

2D计算机视觉

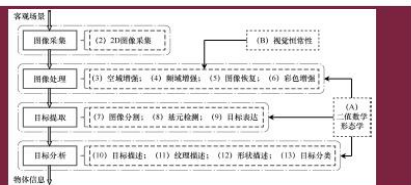
原理、算法及应用

计算机视觉
丛书



2D计算机视觉

原理、算法及应用



2D COMPUTER VISION
Principles, Algorithms and Applications

2D计算机视觉

原理、算法及应用

章毓晋 编著

电子工业出版社

2D COMPUTER VISION
Principles, Algorithms and Applications

2D计算机视觉

原理、算法及应用

章毓晋 编著



责任编辑：朱雨萌
封面设计：博雅锦



定价：149.00元

中国工信出版集团

电子工业出版社
http://www.phei.com.cn



第10章 目标描述



目标表达是直接具体地表示目标，目标描述是较抽象地表示目标特性

对目标的描述也可分为对轮廓的描述和对区域的描述，也可称为对目标的外部描述和内部描述

另外，不同目标的轮廓之间或区域之间的关系也常常需要进行描述

与图像区域表达对应的描述参数也称特征



第10章 目标描述

10.1 轮廓基本描述参数

10.2 区域基本描述参数

10.3 轮廓的傅里叶描述

10.4 轮廓的小波描述

10.5 区域不变矩描述

10.6 目标关系描述



10.1 轮廓基本描述参数

轮廓长度

一种全局特征，是所包围目标区域的周长

区域 R 的轮廓 B 是由 R 的所有轮廓点按4-方向或8-方向连接组成的

每个轮廓点 P 都应满足2个条件：① P 本身属于 R ；② P 的邻域中有像素不属于 R

如果区域 R 的内部点是用8-方向连通来判定的，则得到的轮廓为4-方向连通的。反之亦然



10.1 轮廓基本描述参数

轮廓长度

4-方向连通轮廓 B_4 和8-方向连通轮廓 B_8 :

$$B_4 = \{(x, y) \in R \mid N_8(x, y) - R \neq 0\}$$

$$B_8 = \{(x, y) \in R \mid N_4(x, y) - R \neq 0\}$$

①

②

统一式

$$\|B\| = \#\{k \mid (x_{k+1}, y_{k+1}) \in N_4(x_k, y_k)\} + \sqrt{2} \#\{k \mid (x_{k+1}, y_{k+1}) \in N_D(x_k, y_k)\}$$

第1项对应2个像素之间的直线段

第2项对应2个像素之间的对角线段



10.1 轮廓基本描述参数

轮廓直径

轮廓上相隔最远的2点之间的距离

这2点之间的直连线段也称为轮廓的主轴或长轴（与此轴垂直且在轮廓内最长的线段为轮廓的短轴），主轴的长度和取向都能用来描述轮廓

轮廓 B 的直径 $\text{Dia}_d(B)$ 为

$$\text{Dia}_d(B) = \max_{i,j} [D_d(b_i, b_j)] \quad b_i \in B, \quad b_j \in B$$

$D_d(\cdot)$ 可以是任何一种距离量度

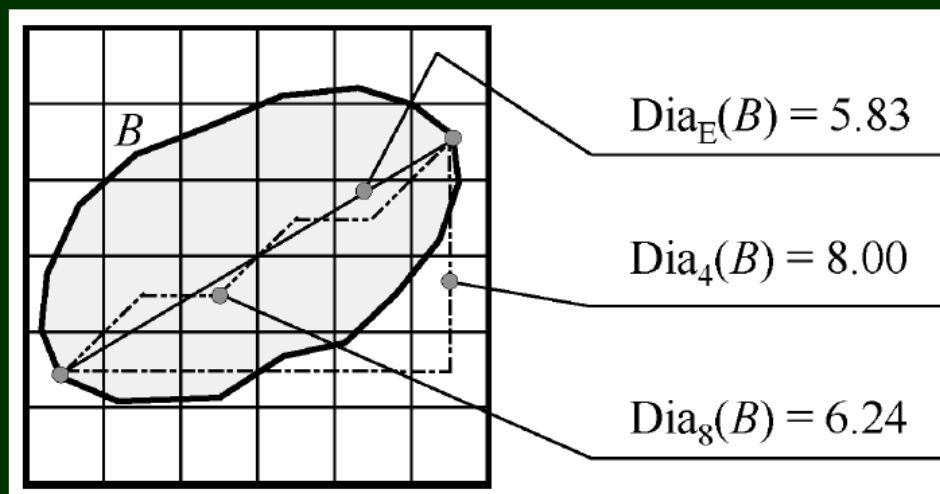


10.1 轮廓基本描述参数

轮廓直径

如果 $D_d(\bullet)$ 为不同的距离量度, 得到的 $\text{Dia}_d(B)$ 就会不同

常用的距离量度主要有3种, 即 $D_E(\bullet)$, $D_4(\bullet)$ 和 $D_8(\bullet)$ 距离





10.1 轮廓基本描述参数

斜率，曲率和角点

轮廓：由一系列的点构成

斜率：能表示轮廓上各点的局部指向

曲率：是斜率的改变率，描述了轮廓上各点沿轮廓方向变化的情况

曲率的符号描述了轮廓在该点的凹凸性

角点：曲率的局部极值点称为，是轮廓上比较显著的点，在一定程度上反映了轮廓的复杂性



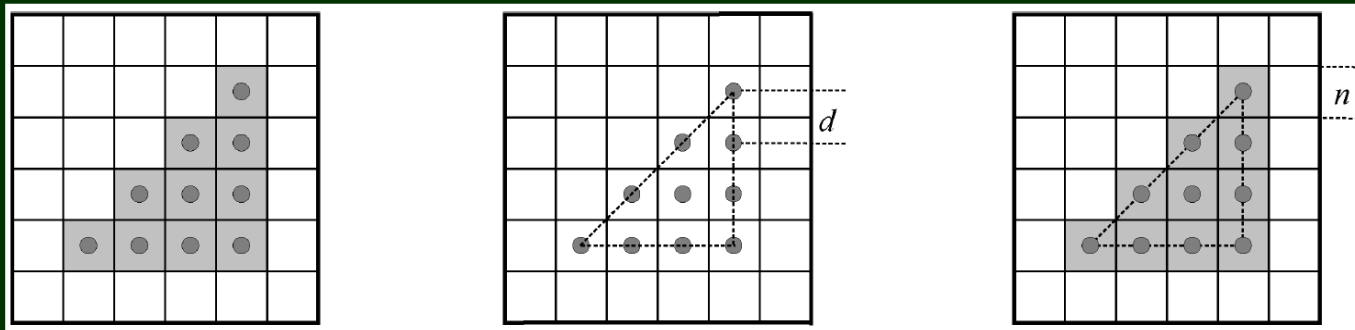
10.2 区域基本描述参数

区域面积

对于一个区域 R 来说，设正方形像素的边长为单位长，则其面积 A 的计算公式：

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

用像素计数的方法求区域面积，不仅最简单，而且是对原始模拟区域面积的无偏和一致的最好估计





10.2 区域基本描述参数

区域重心

一种区域全局描述符

区域重心点的坐标是根据所有属于区域的点计算而来的:

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

尽管区域各点的坐标总是整数，但算得的区域重心的坐标常不为整数



10.2 区域基本描述参数

区域灰度特性

对目标灰度特性的测量要结合原始灰度图和分割图来进行

透射率（ T ）：穿透目标的光（通量）与入射光的比，反映目标的透射性

光密度（ OD ）：入射光与穿透目标的光的比（透射率的倒数）取以10为底的对数：

$$OD = \lg\left(\frac{1}{T}\right) = -\lg T$$



10.2 区域基本描述参数

区域灰度特性

积分光密度（**IOD**）：一种图像的内部灰度特征，可看作是对目标“质量”的一种测量

$$\text{IOD} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$$

积分光密度是直方图中各灰度的加权和

$$\text{IOD} = \sum_{k=0}^{G-1} kH(k)$$



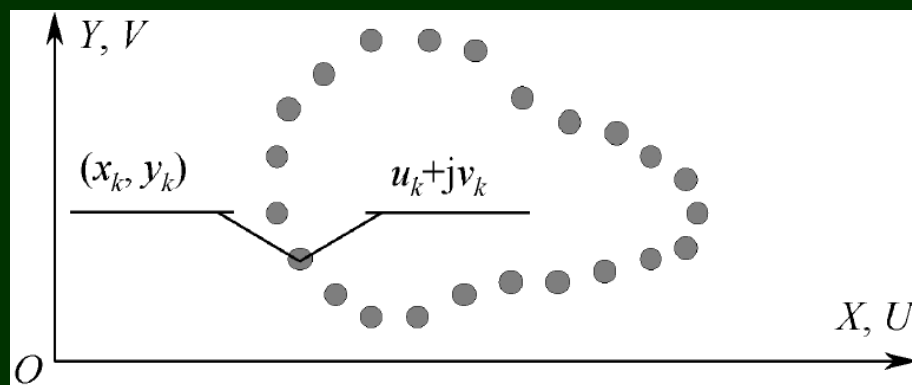
10.3 轮廓的傅里叶描述

傅里叶轮廓描述符

用复数 $u + jv$ 的形式来表示给定轮廓上的每个点 (x, y) ，而将 XY 平面中的曲线段转化为复平面上的1个序列

$$s(k) = u(k) + jv(k) \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

傅里叶轮廓
描述符



$$S(w) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} s(k) \exp\left(\frac{-j2\pi wk}{N}\right) \quad w = 0, 1, \dots, N-1$$



10.3 轮廓的傅里叶描述

傅里叶轮廓描述符

傅里叶反变换

$$s(k) = \sum_{w=0}^{N-1} S(w) \exp \frac{j2\pi wk}{N} \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

设只利用 $S(w)$ 的前 M ($M < N$) 个系数, 这样就可得到 $s(k)$ 的一个近似:

$$s_e(k) = \sum_{w=0}^{M-1} S(w) \exp \frac{j2\pi wk}{N} \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

这相当于只用一些对应低频分量的傅里叶系数来近似地描述轮廓的形状, 以减少所需的数据量



10.3 轮廓的傅里叶描述

傅里叶描述随轮廓的变化

傅里叶轮廓描述符会受轮廓平移、旋转、尺度变换等及计算起点（傅里叶描述与基于轮廓点建立复数序列对的起始点有关）等的影响。这种影响可借助傅里叶变换的相关定理来描述

变 换	轮 廓	傅里叶描述
平移($\Delta x, \Delta y$)	$s_t(k) = s(k) + \Delta xy$	$S_t(w) = S(w) + \Delta xy \delta(w)$
旋转(θ)	$s_r(k) = s(k) \exp(j\theta)$	$S_r(w) = S(w) \exp(j\theta)$
尺度(C)	$s_c(k) = Cs(k)$	$S_c(w) = CS(w)$
起点(k_0)	$s_p(k) = s(k - k_0)$	$S_p(w) = S(w) \exp(-j2\pi k_0 w / N)$



10.4 轮廓的小波描述

小波变换基础

将函数 $f(x)$ 表示成一组展开函数的线性组合

$$f(x) = \sum_k a_k u_k(x)$$

对展开函数进行平移和2进制缩放

$$u_{j,k}(x) = 2^{\frac{j}{2}} u(2^j x - k)$$

将函数 $f(x)$ 用 $\{u_{j,k}(x)\}$ 来展开

$$f(x) = \sum_k a_k u_{j,k}(x)$$

给定一个
 j , 就可确定一个缩
放空间 U_j



10.4 轮廓的小波描述

小波变换基础

设用 $v(x)$ 表示小波函数，对小波函数 $v(x)$ 进行平移和2进制缩放

$$v_{j,k}(x) = 2^{\frac{j}{2}} v(2^j x - k)$$

将与小波函数 $v_{j,k}(x)$ 对应的小波空间用 V_j 表示，如果 $f(x) \in V_j$ ，则函数 $f(x)$ 可用 $\{v_{j,k}(x)\}$ 来展开

$$f(x) = \sum_k a_k v_{j,k}(x)$$



10.4 轮廓的小波描述

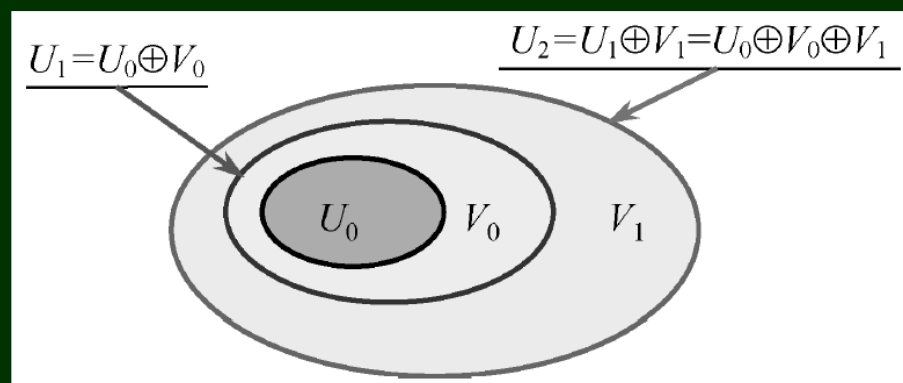
小波变换基础

缩放空间 U_j , U_{j+1} 和小波空间 V_j 有如下关系

$$U_{j+1} = U_j \oplus V_j$$

在 U_{j+1} 中,
 U_j 的补是 V_j

小波变换



$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_k h_u(0, k) u_{0, k}(x) + \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_{j=0}^{\infty} \sum_k h_v(j, k) v_{j, k}(x)$$



10.4 轮廓的小波描述

小波轮廓描述符

小波函数族

$$W_{j,k}(x) = \frac{1}{\sqrt{2^j}} W\left(\frac{x - 2^j k}{2^j}\right) = 2^{-\frac{j}{2}} W(2^{-j} x - k)$$

对给定的（轮廓）函数 $f(x)$ ，其所有小波变换系数组成与 $f(x)$ 对应的小波描述符

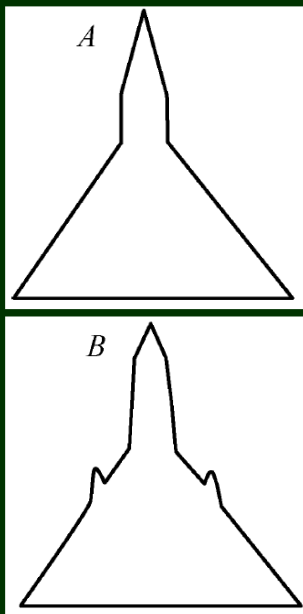
具有唯一性（描述符和轮廓一一对应）和可比较性（对两个轮廓的描述矢量，可借助内积定义它们之间的距离，以判别轮廓的相似程度）



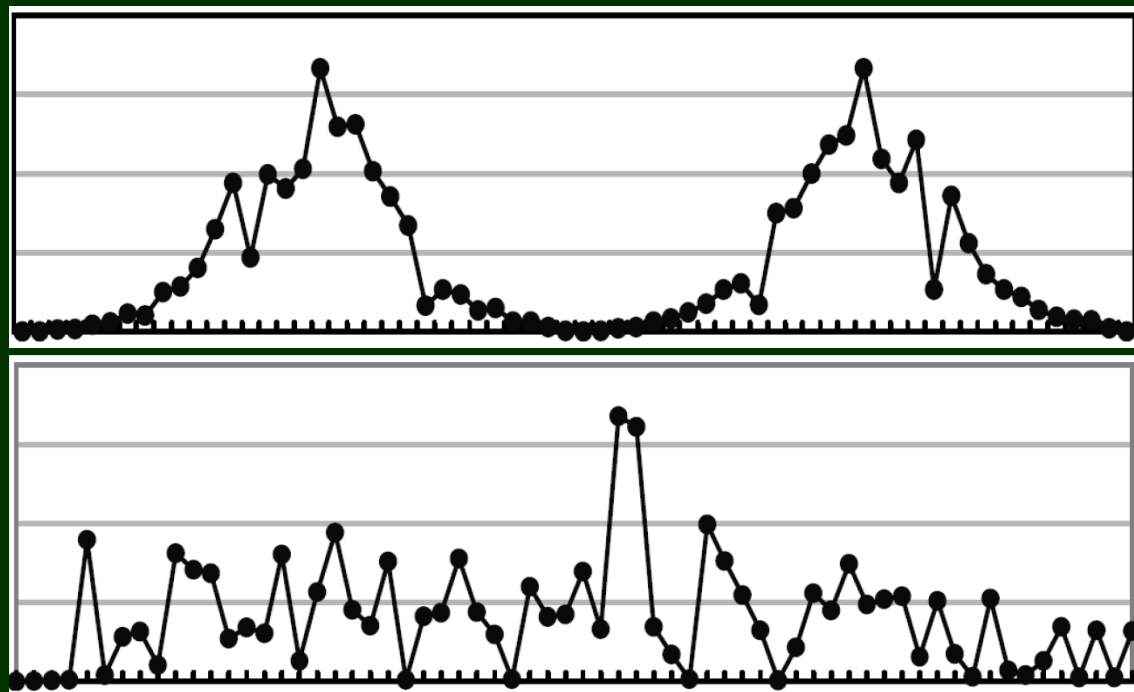
10.4 轮廓的小波描述

小波轮廓描述符

仅局部
有细微
差异的
两个轮
廓图像



小波轮廓描述符



傅里叶轮廓描述符



10.5 区域不变矩描述

中心矩

一幅图像 $f(x, y)$ 的 $p+q$ 阶矩

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y)$$

$f(x, y)$ 的 $p + q$ 阶中心矩

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y)$$

归一化中心矩

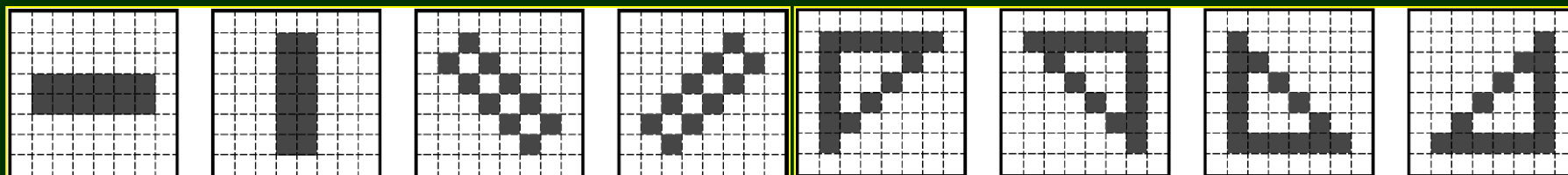
$$N_{pq} = \frac{M_{pq}}{M_{00}^\gamma} \quad \begin{aligned} \gamma &= \frac{p+q}{2} + 1 \\ p+q &= 2, 3, \dots \end{aligned}$$



10.5 区域不变矩描述

中心矩

计算示例



序 号	中 心 矩	图 10-11 (a)	图 10-11 (b)	图 10-11 (c)	图 10-11 (d)	图 10-11 (e)	图 10-11 (f)	图 10-11 (g)	图 10-11 (h)
1	M_{02}	3	35	22	22	43	43	43	43
2	M_{11}	0	0	-18	18	21	-21	-21	21
3	M_{20}	35	3	22	22	43	43	43	43
4	M_{12}	0	0	0	0	-19	19	-19	19
5	M_{21}	0	0	0	0	19	19	-19	-19



10.5 区域不变矩描述

区域不变矩

$$T_1 = N_{20} + N_{02}$$

$$T_2 = (N_{20} - N_{02})^2 + 4N_{11}^2$$

$$T_3 = (N_{30} - 3N_{12})^2 + (3N_{21} - N_{03})^2$$

$$T_4 = (N_{30} + N_{12})^2 + (N_{21} + N_{03})^2$$

$$T_5 = (N_{30} - 3N_{12})(N_{30} + N_{12}) \left[(N_{30} + N_{12})^2 - 3(N_{21} + N_{03})^2 \right] + \\ 3(N_{21} - N_{03})(N_{21} + N_{03}) \left[3(N_{30} + N_{12})^2 - (N_{21} + N_{03})^2 \right]$$

$$T_6 = (N_{20} - N_{02}) \left[(N_{30} + N_{12})^2 - (N_{21} + N_{03})^2 \right] + 4N_{11}(N_{30} + N_{12})(N_{21} + N_{03})$$

$$T_7 = (3N_{21} - 3N_{03})(N_{30} + N_{12}) \left[(N_{30} + N_{12})^2 - 3(N_{21} + N_{03})^2 \right] + \\ 3(N_{12} - N_{30})(N_{21} + N_{03}) \left[3(N_{30} + N_{12})^2 - (N_{21} + N_{03})^2 \right]$$



10.5 区域不变矩描述

区域不变矩



区域不变矩	原始图像	旋转 45°的图像	缩小一半的图像	镜面对称的图像
T_1	1.510494E-03	1.508716E-03	1.509853E-03	1.510494E-03
T_2	9.760256E-09	9.678238E-09	9.728370E-09	9.760237E-09
T_3	4.418879E-11	4.355925E-11	4.398158E-11	4.418888E-11
T_4	7.146467E-11	7.087601E-11	7.134290E-11	7.146379E-11
T_5	-3.991224E-21	-3.916882E-21	-3.973600E-21	-3.991150E-21
T_6	-6.832063E-15	-6.738512E-15	-6.813098E-15	-6.831952E-15
T_7	4.453588E-22	4.084548E-22	4.256447E-22	-4.453826E-22



10.6 目标关系描述

字符串描述

一个突出特点是基本元素重复出现
描述语法（形式语法）

重写（替换）规则：

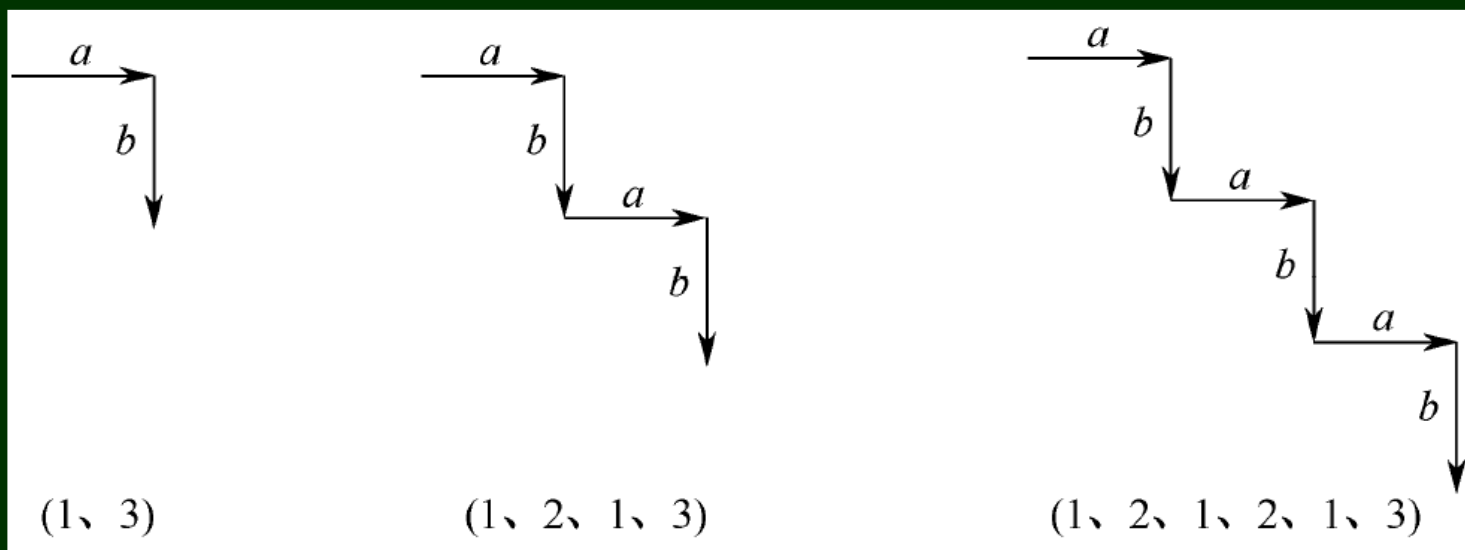
- (1) $S \rightarrow aA$ （起始符号可用元素 a 和变量 A 替换）
- (2) $A \rightarrow bS$ （变量 A 可以用元素 b 和起始符号 S 替换）
- (3) $A \rightarrow b$ （变量 A 可以用单个元素 b 替换）



10.6 目标关系描述

字符串描述

反复利用重写规则就可产生各种类似的结构



各个结构下括号中的数字代表依次所用规则的编号



10.6 目标关系描述

树结构描述

用树结构可以描述多个有共同部分的结构

树是含一个或多个结点的有限集合，是图的一种特例

对每个树结构来说，它有唯一的根结点，其余结点被分成若干个互相不直接连接的子集，每个子集都是一个子树。每个树最下面的结点称为叶结点（树叶）

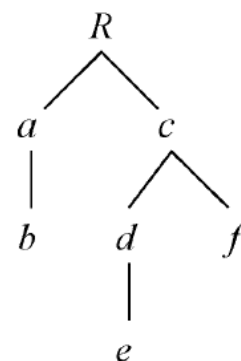
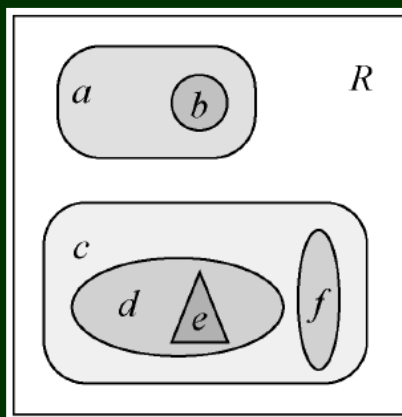


10.6 目标关系描述

树结构描述

从广义上说，树结构中两类重要的信息，一类是关于结点的信息，可用一组字符来记录；另一类是关于一个结点与其相连通结点互相关系的信息，可用一组指向这些结点的指针来记录

借助“在
……之中”
这个关系
进行描述





10.7 各节要点和可参考的文献

- 1 轮廓基本描述参数
- 2 区域基本描述参数
- 3 轮廓的傅里叶描述
- 4 轮廓的小波描述
- 5 区域不变矩描述
- 6 目标关系描述

自我检测题