

# 数字图像处理

(Digital Image Processing)

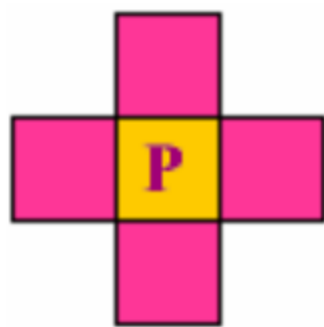
## 像素间关系

# 第二章 数字图像基础

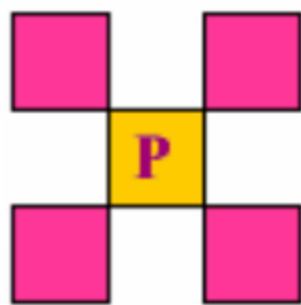
- 邻域
- 邻接、连接
- 区域、边界
- 距离

# 像素间关系-相邻

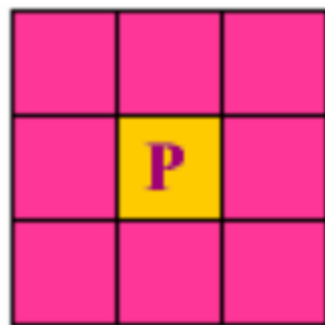
- **4-邻域:** 当前像素点4个水平和垂直方向上的相邻像素  
 $(x-1, y), (x+1, y), (x, y-1), (x, y+1)$
- **D-邻域:** 当前像素点4个对角线像素  
 $(x-1, y-1), (x-1, y+1), (x+1, y-1), (x+1, y+1)$
- **8-邻域:** 4邻域和D邻域的合集



4邻域



D邻域



8邻域

# 邻接

■ 像素的相邻仅说明了两个像素在位置上的关系，若再加上取值相同或相近，则称两个像素邻接

■ 两个像素p和q邻接的条件

□ 位置相邻:  $P(m, n)$ 和 $q(s, t)$  位置上满足相邻

4相邻:  $(m, n) \in N_4(q)$  或者  $(s, t) \in N_4(p)$ ;

8相邻:  $(m, n) \in N_8(q)$  或者  $(s, t) \in N_8(p)$ ;

□ 灰度值相近，即称为灰度值相近（似）准则

$p \in V$  和  $q \in V$ , 其中  $V = \{v_1, v_2, \dots\}$

# 邻接

## ■ 三种类型的邻接性

- **4邻接**:若像素p和q的灰度值均属于V中的元素,且满足  $q \in N_4(p)$ ,则p和q是4邻接的.
- **8邻接**:若像素p和q的灰度值均属于V中的元素,且满足  $q \in N_8(p)$ ,则p和q是8邻接的.
- **m邻接(混合邻接)**:如果①  $q \in N_4(p)$  OR ②  $q \in N_D(p)$  且集合  $N_4(p) \cap N_4(q)$  没有来自V中数值的像素,则具有V中取值的像素p和q是m邻接.

# 邻接

- 4邻接必8邻接，反之不一定成立
- 两种邻接及其关系见图所示，相似性准则为  $V = \{1\}$ 
  - p与q：4邻接，也8邻接；
  - q与r：8邻接但非4邻接。

	p	
	q	
r		

(1) 像素标记

0	1 <sub>p</sub>	0
0	1 <sub>q</sub>	0
1 <sub>r</sub>	0	0

(2) 像素取值

0	1 <sub>p</sub>	0
0	1 <sub>q</sub>	0
1 <sub>r</sub>	0	0

(3) 4邻接

0	1 <sub>p</sub>	0
0	1 <sub>q</sub>	0
1 <sub>r</sub>	0	0

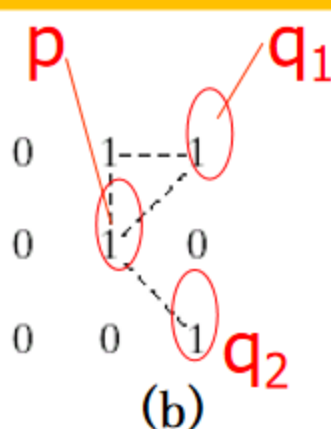
(4) 8邻接

# 邻接

$V = \{1\}$

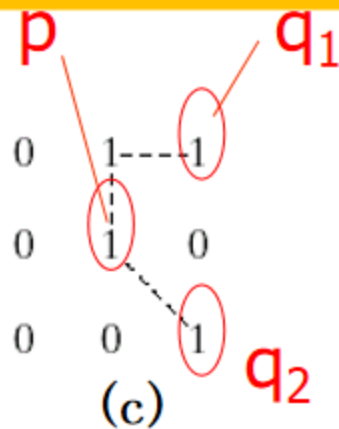
0	1	1
0	1	0
0	0	1

a b c



(a) 像素安排

(b) 中心像素p的8邻接像素:  $q_1, q_2$



(c) 中心像素p的m邻接像素:  $q_2$

$q_1$ 和p:8邻接, 非m邻接

$q_2$ 和p:8邻接, 又m邻接

不满足条件:  $N_4(p) \cap N_4(q_1)$ 没有V中取值的像素

✓ 只定义8邻接, 则 $q_2$ 和 $q_1$ 之间的通路有两条 (二义) 见 (b) ;

✓ 定义了m邻接, 则 $q_2$ 和 $q_1$ 之间的通路就只有一条 (m通路) 见 (c)

**m邻接可以消除8邻接所带来的多路链接问题**

# 通路

像素 $p(x_0, y_0)$ 到像素 $q(x_n, y_n)$ 的通路(*path*)定义为特定的像素序列:

$(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$

st.  $(x_i, y_i)$ 和 $(x_{i-1}, y_{i-1})$ 对于 $1 \leq i \leq n$ 是邻接的, $n$ 是通路的长度.

若 $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$ ,则通路是闭合通路.

0 1 1  
0 1 0  
0 0 1

0 1---1  $q_2$   
0  $p$  0  
0 0 1  $q_1$

0 1---1  $q_2$   
0  $p$  0  
0 0 1  $q_1$

a b c

(b)  $q_1$ 和 $q_2$ 之间存在8通路;

(c)  $q_1$ 和 $q_2$ 之间存在m通路



# 连通性

- 若 $S$ 是图像中的一个像素子集，对任意的 $p, q \in S$ ，如果存在一条由 $S$ 中像素组成的从 $p$ 到 $q$ 的通路，则称 $p$ 在图像集 $S$ 中与 $q$ 连通
- 连通分为4连通和8连通。
- 连通分量：对 $S$ 中任意 $p$ ，所有与 $p$ 相连通又在 $S$ 中的像素集合
- 连通集：如果 $S$ 中仅有一个连通分量，则 $S$ 叫连通集

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0

黄色  
部分  
为 $S$

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0

(a) 4连通 连通分量:4 其中 $v=\{1\}$  连通分量:1 (b) 8连通

# 区域

**区域：**  $R$  是图像中的像素子集。如果  $R$  是连通集，则称  $R$  为一个区域（黄色部分）。

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0

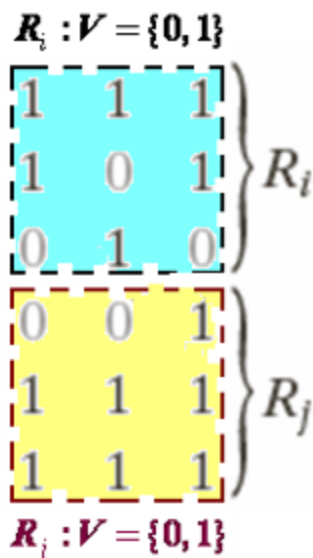
(a) 4连通

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0

其中  $v=\{1\}$

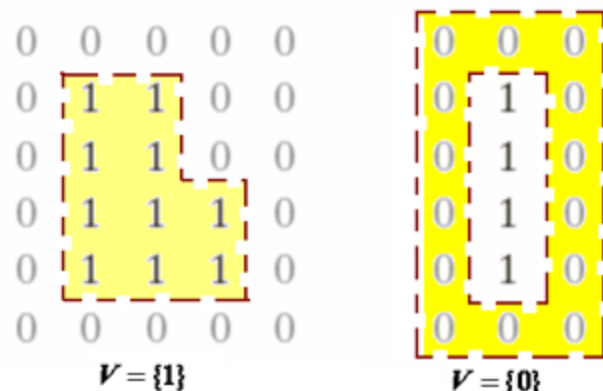
(b) 8连通

**邻接区域：** 两个区域。如果联合（并）为一个连通集，则称这两个区域为邻接区域。如图  $R_i$  和  $R_j$



# 区域

①定义区域时，必须指明灰度相似性准则 $V$ ；



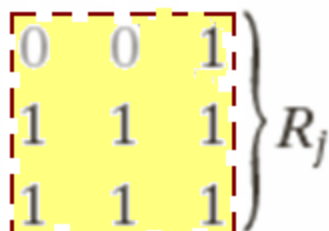
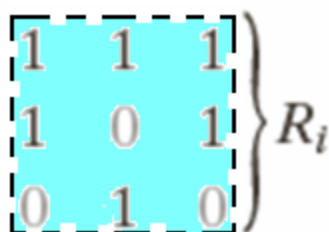
灰度相似性准则 $V$ 不一样，  
则区域就不一样；

②定义邻接区域时，还必须指明邻接类型；

(a)  $R_i$ 和 $R_j$ 是4邻接区域，且 $R_i + R_j$ 为连通集；

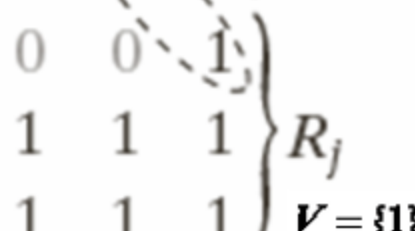
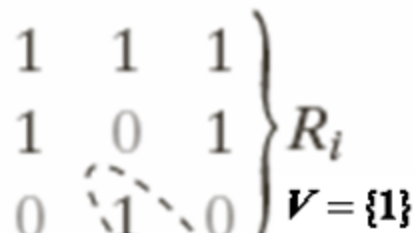
(b)  $R_i$ 和 $R_j$ 是8邻接区域，但 $R_i + R_j$ 为非连通集；

$R_i : V = \{0, 1\}$



$R_j : V = \{0, 1\}$

(a)



(b)

# 边界

假设一副图像S中有K个不连接区域，且它们都不接触图像边界。即：

$$R_k, k = 1, 2, \dots, K$$

**前景：** 定义为  $R_u = \cup R_k, k = 1, 2, \dots, K$

**背景：** 定义为  $(R_u)^c$

**内边界：**

一个区域的边缘或轮廓线叫做边界。

即：该区域中和其背景相邻接的点的集合

**外边界：**对应于背景边界

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1 <sup>R<sub>1</sub></sup>	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1 <sub>R<sub>4</sub></sub>	0	0	0	1 <sub>R<sub>2</sub></sub>	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1 <sub>R<sub>3</sub></sub>	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0

# 边界

- 一个区域和其背景中的点之间的邻接要根据8连通来定义!!!

前景 (黄色区域) :  $V=\{1\}$ , 内边界就是它自身;

背景 (蓝色区域) :  $V=\{0\}$

0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

左图中, 被圈出的点如果在区域及背景间使用4连通, 就不是1值区域边界的成员

0	0	0
0	1	0
0	1	0
0	1	0
0	1	0
0	0	0

左图中, 1值区域的内边界就是区域自身 (不是闭合通路), 而外边界是一个围绕该区域的闭合通路

# 距离度量

对于象素点  $p(x, y)$ ,  $q(s, t)$ ,  $z(v, w)$ , 如果

(a)  $D(p, q) \geq 0$  [ $p = q$ 时,  $D(p, q) = 0$ ] 正定性

(b)  $D(p, q) = D(q, p)$  对称性

(c)  $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$  距离三角不等式

则  $D$  是距离的度量函数.

• 欧氏距离:  $D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}}$  (2.5.1)

•  $D_4$  距离 (城市街区距离) :  $D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$  (2.5.2)

•  $D_8$  距离 (棋盘距离) :  $D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$  (2.5.3)

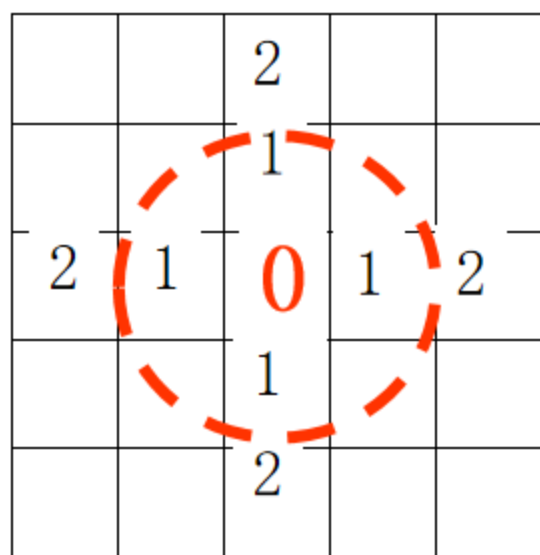
# 距离度量

三种距离的关系为

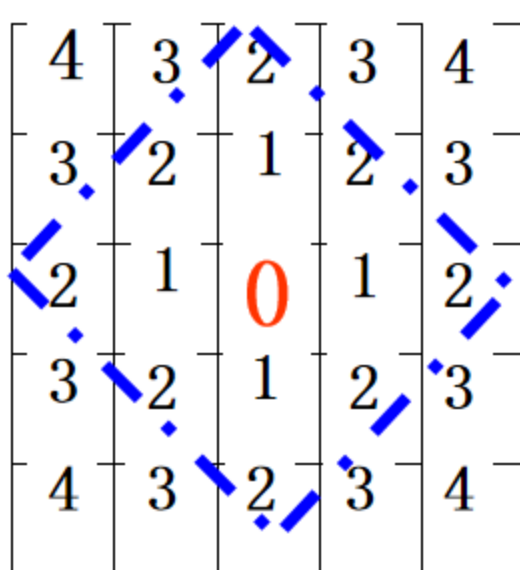
$$D_8(p,q) \leq D_e(p,q) \leq D_4(p,q)$$

$D_4$ 和 $D_8$ 的计算, 可以大大减少运算量, 以适应数字图像数据量很大的特点

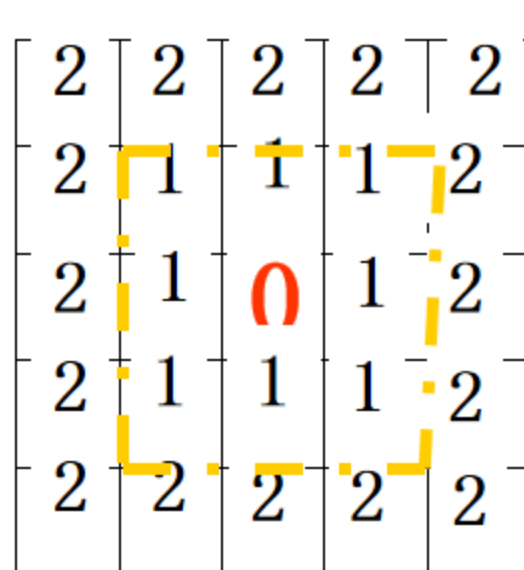
欧氏距离(2-norm)



$D_4$ 距离 (城区距离)



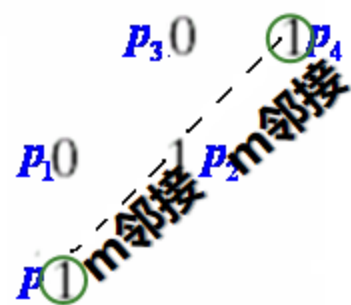
$D_8$ 距离 (棋盘距离)



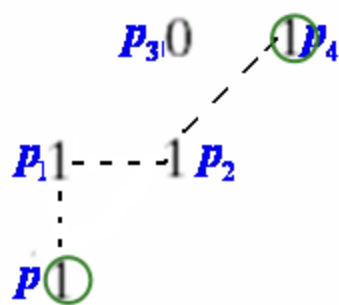
# 距离度量

$D_e$ ,  $D_4$ ,  $D_8$ 和通路无关, 只和点的坐标有关。

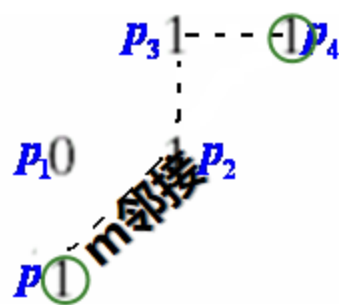
**$D_m$ 距离:**  $D_m$ 距离用点间最短的**通路**定义。



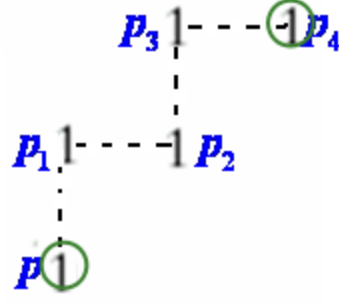
$$D_m(p, p_4) = 2$$



$$D_m(p, p_4) = 3$$



$$D_m(p, p_4) = 3$$



$$D_m(p, p_4) = 4$$

$$V = \{1\}$$