

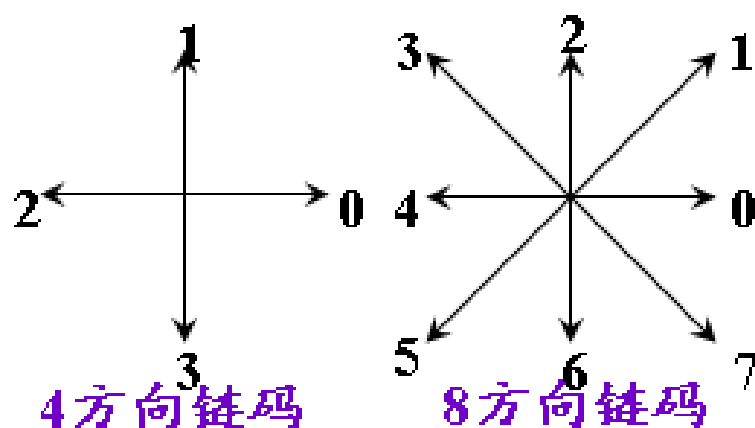
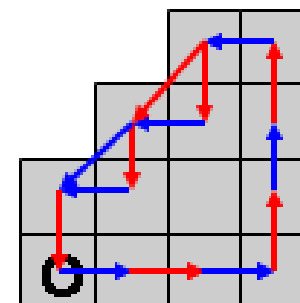
第3章 图像分析— 3.4边界描述

信控学院 蔡利梅

3.4.1边界链码

■ 定义

边界点的一种编码表示方法，利用一系列具有特定长度和方向的相连的直线段来表示目标的边界



以左下角点为起点，其坐标为(0,3)，
4方向和8方向链码表示区域边界：

4方向链码：(0,3)000111232323

8方向链码：(0,3)0002224556

■ 特点

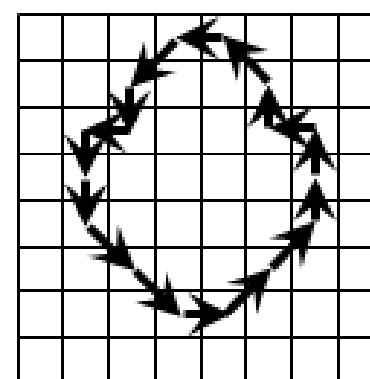
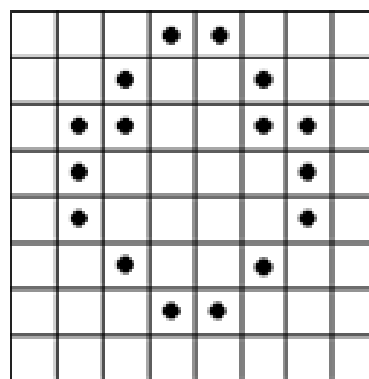
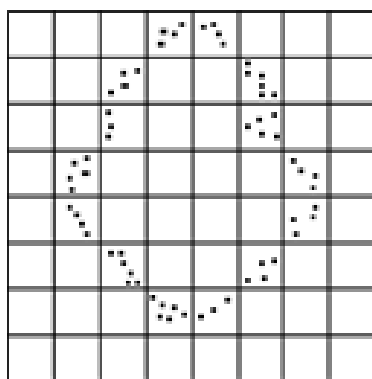
- 由于表示一个方向数比表示一个坐标值所需比特数少，而且对每一个点又只需一个方向数就可以代替两个坐标值，因此链码表达可大大减少边界表示所需的数据量。
- 可以很方便地获取相关几何特征，如区域的周长
- 隐含了区域边界的形状信息

■ 不足

- 码串比较长；
- 噪声等干扰会导致小的边界变化，从而使链码发生与目标整体形状无关的较大变动；
- 目标平移时，链码不变，但目标旋转时，链码会发生变化。

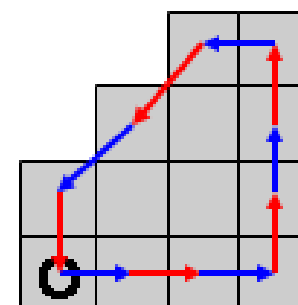
■ 多维网格重采样

对原边界以较大的网格重新采样，并把与原边界点最接近的大网格点定为新的边界点。也可用于消除目标尺度变化对链码的影响。



■ 链码归一化

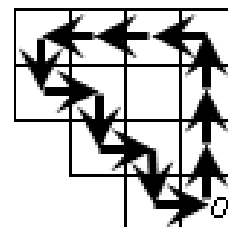
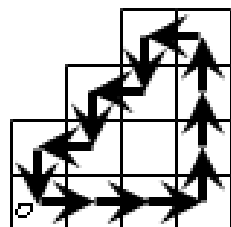
- 给定一个从任意点开始产生的链码，把它看作一个由各方向数构成的自然数。
- 将这些方向数依一个方向循环，以使它们所构成的自然数的值最小；
- 将转换后所对应的链码起点作为这个边界的归一化链码的起点。



- 0 0 0 2 2 2 4 5 5 6;
- 0 0 2 2 2 4 5 5 6 0;
- 0 2 2 2 4 5 5 6 0 0;
- 2 2 2 4 5 5 6 0 0 0;
- 2 2 4 5 5 6 0 0 0 2;
-

■ 一阶差分链码

链码中相邻两个方向数按**反方向相减**（后一个减前一个），目标发生旋转时，一阶差分链码不发生变化。



(3) 00011123232

(0) 111222303030

100100113131

100100113131

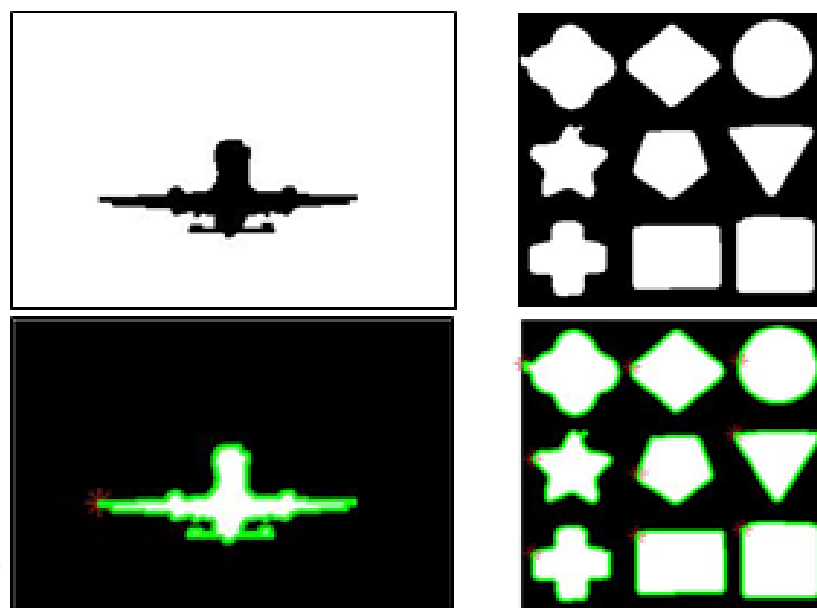
■ 实例

统计边界链码，并利用链码重构目标区域边界。

设计思路：

二值化图像，统计每个区域的边界点，判断点和点之间位置关系，确定链码。根据链码判断边界上的点，实现目标边界重构。

原图
由链码重绘
边界线



红色*点为链码起点

3.4.2 傅里叶描绘子

■ 定义

区域边界上的点 (x,y) 表示成复数为： $x+iy$ ，沿边界跟踪一周，得到一个复数序列 $z(n) = x(n) + iy(n), n = 0, 1, \dots, N-1$ 。

该复数序列是周期信号，求其DFT系数 $Z(k)$ ，描述区域形状，称为傅里叶描绘子。

$$Z(k) = \sum_{n=0}^{N-1} z(n) e^{-j \frac{2\pi kn}{N}} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

■ 几何变换不变性分析

起点位置变化：起始点沿曲线点列移动一个距离 n_0 ，其DFT系数幅值不变，相位变化了 $2\pi kn_0/N$

曲线平移：曲线在坐标平面上平移 z_0 ，仅改变 $Z(0)$

曲线旋转：当曲线点列旋转角度 θ 时，DFT系数幅值不变，相位随着改变 θ 。

曲线缩放：当区域发生缩放变换时，DFT系数幅值随着改变，相位不变。

$Z(0)$ 表示区域形心的位置，受到曲线平移的影响；其余系数，幅值具有旋转和平移不变性，相位信息具有缩放不变性。

变换DFT系数:

- 去掉 $Z(0)$, 避免受平移影响;
- 对 $Z(k), k = 1, 2, \dots, N - 1$ 取幅值, 不受起点位置改变和旋转的影响;
- 对 $Z(k), k = 1, 2, \dots, N - 1$ 除以 $|Z(1)|$, 将最大模 $|Z(1)|$ 归一化为1, 不受缩放影响。

取DFT系数的幅值 $\{|Z(k)/|Z(1)||, k \geq 1\}$ 作为描绘子, 具有平移、旋转、比例变换及起点位置改变的不变性。

■ 边界重建

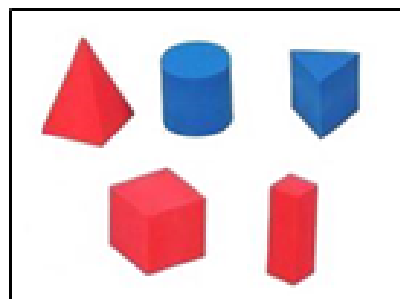
可以利用DFT描绘子重建区域边界曲线，可以只使用复序列Z(k)前M个较大系数

$$\hat{z}(n) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} Z(k) e^{j \frac{2\pi kn}{M}}, n = 0, 1, \dots, N-1$$

略去了具有细节信息的高频信息，当M较小时，只能得到原曲线的大体形状；系数越多，越逼近原曲线。

■ 实例

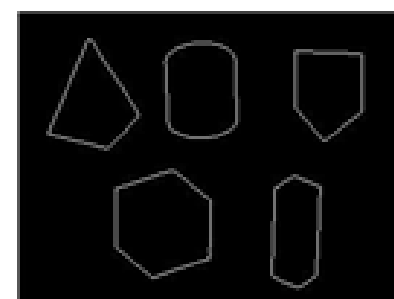
分割积木图像，
计算各区域
边界点的傅里
叶描绘子并重
建边界。



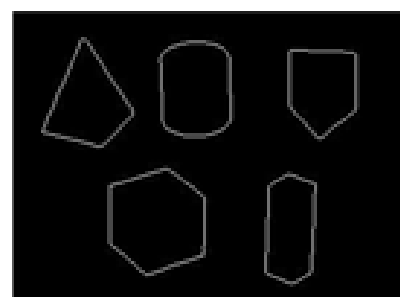
原图



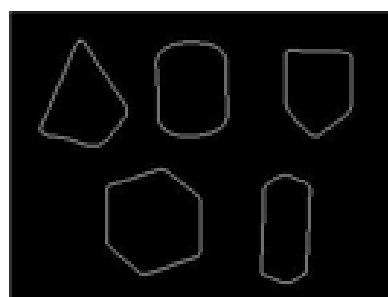
二值化分割



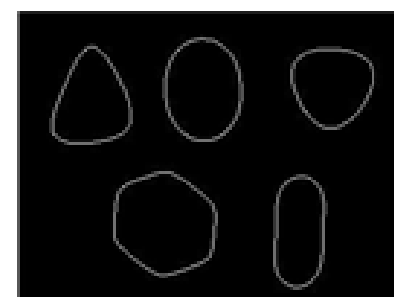
N/2项重建



N/8项重建



N/16项重建

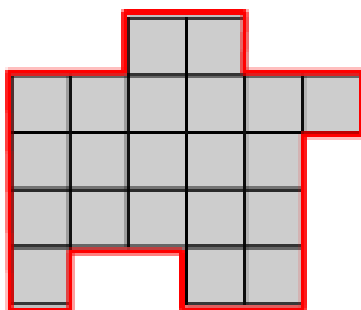


N/64项重建

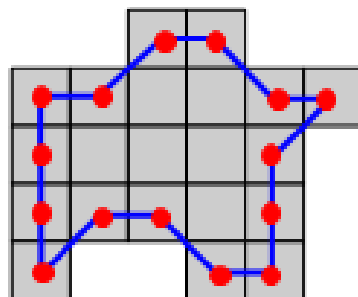
3.4.3边界几何描述

■ 周长

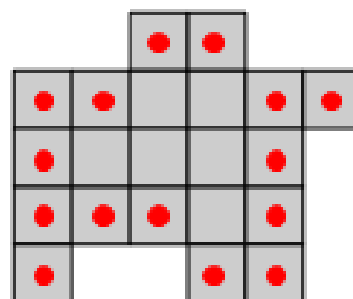
周长：区域的边界长度，用于区别具有简单或复杂形状的物体；表示方法不同，计算方法也不同



周长24



周长
 $10 + 5\sqrt{2}$



周长15

■ 曲率

曲率标量描述子：也称边界平直度，是边界像素的总数目和边界方向有显著变化的边界像素的数目的比率

检测方法：

从待估计的边界像素出发，估计在前后两个方向上各**b**个边界像素位置处的两条线段间的角度

从链码计算曲率

基于切线估计曲率

.....

曲率的表示：用直方图的形式，提供边界方向变化的普遍程度

■ 弯曲能量

单位边界长度的平均能量：把一个横杆弯曲成所要求的形状所需的能量，边界曲率的平方和除以边界长度。

相同面积，圆具有最小边界能量

$$E = \left(\frac{2\pi}{P} \right)^2 = \left(\frac{1}{R} \right)^2$$

运用Parseval定理，弯曲能量可以从傅里叶描述子计算

■ 弦的分布

弦：连接区域边界上任两点的直线，轮廓上所有弦的长度和角度的分布可以用于形状描述。

弦的分布：
$$h(\Delta x, \Delta y) = \sum_x \sum_y f(x, y) f(x + \Delta x, y + \Delta y)$$
 $f(x, y)$ 二值边界图像

旋转独立的径向分布：
$$h(r) = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} h(\Delta x, \Delta y) r d\theta$$

$$r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$
$$\theta = \sin^{-1}(\Delta y / r)$$

角度的分布：
$$h(\theta) = \int_0^{\max(r)} h(\Delta x, \Delta y) dr$$

3.4.4其他边界描述

- 边界片段
- Hough变换
- 分形

- 边界（曲线）可以被描述为是具有特定属性的片段。如果所有片段的类型已知，则边界可以描述为片段类型的一个链，码字由代表类型的字母组成，这种描述适合句法模式识别。不同的片段对应了不同的方法。
- 多边形表示：通过一个多边形来近似区域，区域用多边形的顶点来表示。边界可以用各种精度来近似，高精度采用更多边的多边形，多边形的各个边构成了线段链。
- 常数曲率表示：边界曲线分段，用每段的曲率来表示片段。
- 多项式表示：边界被分割成能用多项式表示的片段，通常是二阶的，例如圆形的、椭圆形的或抛物线线段。