

对轮廓点的一种编码表示

特点：一系列有向直线段

4-连接

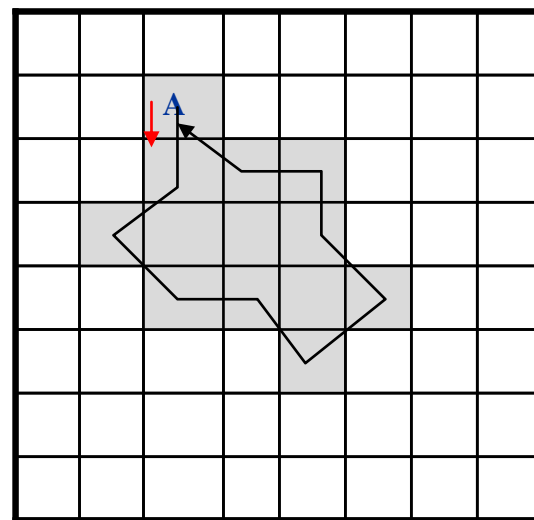
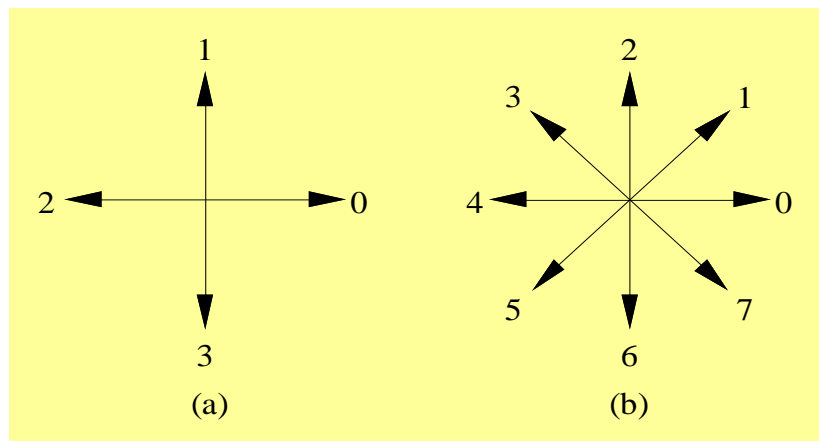
8-连接

① 特定长度

（固定）

② 方向数目有限

（连接情况）



A:6570713243

6.1 轮廓的链码表达

6.1.1 基本原理

紧凑的表达方式

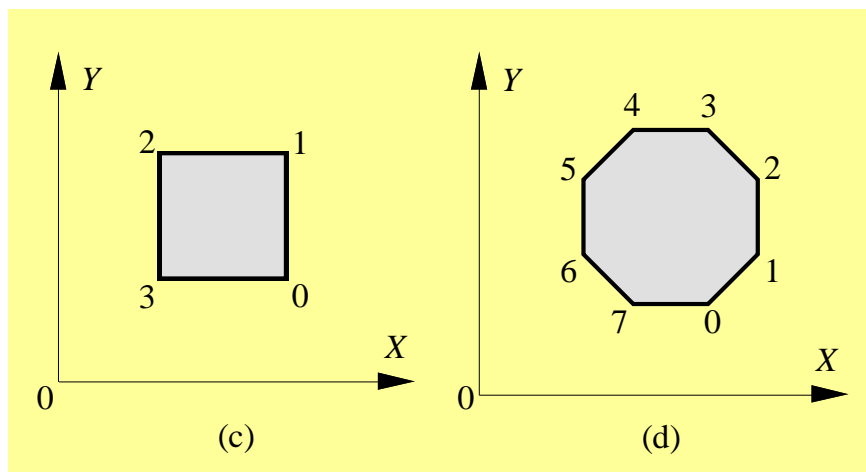
起点需用（绝对）坐标表示

其余点只用接续方向来代表偏移量

可大大减少轮廓表示所需的数据量
常用：

① 4-方向链码

② 8-方向链码



6.1 轮廓的链码表达

6.1.2 链码轮廓表达示例及改进

直接对目标轮廓进行链码表达可能出现2个问题：

- 对不光滑的轮廓，产生的码串常很长；
- 噪声等干扰会导致小的轮廓变化而使链码发生与目标整体形状无关的较大变动。

如何改进？



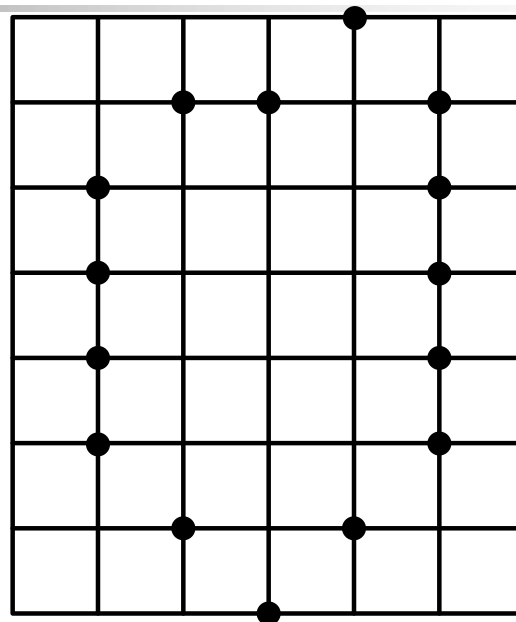
(a)

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

(b)

图 7.1.2 8-方向链码示例

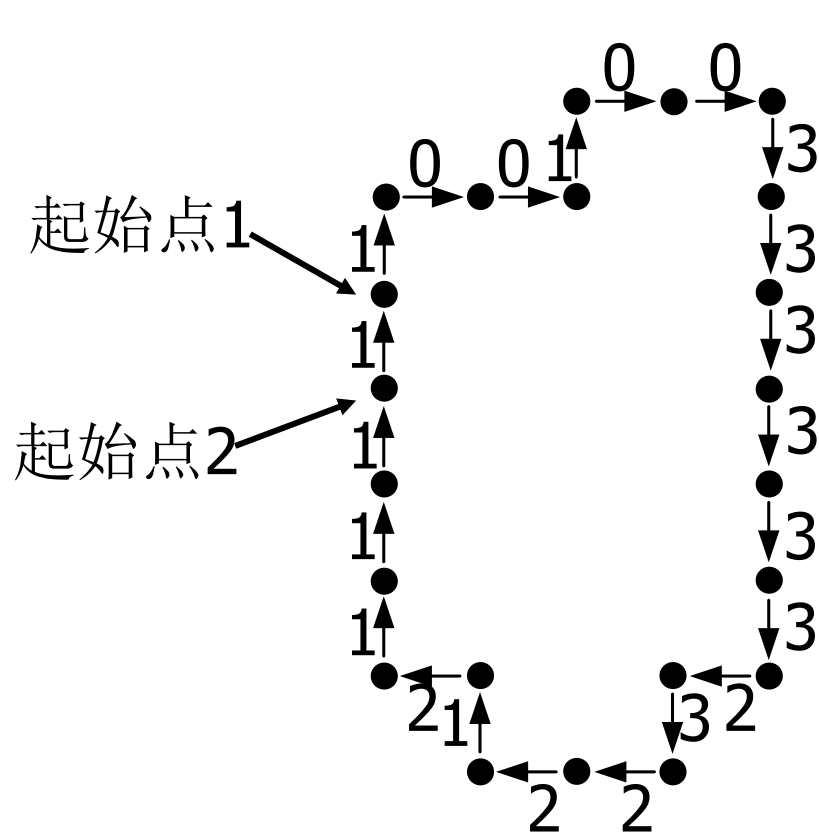
6.1.2 链码轮廓表达示例及改进



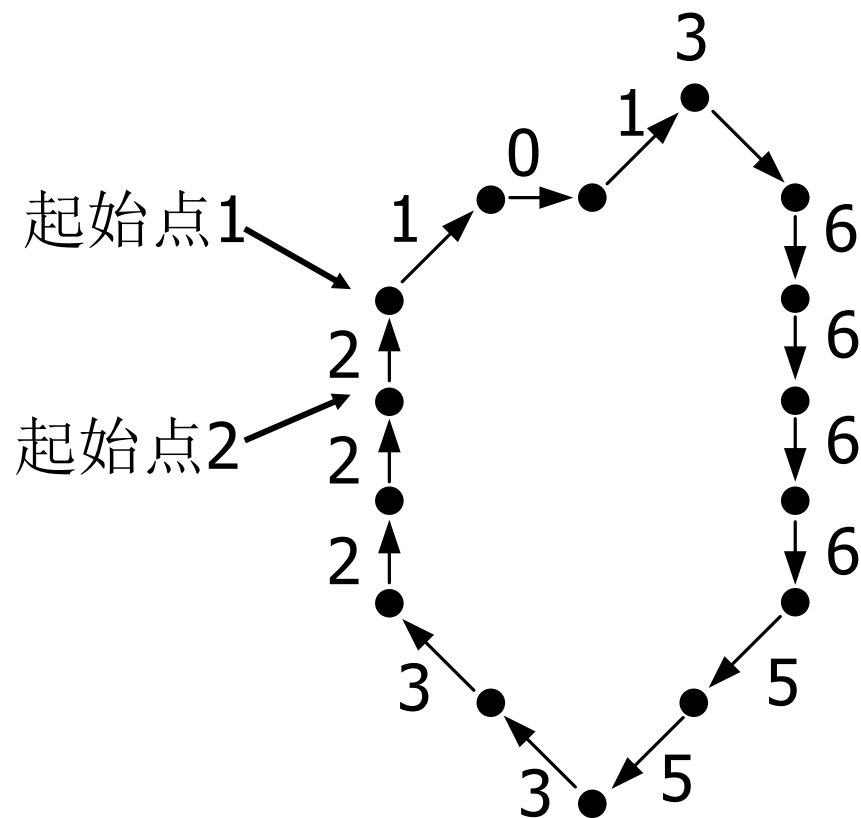
(b) 与大网格节点对应的新边界点

6.1 轮廓的链码表达

6.1.2 链码轮廓表达示例及改进



(c) 4方向链码表示的重采样结果



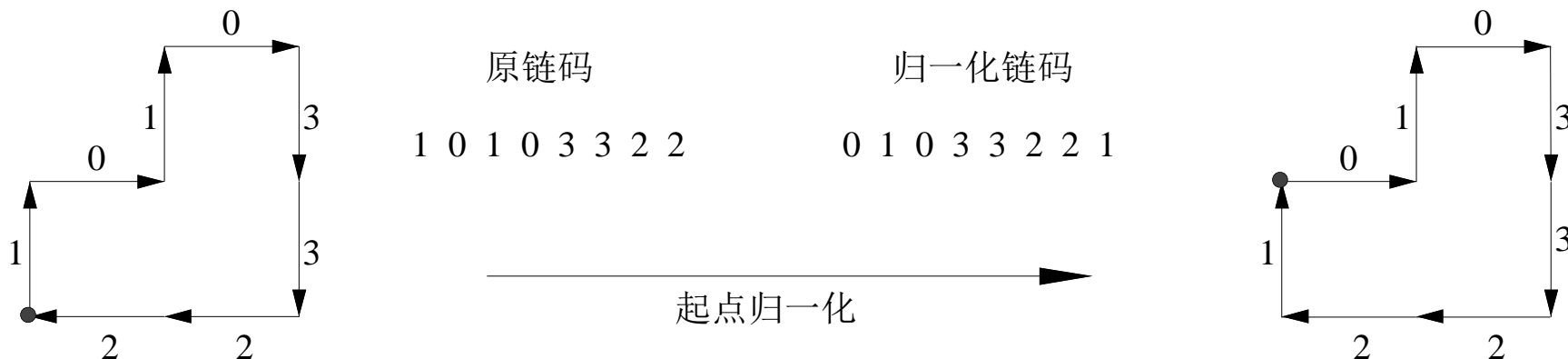
(d) 8方向链码表示的重采样结果

6.1 轮廓的链码表达

6.1.3 链码归一化

1. 起点归一化

- 为什么要进行链码归一化；
- 起点归一化的方法：将链码看作由方向数构成的自然数，选取值最小的自然数顺序。



6.1 轮廓的链码表达

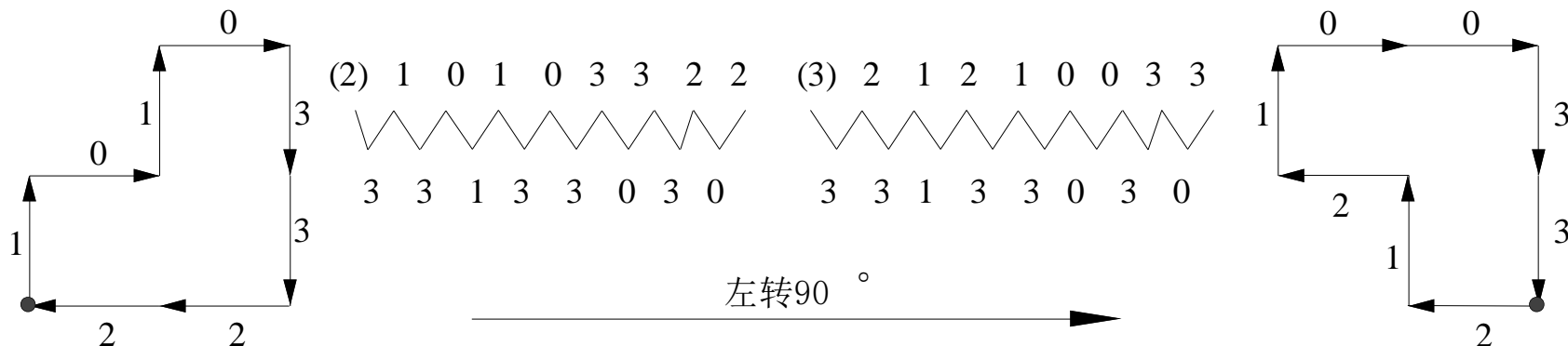
6.1.3 链码归一化

2. 旋转归一化

为什么要进行旋转归一化

利用链码的一阶差分

差分码不随轮廓旋转而变化

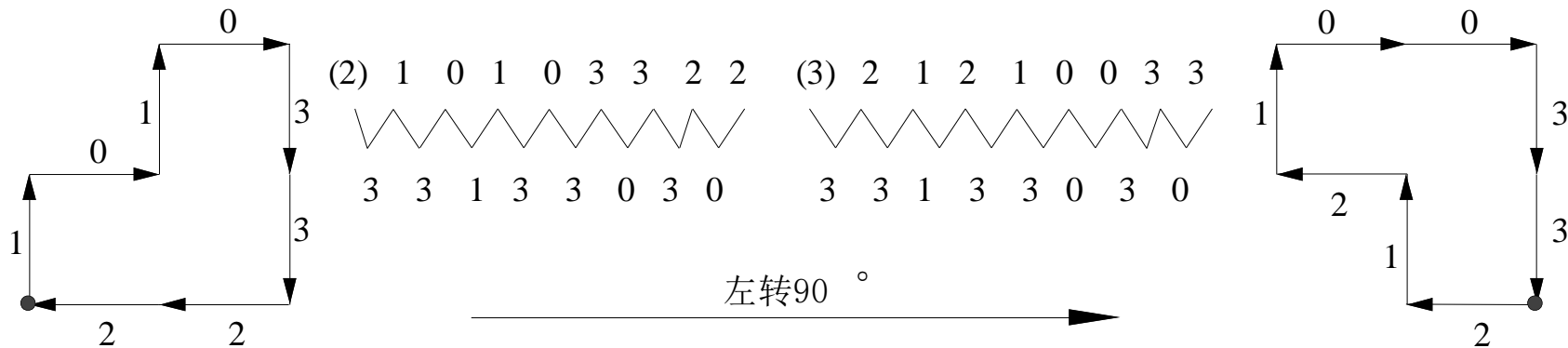


6.1 轮廓的链码表达

6.1.4 形状数

- 是根据轮廓链码得到的轮廓形状描述符;
- 是轮廓差分码中其值最小的1个序列;

03033133





6.2 轮廓线段的近似表达

6.2.1 基本原理

- 噪声、采样使数字轮廓有很多小的不规则处；
- 可用多边形去近似逼近轮廓；
- ✓ 抗干扰性能好；
- ✓ 能节省表达所需要的数据量；
- ✓ 可根据需求逼近到任意的精度；



6.2 轮廓线段的近似表达

6.2.1 基本原理

主要方法：

- 基于收缩的最小周长多边形法；
- 基于聚合的最小均方误差线段逼近法；
- 基于分裂的最小均方误差线段逼近法。

6.2 轮廓线段的近似表达

6.2.2 最小周长多边形法

- 将原目标轮廓看成是有弹性的线，将轮廓线拉紧；

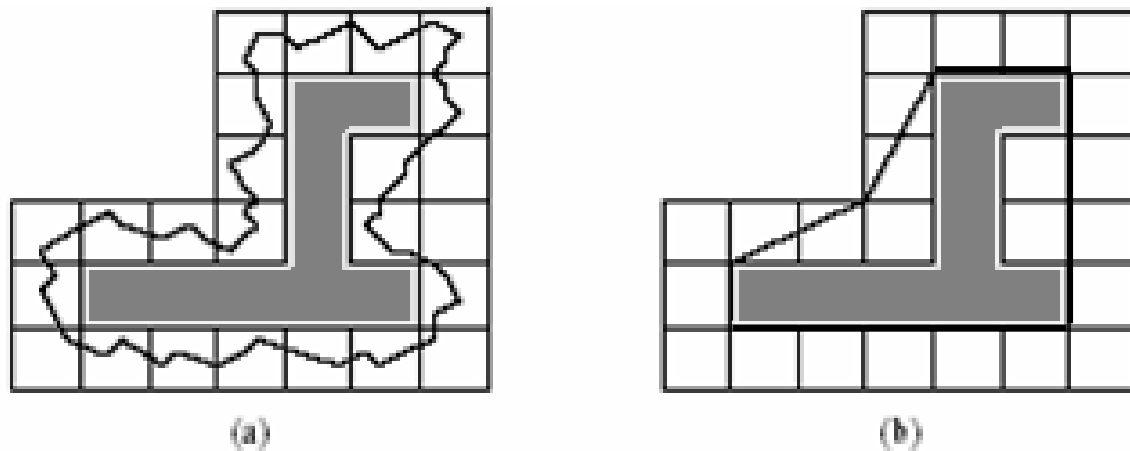


图 7.2.1 最小周长多边形法

6.2 轮廓线段的近似表达

6.2.3 基于聚合的最小均方误差线段逼近法

沿轮廓依次连接像素

- 选一个轮廓点为起点，用直线依次连接该点与相邻的轮廓点；
- 分别计算各直线与轮廓的拟合误差，把误差超过某个限度前的线段确定为多边形的1条边并将误差置零；然后以线段的另1端点为起点继续连接轮廓；
- 直至绕轮廓1周，就可得到1个轮廓的近似多边形。

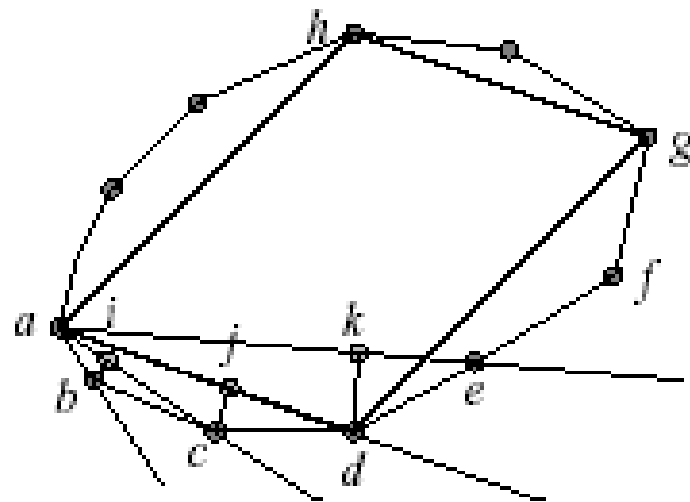


图 7.2.2 聚合逼近多边形

6.2 轮廓线段的近似表达

6.2.4 基于分裂的最小均方误差线段逼近法

- 连接轮廓上相距最远的2个像素；
- 根据一定准则进一步分解轮廓；
- 直到拟合误差满足一定限度。

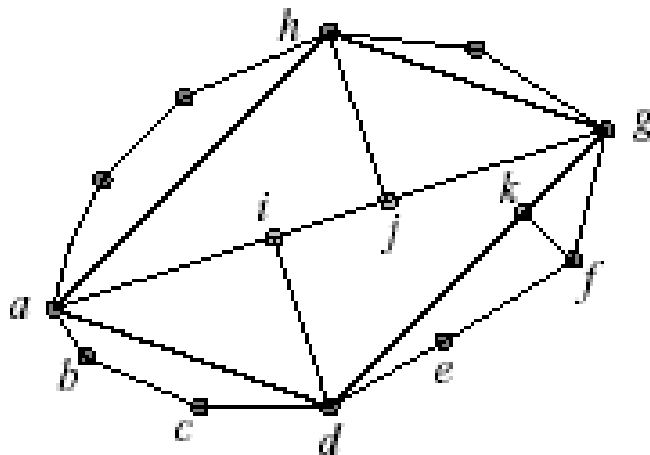


图 7.2.3 分裂逼近多边形



6.3 边界标记

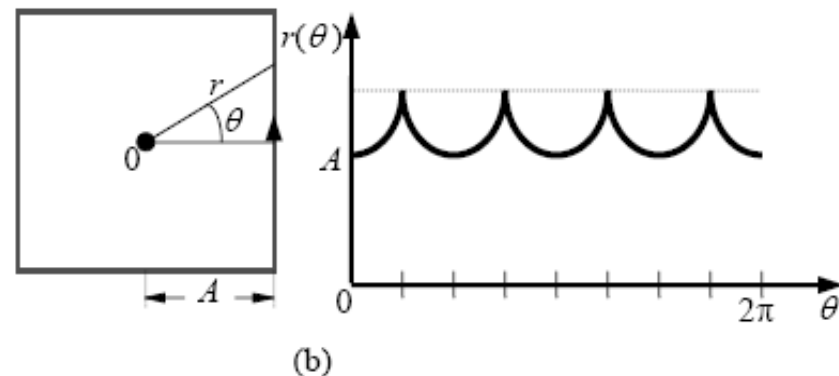
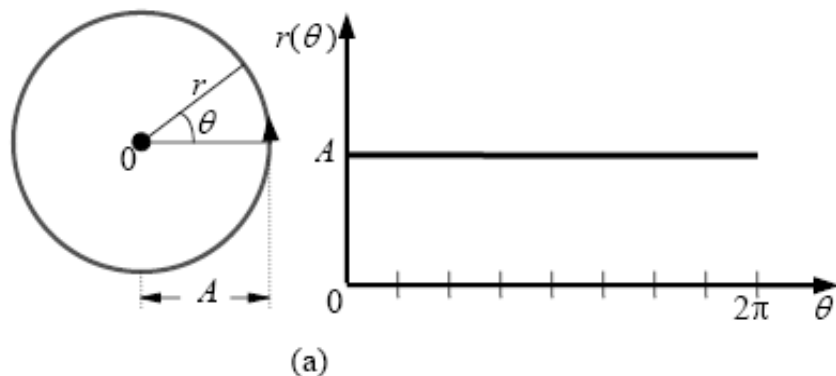
6.3.1 基本思想

- 把2-D的边界用1-D的较易描述的函数形式来表达；
- 把2-D形状描述的问题转化为对1-D波形进行分析的问题；
- 边界标记可用广义的投影来产生；
- 可能丢失信息。

6.3 边界标记

6.3.2 距离为角度的函数

- 对给定目标求出重心；
- 边界点与重心的距离表示为角度的函数。

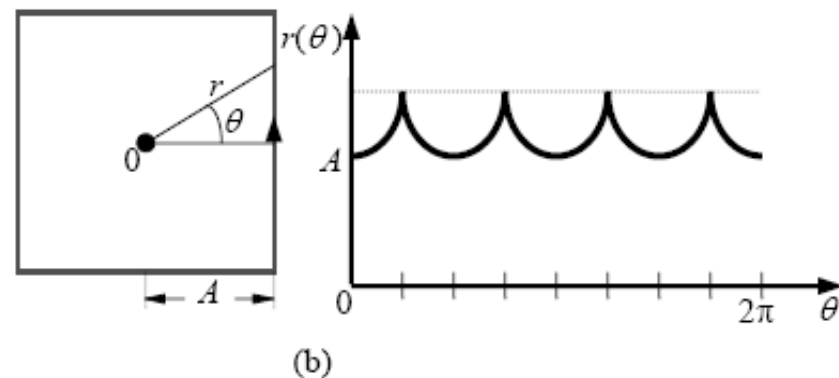
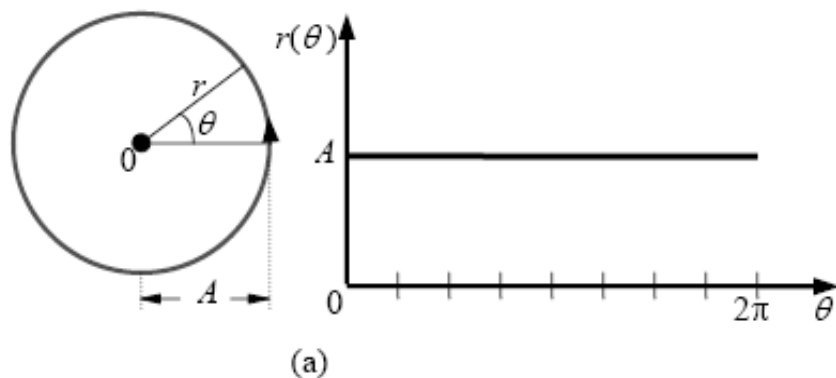


两个距离为角度函数的标记

6.3 边界标记

6.3.2 距离为角度的函数

- 不受目标平移影响，但会随目标的旋转或放缩而变化；
- 放缩-把最大幅度值归一化到单位值；
- 旋转-选定一个不随目标朝向变化而产生标记的起点（等效椭圆法）。

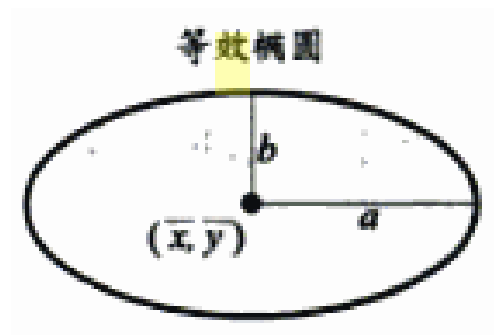
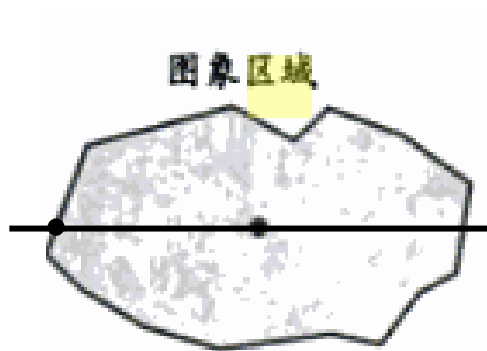


两个距离为角度函数的标记

6.3 边界标记

6.3.2 距离为角度的函数

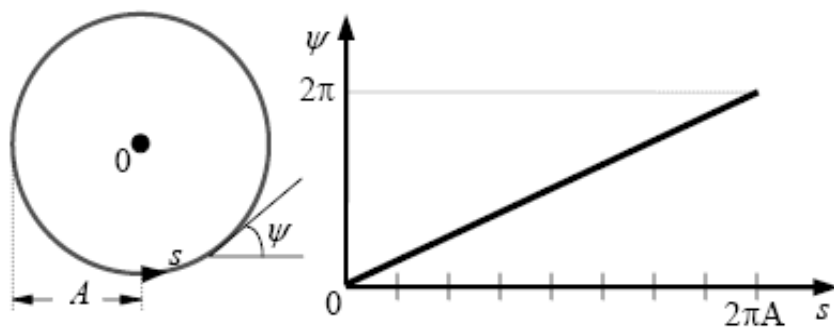
- 不受目标平移影响，但会随目标的旋转或放缩而变化；
- 放缩-把最大幅度值归一化到单位值；
- 旋转-选定一个不随目标朝向变化而产生标记的起点（等效椭圆法）。



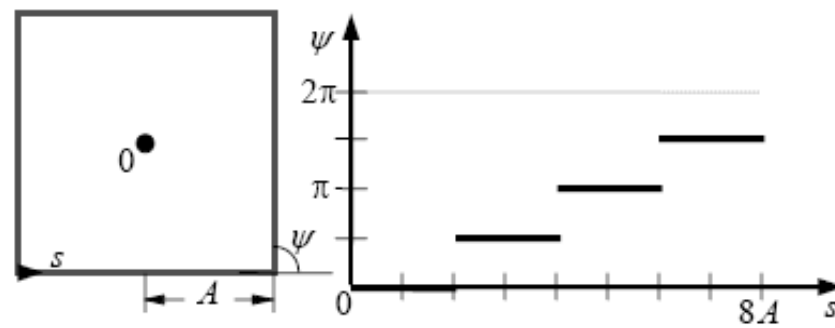
6.3 边界标记

6.3.3 切线角为弧长的函数(ψ - s 曲线)

- 沿边界目标一周，在每个位置做出该点切线，该切线与一个参考方向之间的角度值就给出一种标记；
- ψ 为参考方向与切线的夹角；
- s 为所绕过的边界长度。



(a)



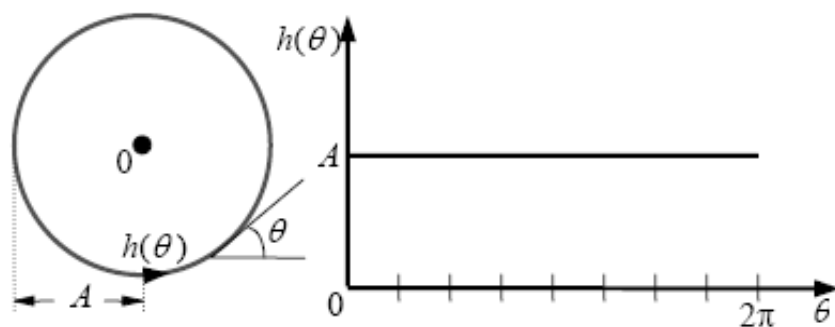
(b)

两个切线角为弧长函数的标记

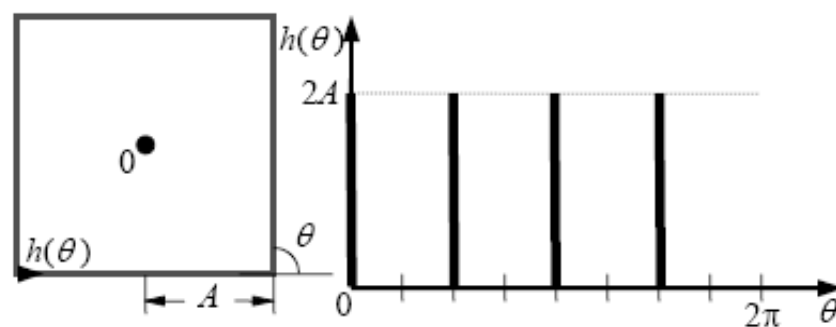
6.3 边界标记

6.3.4 斜率密度函数

- 可看作将 ψ - s 曲线沿 ψ 轴投影的结果；
- 切线角的直方图 $h(\theta)$ ；
- 对具有常数切线角的边界段有比较强的响应。



(a)



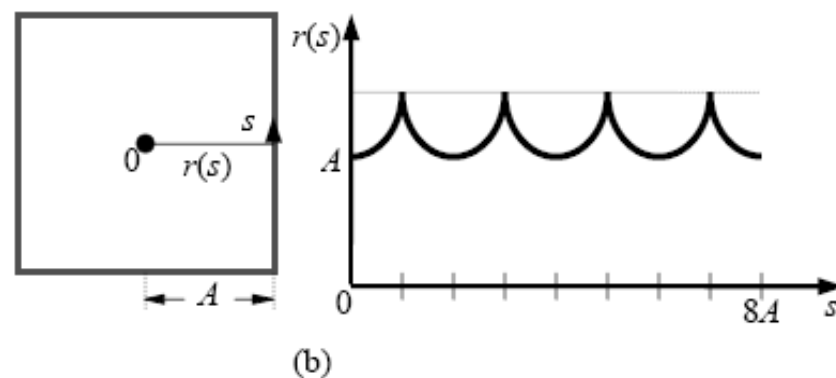
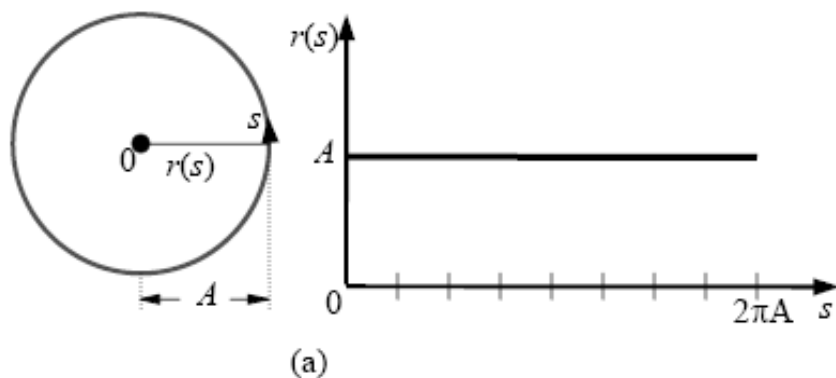
(b)

两个斜率密度函数的标记

6.3 边界标记

6.3.5 距离为弧长的函数

- 通过从一个点开始沿边界围绕目标逐渐而做出来的基于边界的标记；
- 将各个边界点与目标重心的距离作为边界点序列的函数；



两个距离为弧长函数的标记

6.4 边界描述

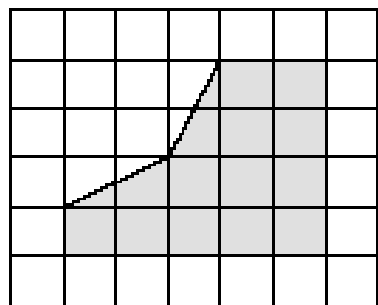
6.4.1 简单的边界描述子

1、**轮廓长度**:边界所包围区域的轮廓的周长.

(1) 轮廓点数;

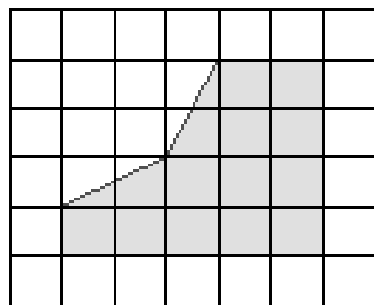
(2) 水平和垂直方向上边界线段的个数加上 $\sqrt{2}$ 倍的对角线方向上的边界线段的个数.

$$p = N_e + \sqrt{2}N_d.$$



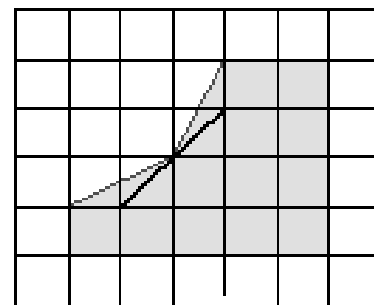
(a)

多边形



(b)

4方向连通轮廓 (18)



(c)

8方向连通轮廓 (16.8)

6.4 边界描述

6.4.1 简单的边界描述子

2、边界的直径、长轴、短轴和基本矩

边界的直径：为连接边界上两个距离最远点的线段的长度。边界A的直径定义为： $Diam(A) = \max_{i,j} [D(di, dj)]$

其中， di 、 dj 为边界A上的点， $D(di, dj)$ 表示这两点之间的距离。

6.4 边界描述

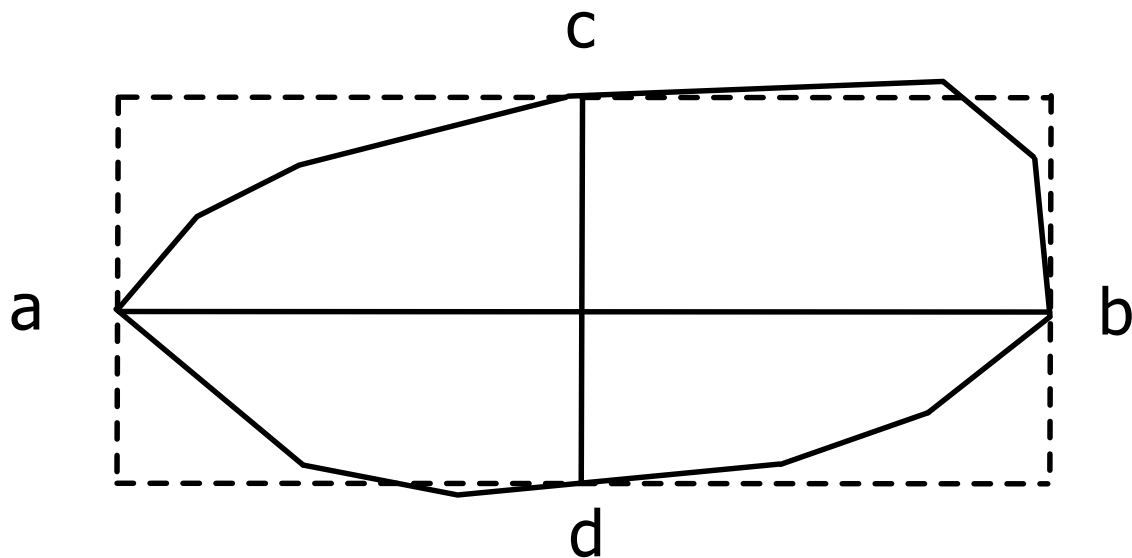
6.4.1 简单的边界描述子

2、边界的直径、长轴、短轴、基本矩形

边界的长轴：即边界的直径；

边界的短轴：与长轴垂直并与边界相交的两点之间距离最长的线段。

边界的基本矩形：由边界的长轴和短轴与边界的4个交点确定的矩形。

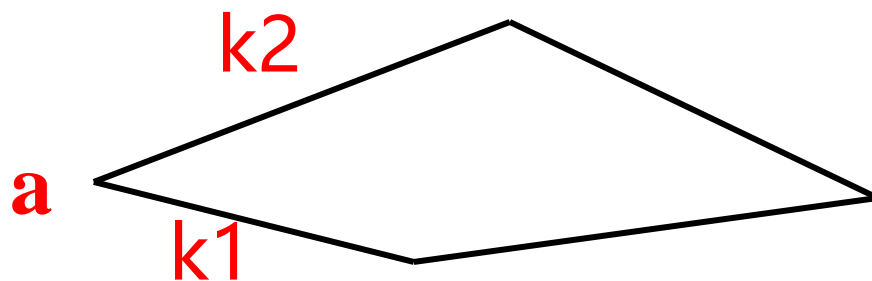


6.4 边界描述

6.4.1 简单的边界描述子

3、边界的曲率

曲率：是斜率的变化率，通常利用相邻边界线段的斜率差来近似代替该点的曲率。



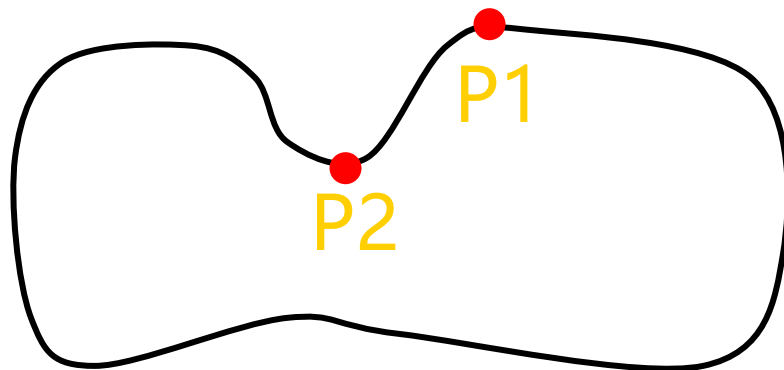
a点的曲率: $d = k1 - k2$

6.4 边界描述

6.4.1 简单的边界描述子

■ 3、边界的曲率

曲率符号描述了边界在该点的凹凸性。如果曲率非负，则边界点属于凸线段；否则边界点属于凹线段。



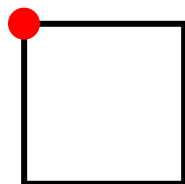
6.4 边界描述

6.4.2 形状数

形状数：为具有最小值的一阶差分码。

阶数：即码的个数，对闭合边界，阶总是偶数。

阶数4

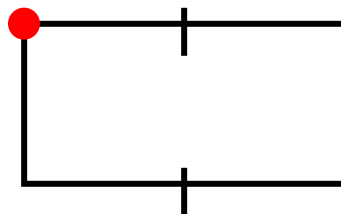


链码：0321

差分：3333

形状：3333

阶数6

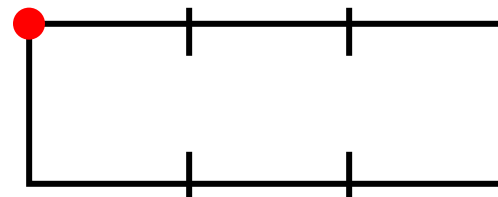


链码：003221

差分：303303

形状：033033

阶数8



链码：00032221

差分：30033003

形状：00330033

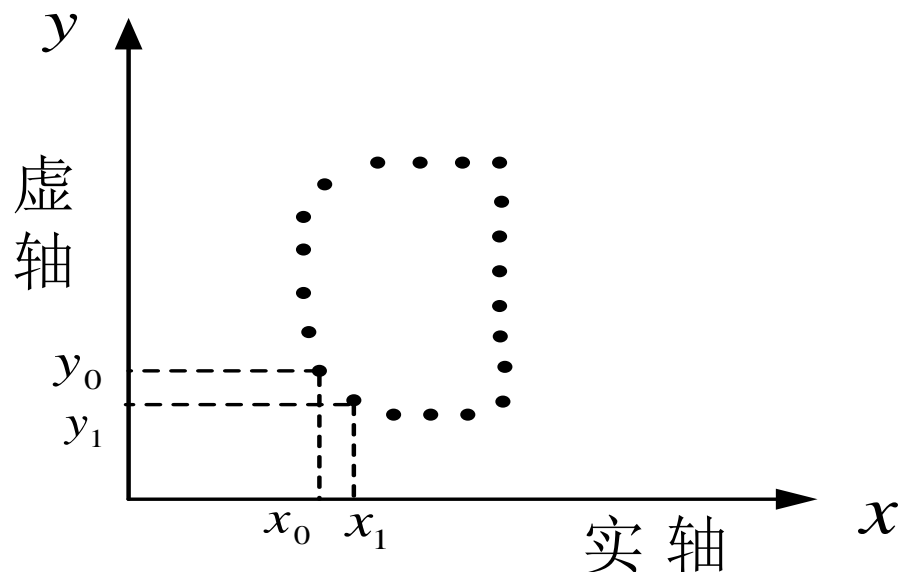
6.4 边界描述

6.4.3 傅里叶描述子

用来描述单闭合曲线边界。

$$s(k) = [x(k), y(k)] \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$s(k) = x(k) + jy(k) \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$



6.4 边界描述

6.4.3 傅里叶描述子

$$a(u) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} s(k) e^{-j2\pi ku/N} \quad u = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

$$s(k) = \sum_{u=0}^{N-1} a(u) e^{j2\pi uk/N} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

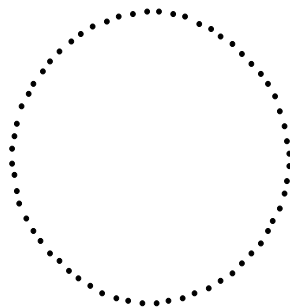
$$\hat{s}(k) = \sum_{u=0}^{L-1} a(u) e^{j2\pi uk/N} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

6.4 边界描述

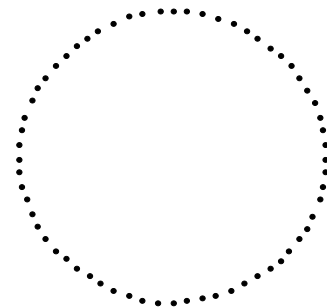
6.4.3 傅里叶描述子



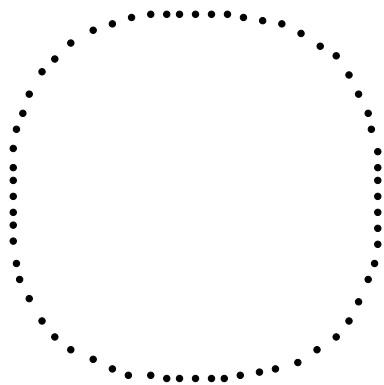
$K=64$



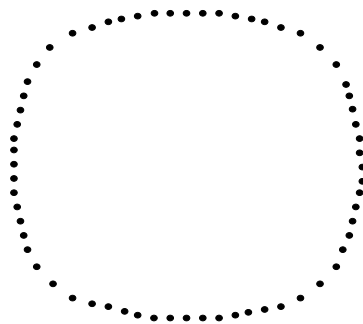
$L=2$



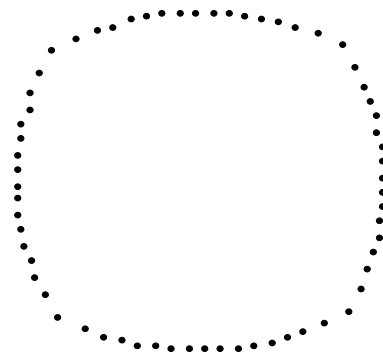
$L=4$



$L=8$



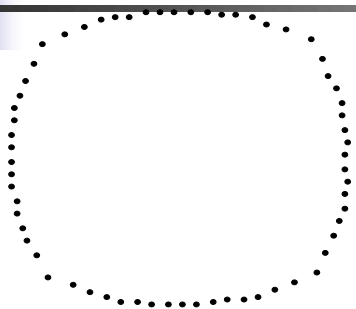
$L=16$



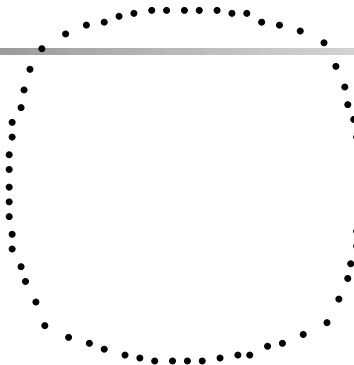
$L=24$

6.4 边界描述

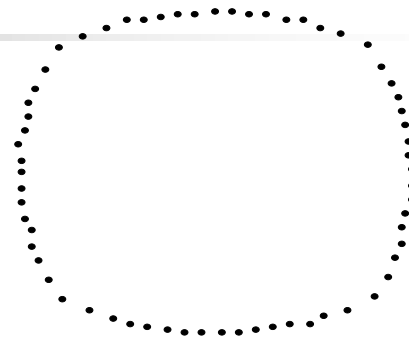
6.4.3 傅里叶描述子



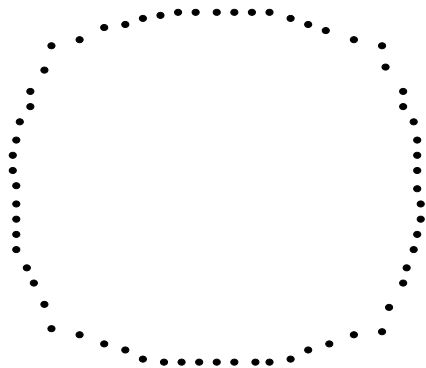
L=32



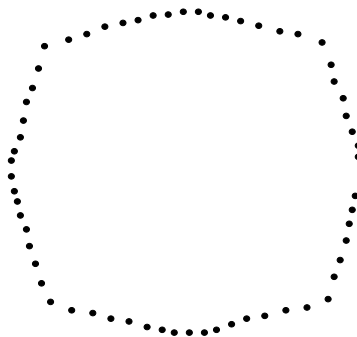
L=40



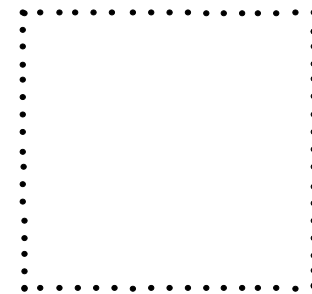
L=48



L=56



L=61

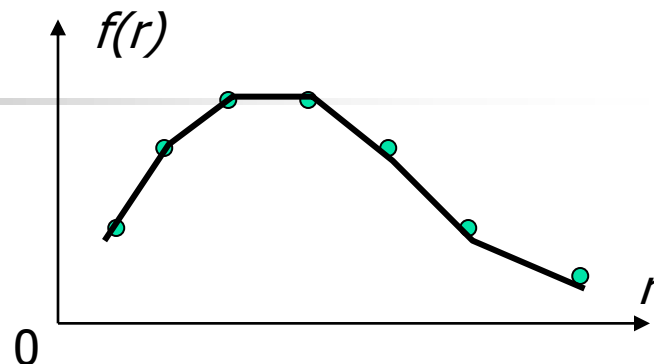


L=62

6.4 边界描述

6.4.4 轮廓矩

目标的边界可看成一系列线段组成：
看成一个一维函数 $f(r)$ ：



$f(r)$ 的均值：

$$m = \sum r_i f(r_i)$$

$f(r)$ 对均值的 n 阶矩为：

$$\mu_n(r) = \sum (r_i - m)^n f(r_i)$$

$f(r)$ 对均值的 n 阶矩与 $f(r)$ 的形状有直接关系，如2阶矩描述了曲线对均值的分布，3阶矩描述了曲线对均值的对称性。



6.5 目标的层次表达

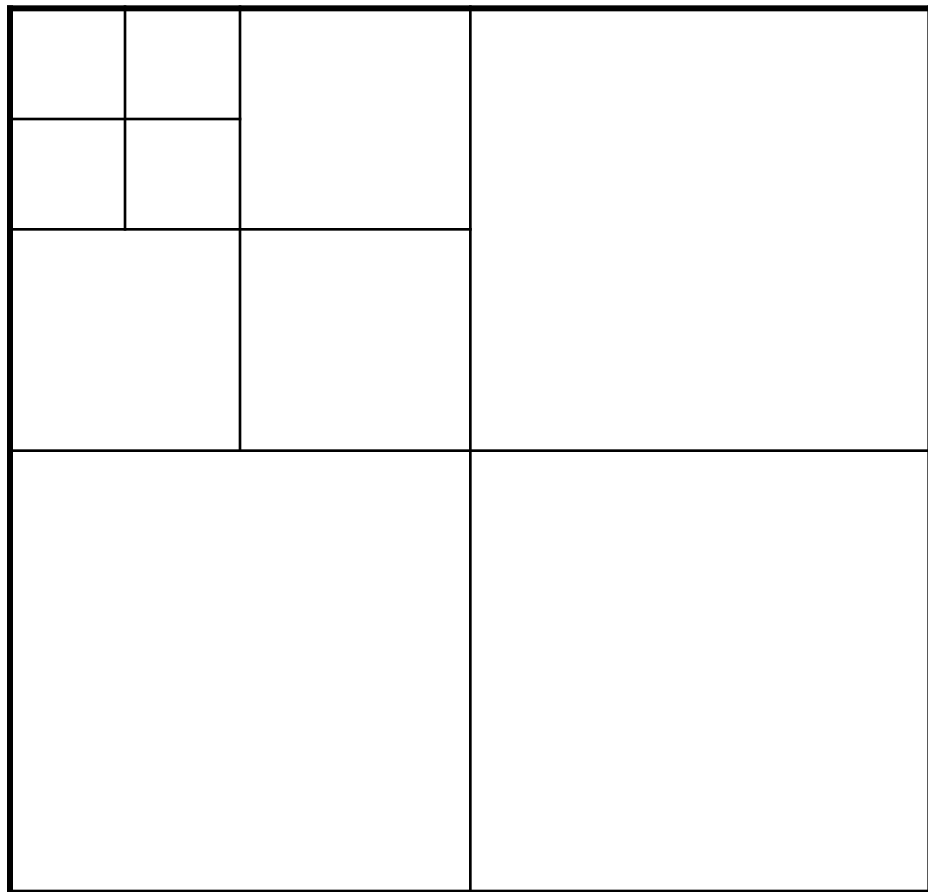
6.5.1 基本原理

- 图像可以看做是所有像素的集合；
- 每个集合可分解为子集合，经多次分解，直至每个元素；
- 目标的层次表达就是利用金字塔式的数据结构来表达目标；
- 常用的有四叉树和二叉树。

6.4 目标的层次表达

6.5.2 四叉树表达法

- 每次将图象一分为四；
- 适用于图像是正方形，且像素数为2的整数次幂的情况。








6.5 目标的层次表达

6.5.2 四叉树表达法

- 所有的结点可分为3类：
 - ✓目标结点（用白色显示）
 - ✓背景结点（用深色显示）
 - ✓混和结点（用浅色显示）
- 树根对应整幅图，树叶对应各单个像素或具有相同特性的像素组成的方阵；
- 一般树根结点常为混和结点，而树叶结点肯定不是混和结点。

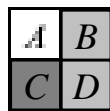
6.5 目标的层次表达

6.5.2 四叉树表达法

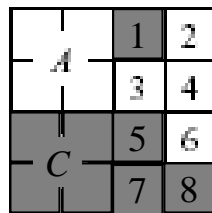
白 
灰 
黑 

 E

0级


A B
C D

1级


1 2
A 3 4
C 5 6
7 8

2级

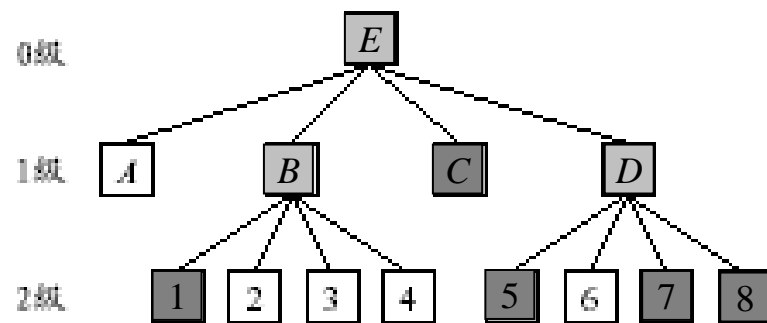


图 7.3.1 四叉树表达图示

结点数目最大值:
$$N = \sum_{k=0}^n 4^k = \frac{4^{n+1} - 1}{3} \approx \frac{4}{3} 4^n$$



6.5 目标的层次表达

6.5.2 四叉树表达法

特点:

- 容易生成得到，根据它可方便地计算区域的多种特征：
- 常用于“粗略信息优先”的显示中；
- 缺点是，如果结点在树中的级确定后，分辨率就不可能进一步提高。



6.5 目标的层次表达

6.5.3 二叉树表达法

- 在分解时每次将图像一分为二；
- 与四叉树相比，级间分辨率的变化较小；
- 树根对应整幅图，树叶对应各单个像素或具有相同特性的像素组成的长方阵或方阵。

6.5 目标的层次表达

6.5.3 二叉树表达法

结点总数 N 最大为:

$$N = \sum_{k=0}^n 2^k = 2^{n+1} - 1$$

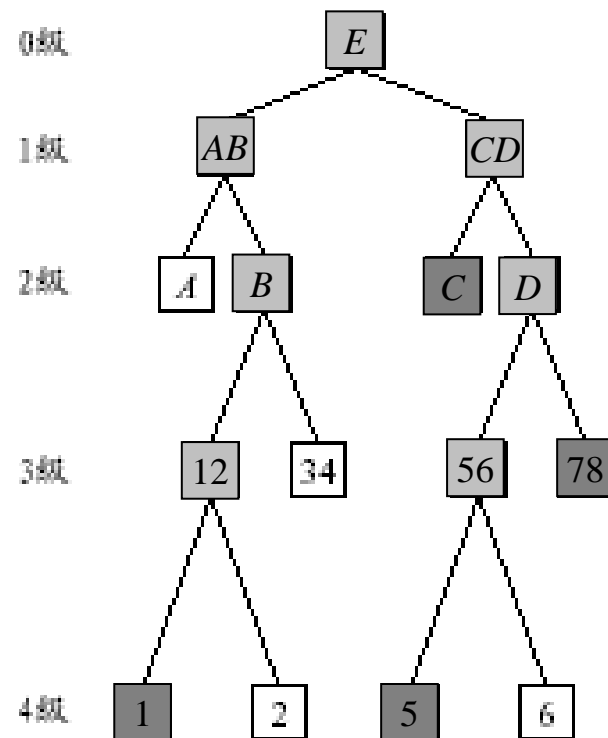
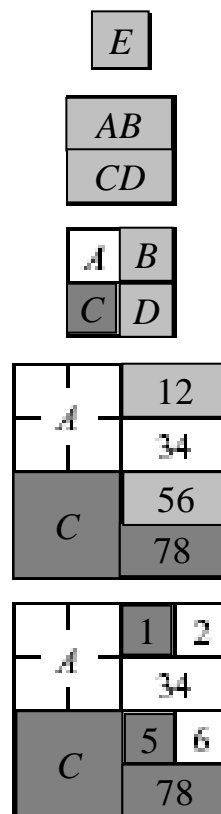
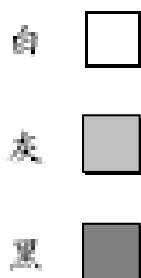
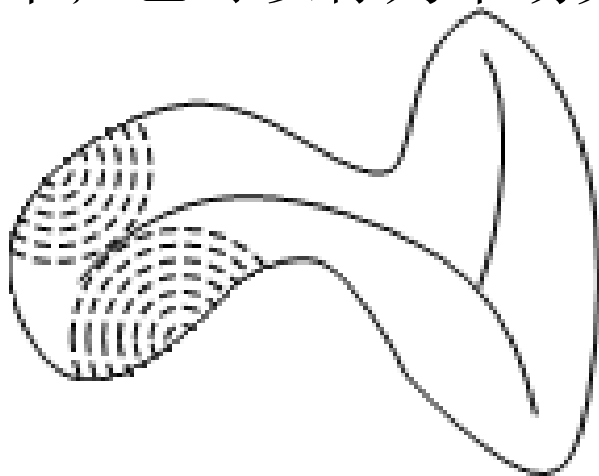


图 7.3.2 二叉树表达图示

6.6 目标的骨架表达

6.6.1 基本原理

- 骨架表达是一种简化的目标区域表达方法，一般可反映目标的结构形状；
- 中轴变换（MAT-medial axis transform）是一种用来确定物体骨架的细化技术；也可以称为草场火技术（grass-fire technique）。



火焰前沿交会处形成的区域骨架



6.6 目标的骨架表达

6.6.1 基本原理

具有轮廓 B 的区域 R 的MAT是如下确定的：

对每个 R 中的点 P ，在 B 中搜寻与它最近的点；如果对 P 能找到多于1个这样的点，就认为 P 属于 R 的中线或骨架。

6.6 目标的骨架表达

6.6.1 基本原理

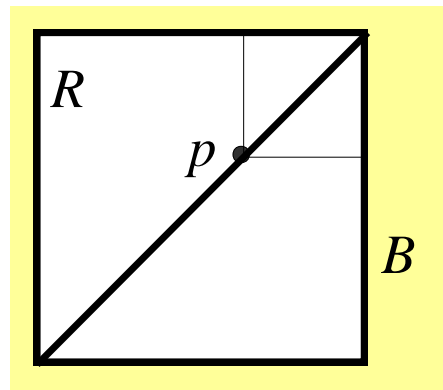
骨架点

与（两个）轮廓点距离最小的点

$$d_s(p, B) = \inf\{d(p, z) \mid z \in B\}$$

骨架点的确定

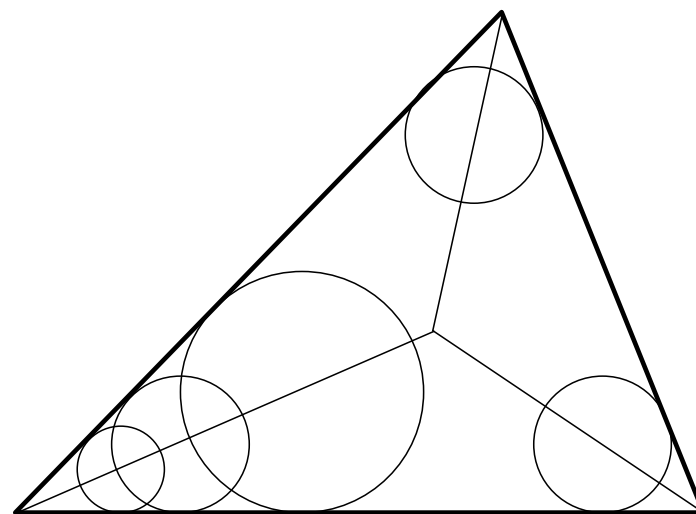
- 区域 R
- 轮廓 B
- 骨架点 p



6.6 目标的骨架表达

6.6.1 基本原理

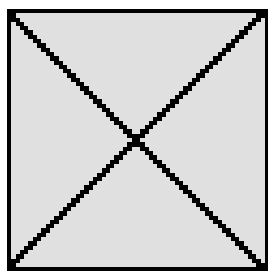
- 由骨架可恢复出原始区域
- 沿骨架作相切圆，取包络



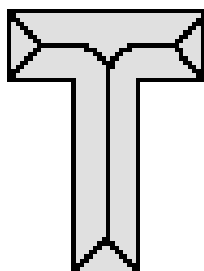
最大内切圆心组成的骨架

6.6 目标的骨架表达

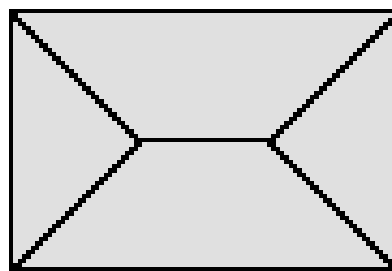
6.6.1 基本原理



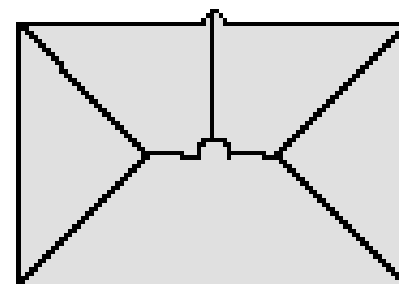
(a)



(b)



(c)



(d)

图 7.4.1 用欧氏距离算出的一些骨架的示例

6.6 目标的骨架表达

6.6.2 二值目标区域骨架算法

轮廓/边界点:

本身属于区域

邻域中不属于区域的点

8-邻域

p_9	p_2	p_3
p_8	p_1	p_4
p_7	p_6	p_5

$$N(p_1) = 5$$

1	1	1
1	p_1	1
0	0	0

$$S(p_1) = 1$$

1	1	1
1	p_1	1
0	0	0

6.6 目标的骨架表达

6.6.2 二值目标区域骨架算法

(1) 考虑以轮廓点为中心的8-邻域。首先标记同时满足下列条件的轮廓点：

(1.1) $2 \leq N(p_1) \leq 6$;

(1.2) $S(p_1)=1$;

(1.3) $p_2 \cdot p_4 \cdot p_6=0$;

(1.4) $p_4 \cdot p_6 \cdot p_8=0$;

(2) 同第(1)步,

(2.3) $p_2 \cdot p_4 \cdot p_8=0$;

(2.4) $p_2 \cdot p_6 \cdot p_8=0$ 。

0	1	0
0	1	0
0	0	0

1	1	1
1	1	1
1	0	1

0	0	1
0	1	0
1	0	0

0	0	0
0	1	1
0	1	1

1	1	0
1	1	0
0	0	0

对所有轮廓点都检查完毕后，将所有标记了的点都除去。

6.6 目标的骨架表达

6.6.2 二值目标区域骨架算法

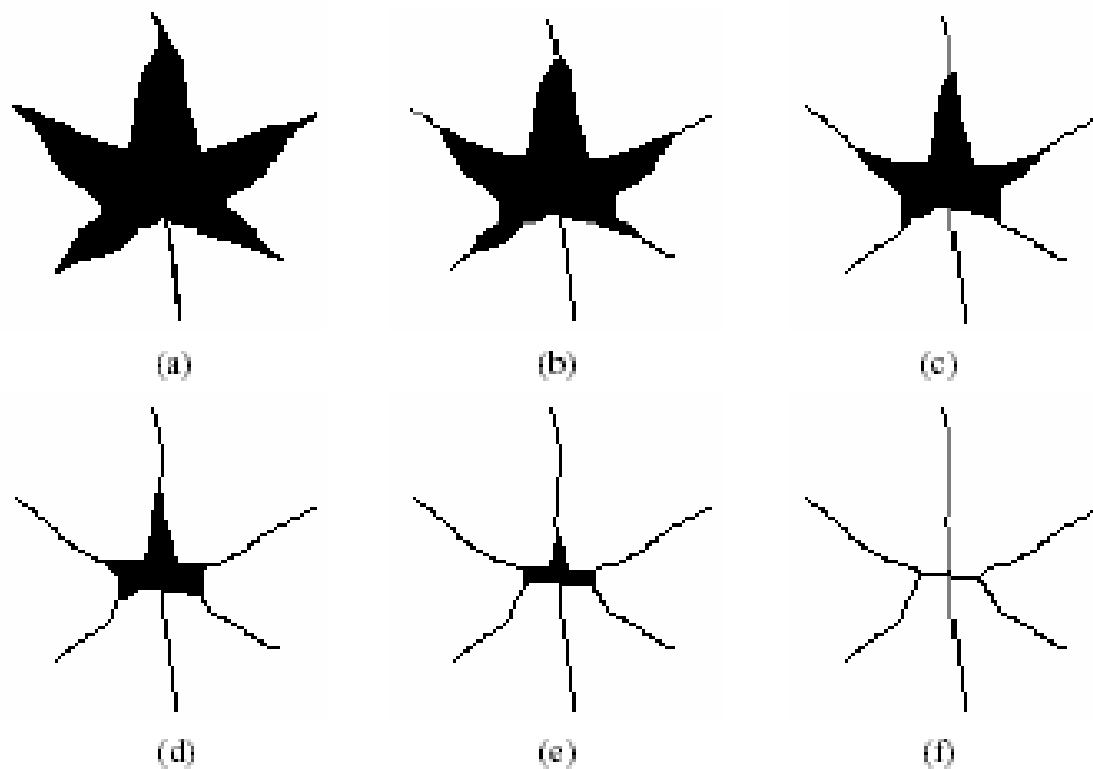
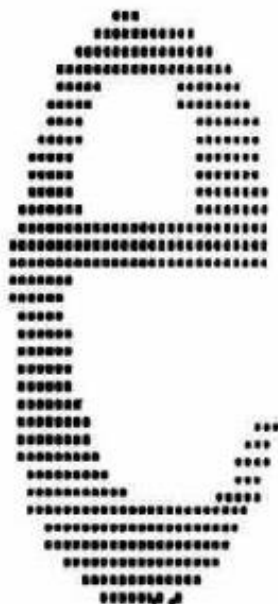


图 7.4.3 骨架计算实例

6.6 目标的骨架表达

6.6.2 二值目标区域骨架算法



(a)



(b)



6.7 运动的表达

6.7.1 运动的分类与特点

图像：前景（目标）和背景

图像序列：前景运动和背景运动

- 前景运动：局部运动

目标在场景中的自身运动

- 背景运动：全局运动或摄像机运动

摄像机的运动所造成的帧图象内所有点的整体移动



6.7 运动的表达

6.7.1 运动的分类与特点

- 全局运动一般具有整体性强、比较规律的特点，有可能用一些特征或一组含若干个参数的模型就可表达；
- 局部运动常比较复杂，仅在空间小范围内表现出一定的一致性，需要有比较精细的方法才能够准确地表达；
- 两种运动就可以用运动矢量场来表示。

6.7 运动的表达

6.7.2 运动矢量场表达（全局运动）

运动既有大小也有方向。

运动矢量用线段来表示，线段长度与矢量大小即运动速度成正比，线段从每块的中心射出，并叠加在原始图像上。



6.7 运动的表达

6.7.2 运动矢量场表达（局部运动）



(a)



(b)

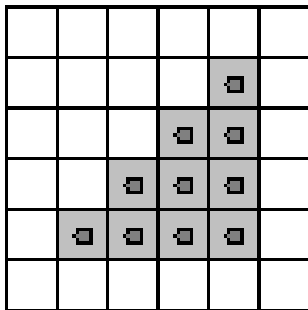
6.8 区域描述

6.8.1 简单区域描述

(1) 区域面积：说明区域的大小，则区域 R 的面积为：

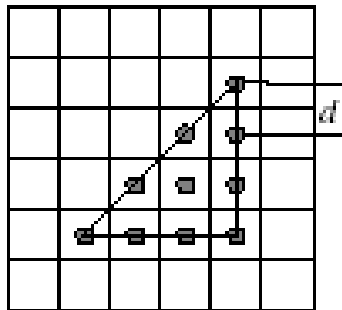
即区域内像素个数

$$A = \sum_{(x,y) \in R} 1$$



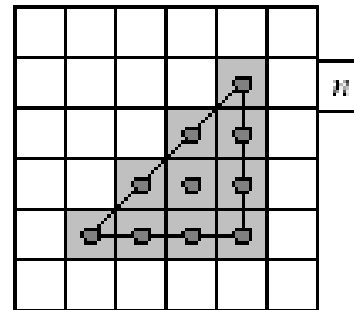
(a)

像素个数 (10)



(b)

三角形面积1 (4.5)



(c)

三角形面积2 (8)



6.8 区域描述

6.8.1 简单区域描述

(2) 区域重心:

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \sum_{(x,y) \in R} x$$
$$\bar{y} = \frac{1}{A} \sum_{(x,y) \in R} y$$

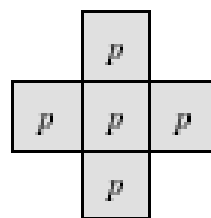
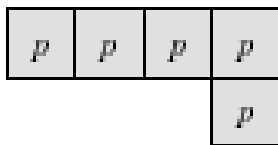
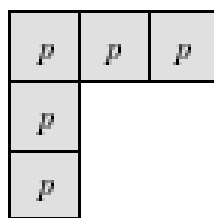
(3) 区域灰度特性: 灰度的最大值、最小值、均值、中值等

6.8 区域描述

6.8.2 区域形状描述子

- 形状参数：根据区域的周长和面积计算出来，在一定程度上描述了区域的紧凑性。

$$F = \frac{\|B\|^2}{4\pi A}$$



形状参数相同但形状不同的例子

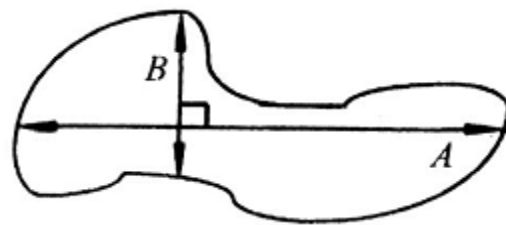
6.8 区域描述

6.8.2 区域形状描述子

- 偏心率：常用边界长轴(直径)长度与短轴长度得比值来表示。

描述区域的紧凑性

- 圆形性：
$$C = \frac{\mu_R}{\sigma_R}$$



当区域为圆时，C趋于无穷大，不受平移、旋转、尺度变换影响

从区域重心到边界点的平均距离为 μ_R

从区域重心到边界点的距离的均方差为 σ_R

$$\mu_R = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \|(x_k, y_k) - (\bar{x}, \bar{y})\|$$

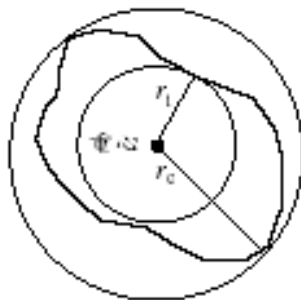
$$\sigma_R = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \left[\|(x_k, y_k) - (\bar{x}, \bar{y})\| - \mu_R \right]^2$$

6.8 区域描述

6.8.2 区域形状描述子

- 球形性：区域内切圆与外接圆半径的比值。

$$S = \frac{r_i}{r_c}$$



6.8 区域描述

6.8.3 区域矩

■矩特征：对于图像的**旋转、放缩和平移**具有不变性，因此可以用来描述图像中的区域特性。

对于二维连续函数 $f(x, y)$ ，其 $(p + q)$ 阶矩定义如下：

$$m_{pq} = \int \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy$$

其中 $(p, q) = 0, 1, 2, \dots$

只要 $f(x, y)$ 是分段连续的，则所有各阶矩都存在。通常对我们实际处理的图像，认为各阶矩都存在。对矩特征进行归一化，得图像的中心矩：

$$\mu_{pq} = \int \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy$$
$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

6.8 区域描述

6.8.3 区域矩

对于数字图像 $f(i, j)$:
$$m_{pq} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N i^p j^q f(i, j)$$

对于二值图像, 目标处的 $f(i, j)$ 的值为1:

$$m_{pq} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N i^p j^q$$

$$\mu_{pq} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (i - \bar{i})^p (j - \bar{j})^q$$

$$\bar{i} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{j} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

即为目标物区域的重心。

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^r}$$

即归一化中心矩。

$$r = (p + q) / 2$$



作业

8.1.2

8.1.4

8.4.1