第8章 简单目标描述

8.1 基于边界的描述

8.2 基于区域的描述

8.3 对目标关系的描述

8.1 基于边界的描述

利用处在目标区域边界上的象素集合来描述边界的特点/特性

8.1.1 简单边界描述符

8.1.2 形状数

8.1.3 边界矩

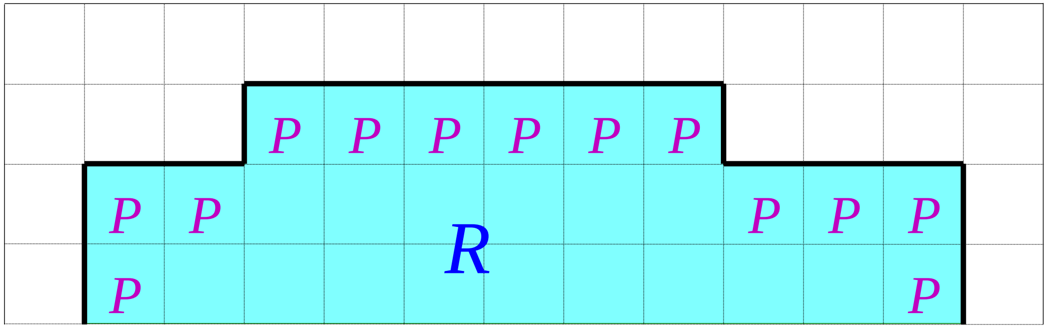
8.1.1 简单边界描述符

1. 边界的长度

- 边界/轮廓长度（区域周长）
- 对区域 R，轮廓点 P：

  ① P本身属于 R

  ② P的邻域中有象素不属于 R



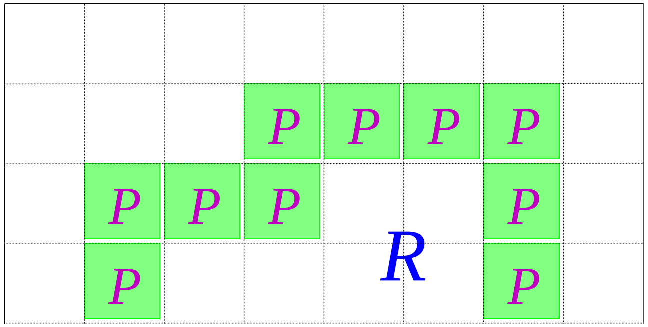
8.1.1 简单边界描述符

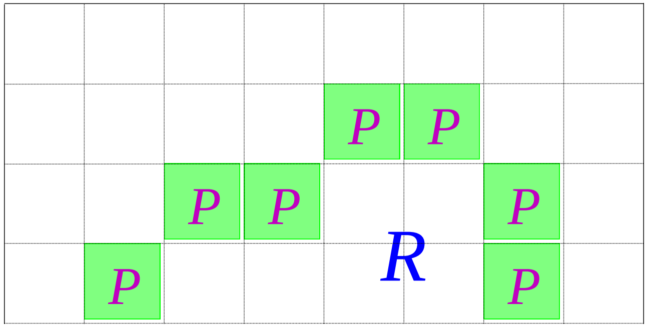
1. 边界的长度

- 区域的轮廓点和内部点要采用不同的连通性来定义

(1) 内部点8-方向连通，轮廓为4-方向连通

(2) 内部点4-方向连通，轮廓为8-方向连通





8.1.1 简单边界描述符

1. 边界的长度

(1) 4-方向连通轮廓B_4

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

(2) 8-方向连通轮廓B_8

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

使用单位长链码

$$\|B\|=\#\underbrace{\{k \mid (x_{k+1},y_{k+1})\in N_4(x_k,y_k)\}}_{\text{2个象素间直线段}}+\sqrt{2}\#\underbrace{\{k \mid (x_{k+1},y_{k+1})\in N_D(x_k,y_k)\}}_{\text{2个象素间对角线段}}$$

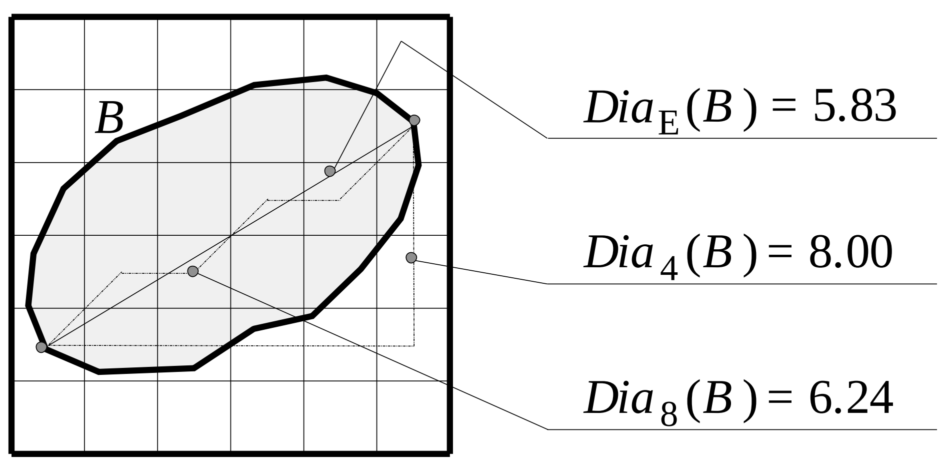
8.1.1 简单边界描述符

2. 边界的直径

边界上相隔最远2点之间的距离

距离

$$Dia_d(B) = \max_{i,j}[D_d(b_i, b_j)] \qquad b_i \in B, \quad b_j \in B$$



8.1.1 简单边界描述符

3. 曲率

斜率、曲率、角点（局部特性）

斜率：轮廓点的（切线）指向

曲率：斜率的改变率

曲率大于零，曲线凹向朝着法线正向

曲率小于零，曲线凹向朝着法线负向

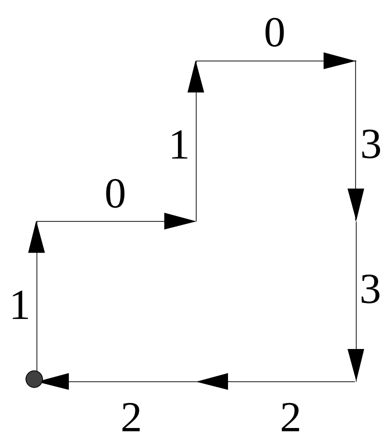
角点：曲率的局部极值点

8.1.2 形状数

形状数

轮廓差分码中其值最小的1个序列

形状数示例



4-方向链码为：10103322

差分码为：33133030

形状数为：03033133

8.1.2 形状数

形状数的阶

- 形状数序列的长度
- 闭合曲线阶是偶数
- 凸形区域形状数的阶N 对应区域外包矩形的周长$(m+n)\times 2$

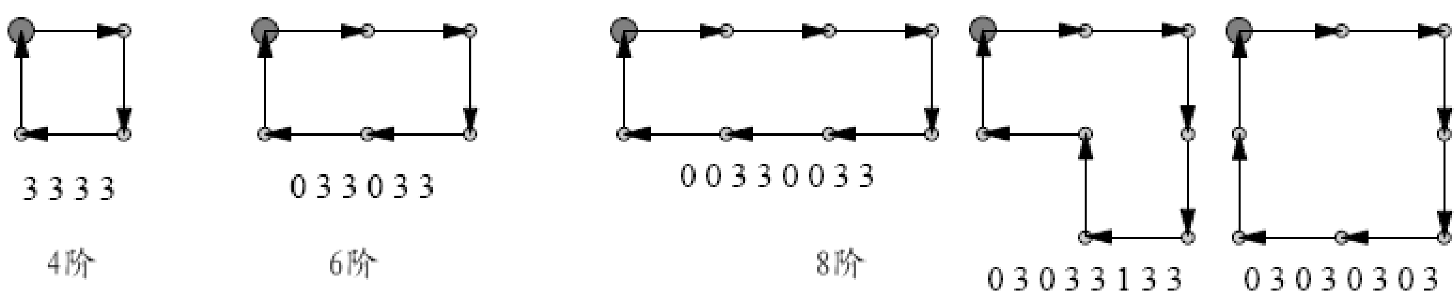
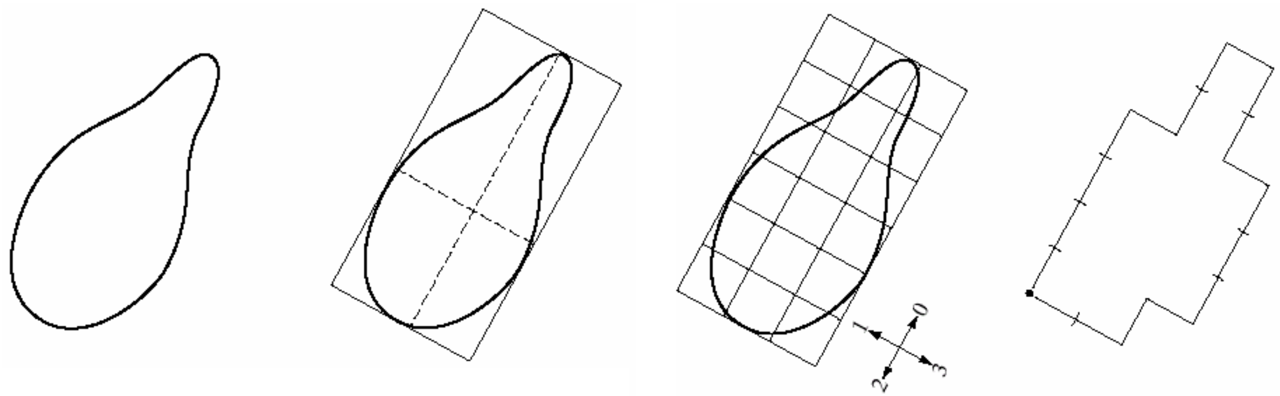


图 9.1.3 阶分别为 4，6 和 8 的所有形状

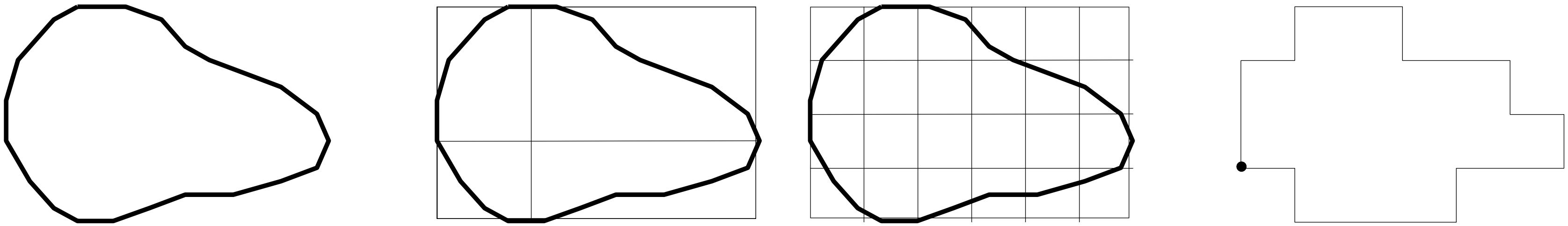
8.1.2 形状数

- 获得指定阶数N的形状数
  - 从所有满足(2(m+n)=N)矩阵中，取长短轴比例与区域最接近的那个。
  - 对外接矩形进行m×n网格划分，求出边界点（面积50%以上包在边界内的正方形划入内部）。
  - 求出链码、差分码以及形状数。



8.1.2 形状数

形状数的阶



(a) (b) (c) (d)

(e)	链码：	1 1 0 1 0 0 3 0 0 3 0 3 2 2 3 2 2 2 1 2
(f)	微分码：	3 0 3 1 3 0 3 1 0 3 1 3 3 0 1 3 0 0 3 1
(g)	形状数：	0 0 3 1 3 0 3 1 3 0 3 1 0 3 1 3 3 0 1 3

8.1.3 边界矩

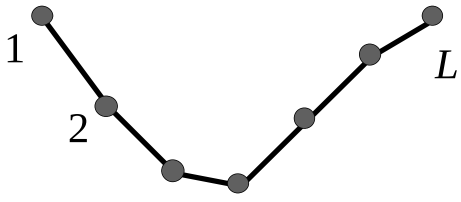
矩是一个物理量

目标的边界可看作由一系列曲线段组成

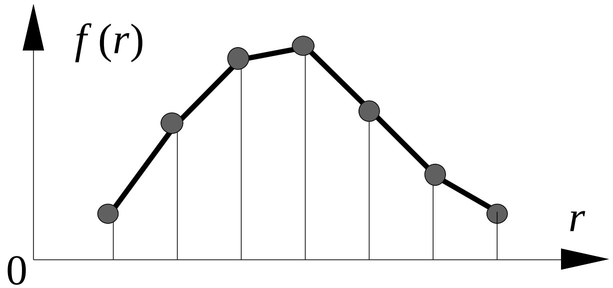
通过定量描述曲线段而进一步描述整个边界

可把曲线段表示成1个1-D函数 $f(r)$

把 $f(r)$ 的线下面积看成1个直方图



(a)



(b)

8.1.3 边界矩

矩的计算

均值 $$m=\sum_{i=1}^{L} r_i f(r_i)$$

对均值的 n 阶矩 $$\mu_n(r)=\sum_{i=1}^{L}(r_i-m)^n f(r_i)$$

μ_n与 $f(r)$ 的形状有直接联系

μ_2 描述了曲线相对于均值的分布

μ_3 描述了曲线相对于均值的对称性

8.2 基于区域的描述

利用处在目标区域内的象素集合来描述区域的特点/特性

8.2.1 简单区域描述符

8.2.2 拓扑描述符

8.2.3 不变矩

8.2.1 简单区域描述符

1、区域面积

基于对象素个数的计数

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

2、区域重心

基于区域所有象素计算

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

3、区域灰度分布

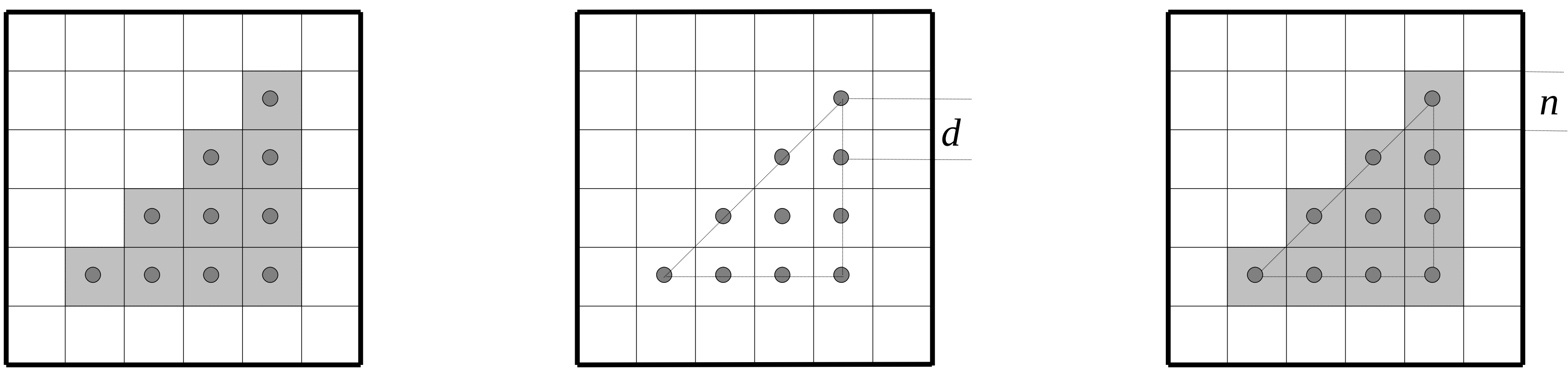
需结合灰度图和分割图

8.2.1 简单区域描述符

1、区域面积

区域面积的不同计算方法

利用对象素记数求区域面积，最简单合理



A_1 = # of pixels = 10

$A_2 = d * d / 2 = 4.5$

$A_3 = n * n / 2 = 8$

8.2.1 简单区域描述符

1、区域面积

多边形区域面积？

$$A(Q) = N_{\mathrm{I}} + N_{\mathrm{B}} / 2 - 1$$

N_{B}是正好处在Q的轮廓上离散点的个数

N_{I}是Q的内部点的个数

令R为Q中所包含点的集合

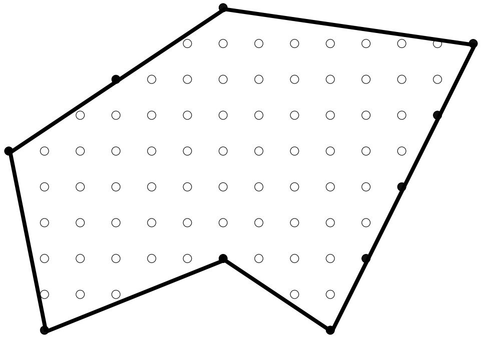
$$|\boldsymbol{R}| = \boldsymbol{N}_{\mathbf{B}} + \boldsymbol{N}_{\mathbf{I}}$$

8.2.1 简单区域描述符

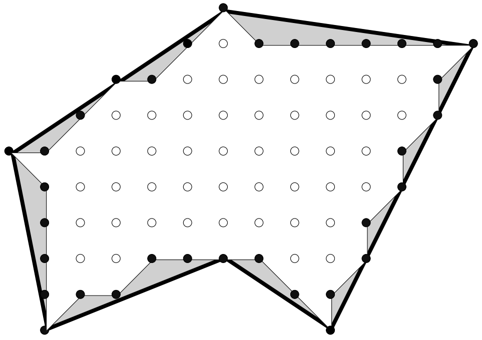
1、区域面积

多边形区域面积计算示例

$$N_I = 71，N_B = 10，\quad A(Q) = 75$$



(a)



(b)

多边形Q所定义的面积　　　轮廓（点集）所定义的面积

8.2.1 简单区域描述符

2、区域重心

对非规则物体，其重心坐标和几何中心坐标常不相同

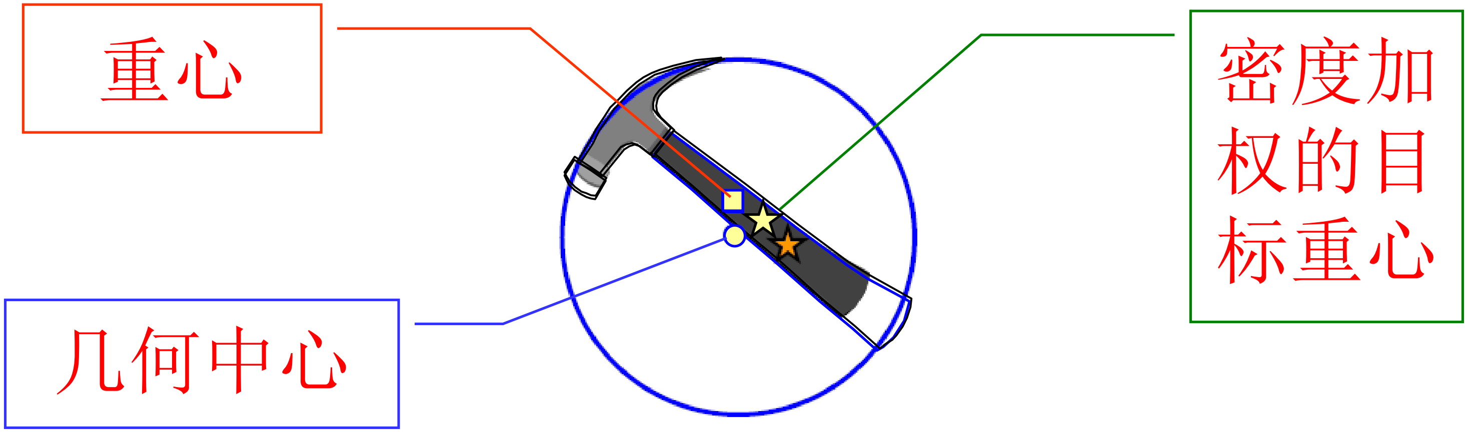


图 9.2.3 非规则物体的重心和中心

8.2.1 简单区域描述符

3、区域密度

(1) 透射率（transmission）

$$T = \text{穿透目标的光} / \text{入射的光}$$

(2) 光密度（optical density）

入射的光与穿透目标的光的比（透射率的倒数），取以10为底的对数

$$OD = \log(1/T) = -\log T$$

8.2.1 简单区域描述符

3、区域密度

(3) 积分光密度 （integrated optical density）

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

积分光密度是直方图中各灰度的加权和

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

8.2.2 拓扑描述符

拓扑描述符

拓扑学研究图形不受畸变变形（不包括撕裂或粘贴）影响的性质

拓扑性质：全局性质，与距离无关

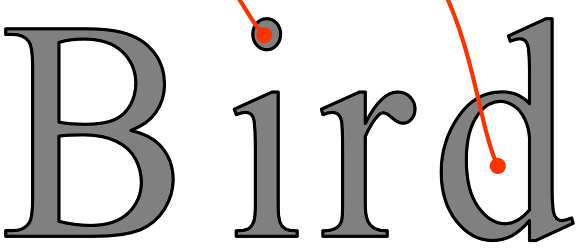
1. 欧拉数

$E = C - H$　　–1， 2， 1 ， 0

欧拉数描述了区域的连通性

H：区域内的孔数

C：区域内的连通组元个数



8.2.2 拓扑描述符

对一幅二值图象A，可以定义两个欧拉数

(1) 4-连通欧拉数$E_4(A)$

4-连通的目标个数减去8-连通的孔数

$$E_4(A) = C_4(A) - H_8(A)$$

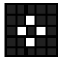
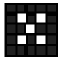
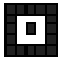
(2) 8-连通欧拉数$E_8(A)$

8-连通的目标个数减去4-连通的孔数

$$E_8(A) = C_8(A) - H_4(A)$$

8.2.2 拓扑描述符

表 9.2.1　一些简单结构目标区域的欧拉数

No.	A	$C_4(A)$	$C_8(A)$	$H_4(A)$	$H_8(A)$	$E_4(A)$	$E_8(A)$
1		1	1	0	0	1	1
2		5	1	0	0	5	1
3		1	1	1	1	0	0
4		4	1	1	0	4	0
5		2	1	4	1	1	–3
6		1	1	5	1	0	–4
7		2	2	1	1	1	1

8.2.2 拓扑描述符

多边形网

全由直线段（包围）构成的区域集合

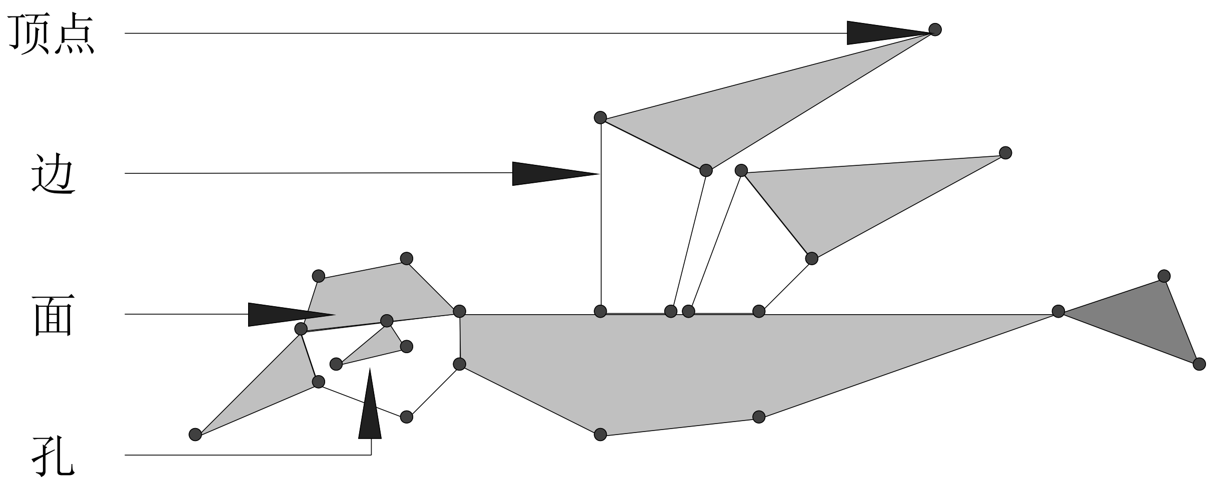
欧拉公式

$$V - B + F = E = C - H$$

V：顶点数

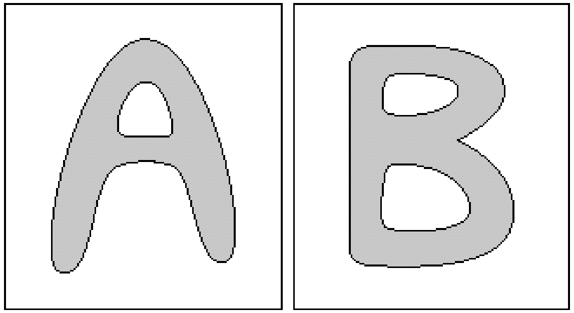
B：边线数

F：面数



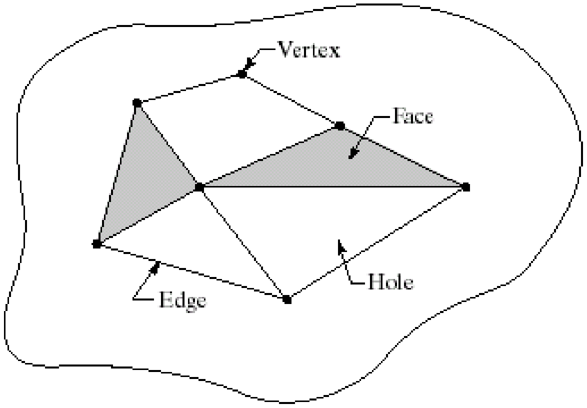
V = 26, B = 35, F = 7, C = 1, H = 3, E = -2

8.2.2 拓扑描述符



Euler number are 0 and -1 respectively

$$V - B + F = E = C - H$$



V = 7, B = 11, F = 2, C = 1, H = 3, E = -2

8.2.3 不变矩

区域矩：用所有属于区域内的点计算

$f(x, y)$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

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

$f(x, y)$的归一化的中心矩

$$\vartheta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{\gamma}} \qquad \text{其中} \quad \gamma = \frac{p+q}{2} + 1, \qquad p+q = 2, 3, \mathrm{L}$$

8.2.3 不变矩

平移、旋转、尺度不变矩

$$T_1 = N_{20} + N_{02} \quad T_2 = (N_{20} - N_{02})^2 + 4N_{11}^2$$

$$T_3 = (N_{30} - 3N_{12})^2 + (3N_{21} - N_{03})^2 \quad T_4 = (N_{30} + N_{12})^2 + (N_{21} + N_{03})^2$$

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

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

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

8.2.3 不变矩

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

8.3 对目标关系的描述

- 多个边界/区域间的关系

  边界和边界，区域和区域，边界和区域

- 可利用不同的数据结构

8.3.1 目标标记和计数

8.3.2 点目标的分布

8.3.3 字符串描述符

8.3.4 树结构描述符

8.3.1 目标标记和计数

1、象素标记

检查当前象素与之前若干近邻象素的连通性

♦考虑4-连通的情况

0	0	0
0	1	

新的标记
第1次被扫描到

0	A	0
0	1	

标记为A
与A连通

0	0	0
B	1	

标记为B
与B连通

0	A	0
B	1	

标记为A/B
A和B等价

1. 区域标记算法

		1	1	1	1										
		1	1	1	1										
		1	1	1				1	1			1	1		
								1	1	1		1	1	1	
								1	1	1	1	1	1	1	
			1	1	1				1	1	1	1	1		
		1	1	1	1	1	1	1							
			1	1	1	1									

		1	1	1	1										
		1	1	1	1										
		1	1	1				2	2			3	3		
								2	2	2		3	3	3	
								2	2	2	2	2	2	2	
			4	4	4				2	2	2	2	2		
		5	5	5	5	5	5	5							
			5	5	5	5									

记录表

改为 2	2	3
改为 4	4	5

以上算法针对4连通区域。

对8连通或其它连通形式，需对邻域进行相应修改即可。

8.3.1 目标标记和计数

2. 收缩连通元法：逐步将连通元缩小，直至成为一个点。

算法分为两步：

- parallel shrinking： 并行的逐步收缩连通元。
- label propagation： 沿逐次收缩的结果，反向标记连通区域。

收缩算子：(向右下角收缩,其余3个方向收缩算子类似可知）

$$\mathrm{S}\{f(i,j)\}=T\{T[f(i,j)+f(i-1,j)+f(i,j-1)-1]+T[f(i,j)+f(i-1,j-1)-1]\}$$

$$T(x)=\begin{cases}0 \quad ; \quad x\le 0\\ 1 \quad ; \quad x>0\end{cases}$$

$$\begin{bmatrix}? & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix}? & ?\\ ? & 1\end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix}1 & ?\\ ? & 1\end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix}? & ?\\ ? & 1\end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix}0 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix}? & ?\\ ? & 0\end{bmatrix}$$

Parallel Shrinking

$k = 0$; //count of iterations
$count = 0$; //count of image components
$a_0 \leftarrow f(i, j)$; // a_k is the shrinking result of the k-th iteration
while any($a_k(i, j)$)
$k = k + 1$;
for $i = 1 : n$
    for $j = 1 : m$
        $a_k(i, j) = S\{a_{k-1}(i, j)\}$; // shrinking operation
        if $a_{k-1}(i, j)$ && $!a_k(i, j)$ && $!(a_k(i+1, j) \| a_k(i, j+1) \| a_k(i+1, j+1))$
            $count = count + 1$; // an object disappers in the k-th iteration
        end
    end
end
end

1. 对每一个连通元，有且只有一个收缩得到的孤立点与之对应。
2. 对一个m×n的图像而言，最多收缩m+n-1次。

Label Propagation

设shrinking在第s步停止，即a_s是个全零阵

对a_{s-1}中所有孤立点分别赋予不同的标记

for $i = 2 : s$

　　把a_{s-i}中与a_{s-i+1}相邻的点赋予相同的标记

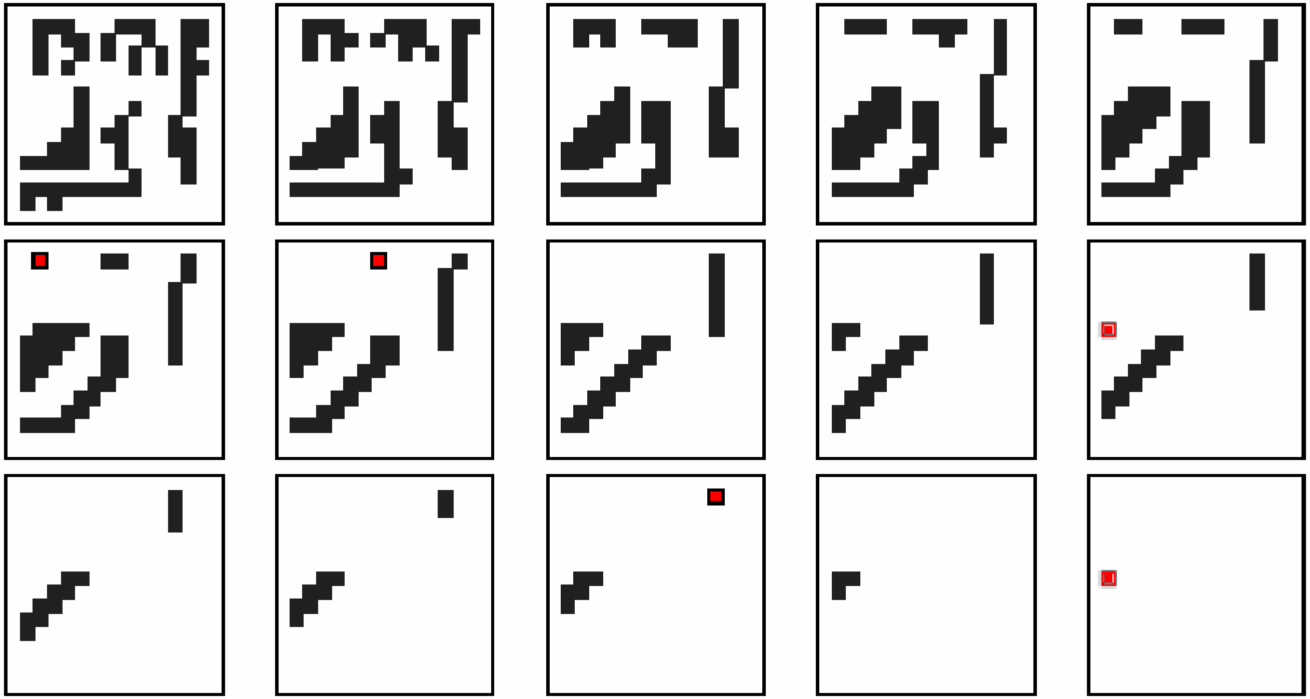
　　把a_{s-i}中不与a_{s-i+1}相邻的点赋予新的标记

end

对$a_0 = f(i, j)$的标记，即为最终结果

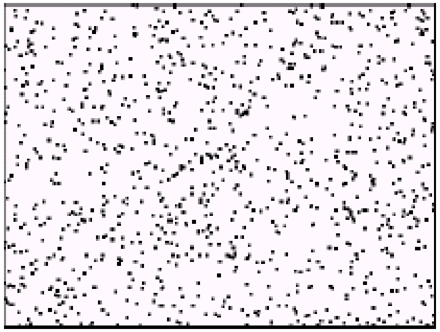
本方法需要保留每一步收缩的结果

8.3.1 目标标记和计数

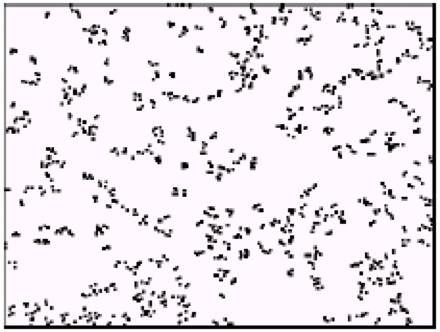


8.3.2 点目标的分布

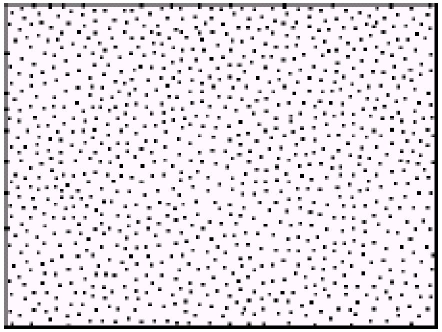
- 当图象中有许多个同类的目标时，为方便研究它们之间的关系，常将各个目标抽象为点目标
- 对点目标集合，目标间相互关系常比单个目标在图象中的位置或单个目标本身的性质更重要



随机分布

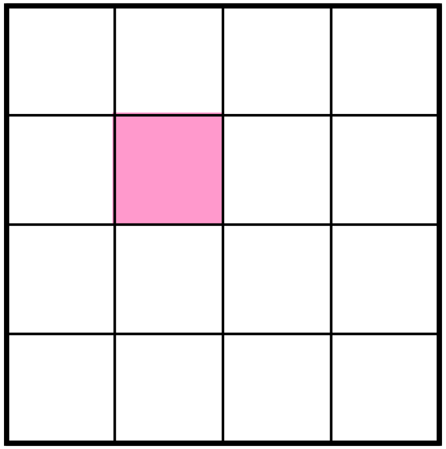


聚类分布



规则分布

8.3.2 点目标的分布



根据分布的统计来区分不同分布

将视场分成一些子区域

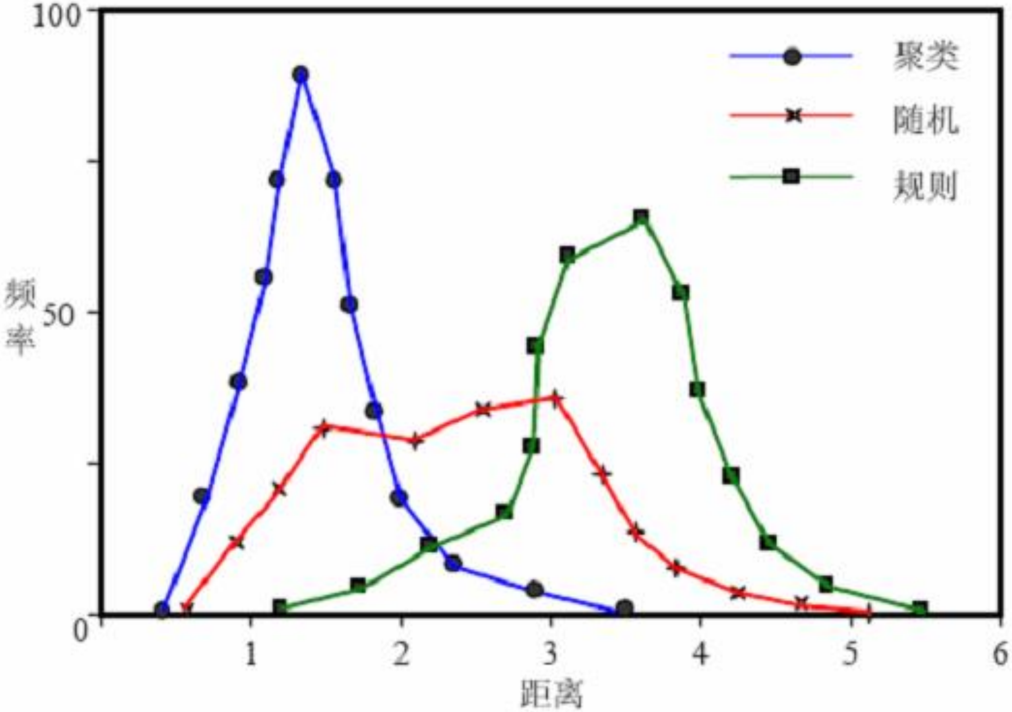
μ：区域内目标数均值

σ^2：区域内目标数方差

(1) $\sigma^2 = \mu$：泊松分布

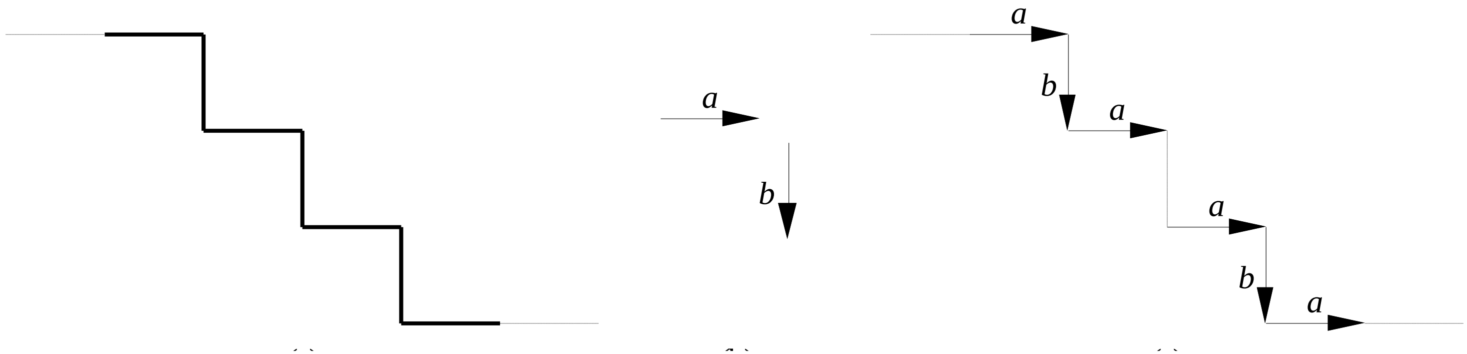
(2) $\sigma^2 > \mu$：聚类分布

(3) $\sigma^2 < \mu$：均匀分布



最近相邻像素距离的直方图

8.3.3 字符串描述符



描述语法/重写（替换）规则：

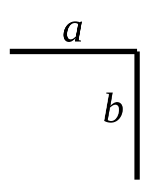
(1) $S \rightarrow aA$　　起始符号S用元素a和变量A来替换

(2) $A \rightarrow bS$　　变量A用元素b和起始符号S来替换

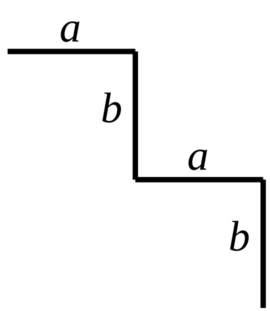
(3) $A \rightarrow b$　　变量A用单个元素b来替换

8.3.3 字符串描述符

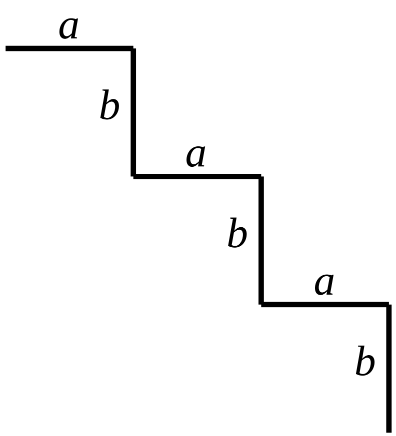
运用重写规则产生结构



(1,3)



(1,2,1,3)



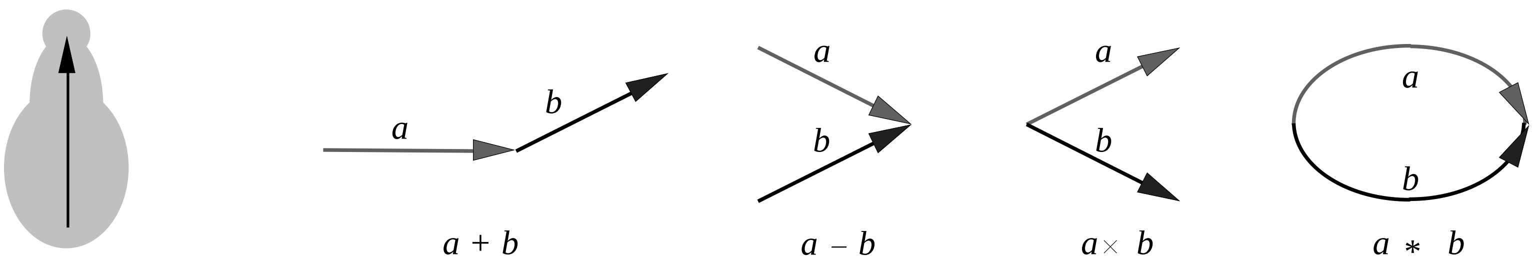
(1,2,1,2,1,3)

字符串：对应头尾连接的线段

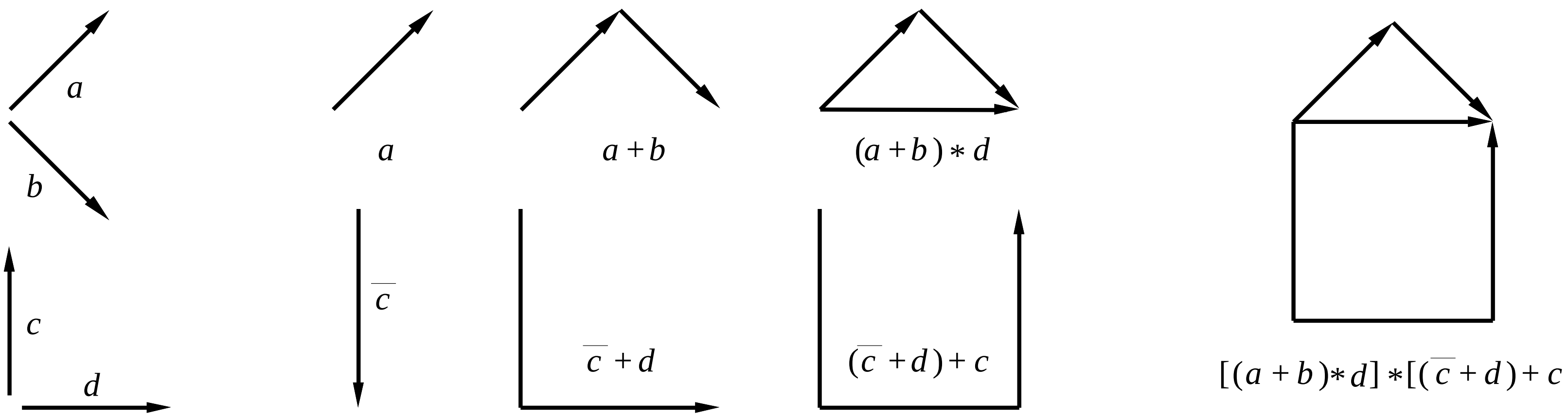
用有向线段（抽象）描述图象区域，除头尾连接，还可用其它运算结合

8.3.3 字符串描述符

利用有向线段描述复杂结构



(a) (b)



(a) (b) (c)

8.3.4 树结构描述符

树中有2类重要的信息：

(1) 关于结点的信息，可用一组字符来记录

(2) 关于一个结点与其相连通结点的信息，可用一组指向这些结点的指针来记录

“在……之中”