空间距离关系

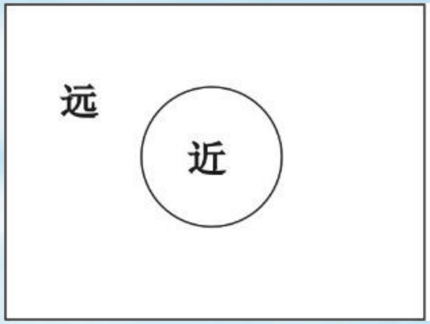
空间距离关系的含义

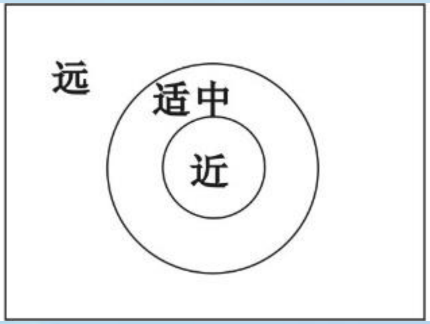
- 空间距离概念是依赖于周围环境的，但是，我们往往将所有的距离信息减少到一种绝对的度量尺度。
- Frank（1992年）明确描述了地理空间中关于距离（近、远）和主方向（东、南、西、北）的定性推理的一种方法。
- 定义一种定性的空间距离关系需要三个元素：源目标PO（Primary Object）、参考目标RO（Reference Object）、以及参考框架FR（Frame of Reference）。

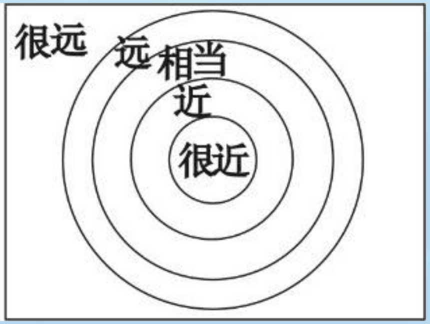
不同粒度的空间距离

空间距离可以从不同空间粒度上进行定义，第一个粒度等级是：近（Close）和远（Far）。这两种关系将平面分为两个区域，这两个区域都是以参考目标为中心，并且外部区域是无限的。

依据其它空间粒度等级，可以得到不同的空间距离关系体系。例如，可以将距离分为三个等级：近（Close）、适中（Medium）、远（Far）；分为四个等级：很近（Very close）、近（Close）、远（Far）、很远；分为五个等级很近（Very close）、近（Close）、相当（Commensurate）、远（Far）、很远。这些关系的名称是任意的，这些关系可以通过圆形区域将平面进行分割







任意粒度的空间距离定义

理论上，在一个给定的粒度等级下，可以根据很多有序的距离$Q=\{q_0, q_1, \ldots, q_n\}$来分割一个参考目标周围的空间。其中$q_0$离参考目标最近，而$q_n$离参考目标最远（可以到无穷远）。

空间距离关系定性推理的含义

假设参考目标A和源目标B之间的距离为$d_{AB} = d(A, B)$，且B和C之间的距离为$d_{BC} = d(B, C)$，则可以从这两个距离推理得到A和C之间的距离d_{AC}。

为了描述这些假设，先区分δ_i和Δ_i的含义（ Delta（大写 Δ，小写 δ） ），前者是“第i个距离范围”，后者是“从原点到δ_i并且包含距离范围δ_i的距离范围”（图5-2）。距离符号q_i表示距原点的所有距离，并且落入范围Δ_i。（*请注意：范围逐渐变大*）

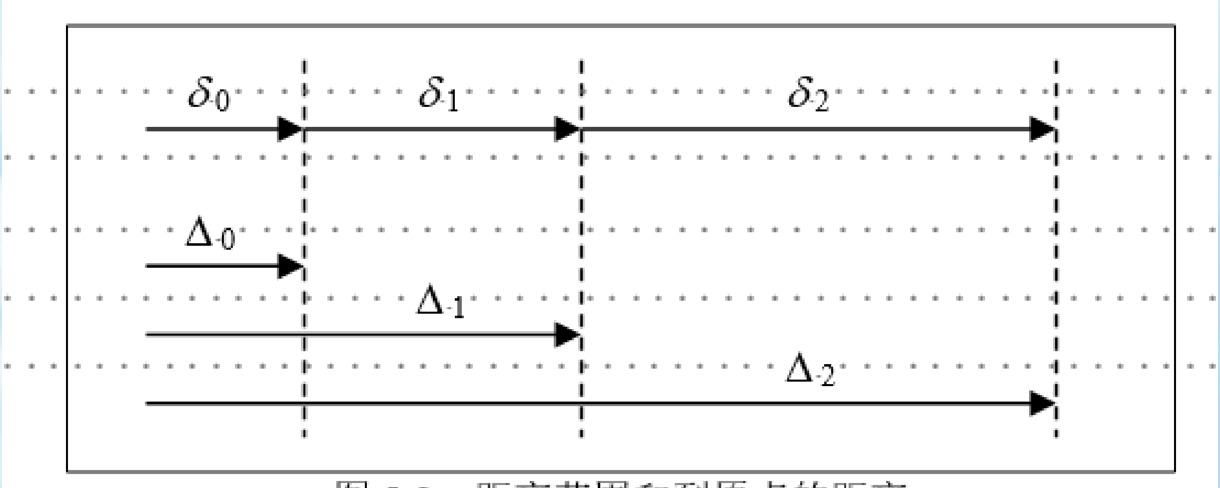


图 5-2 距离范围和到原点的距离

空间距离关系中的约束条件

Hernandez D.等（1995年）提出的约束条件如下：

- 单调性：$\delta_0 \le \delta_1 \le \delta_2 \le \cdots \le \delta_n$
- 范围限制： $\delta_i \ge \Delta_{i-1}, \forall i > 0$
- 吸收律： $\delta_i \pm \delta_j \cong \delta_j$

（如果距离范围 $_j$ 远大于它前面的 δ_i（$\delta_j >> \delta_i$））

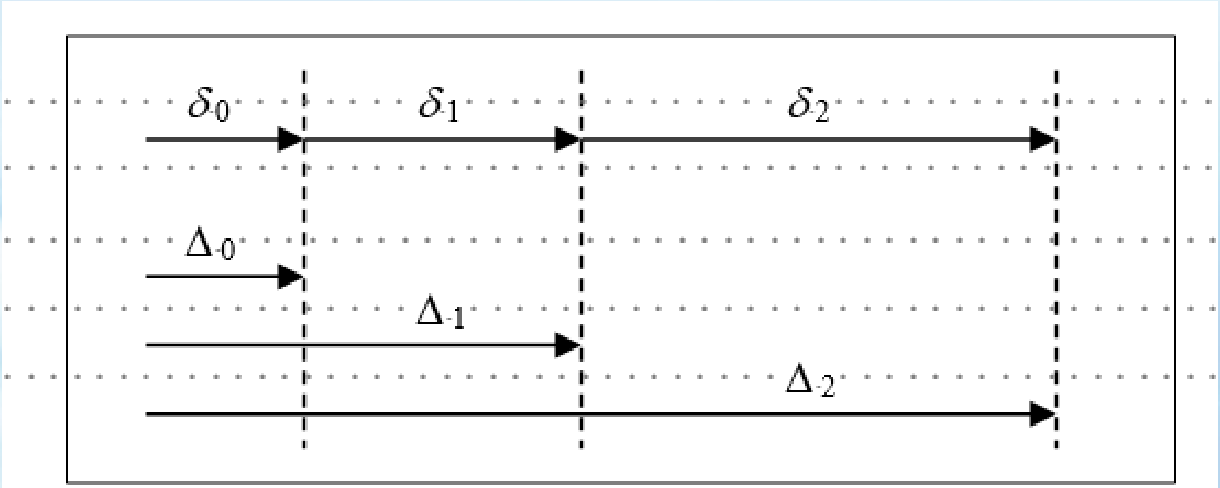


图 5-2 距离范围和到原点的距离

空间距离关系推理

如果*AB*的方向与*BC*的方向相同（图5-3），其推理相当于两个“正数”相加，所以距离的<u>下界（***LB***）</u>不能小于这两个距离中较大的那一个。

$$LB(d_{AC}) = d_{AB} \oplus d_{BC} = \max(d_{AB}, d_{BC})$$

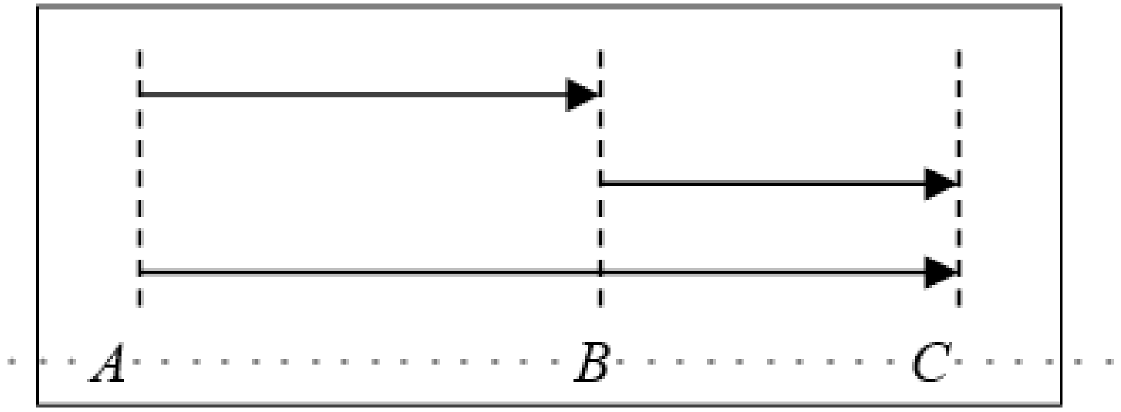


图 5-3 相同方向的距离组合

空间距离关系推理

假设有序的距离关系为$Q=\{q_0, q_1, \ldots, q_n\}$，如果没有结构上的限制，这种组合的上界（*UB*）就是q_n。如果距离范围是单调递增的，我们可以得到：

$$UB(d_{AC}) = ord^{-1}(ord(d_{AB}) + ord(d_{BC}))$$

其中，函数*ord* ()定义了距离的顺序，

ord（*Q*）$\rightarrow\{1, \ldots, n+1\}$，

$ord(q_i) = i + 1$，$ord^{-1}(i) = q_{i-1}$，

若$i > n$，则$ord^{-1}(i) = q_n$。

下面是一个例子（说明如何计算上界，见表5-1的第一项）

$$UB(d_{AC}) = ord^{-1}(ord(q_0) + ord(q_0)) = ord^{-1}(1+1) = ord^{-1}(2) = q_{2-1} = q_1$$

空间距离关系推理组合表

表5-1考虑了五种可能的距离情况，该组合表强调单调性，并且，距离的方向相同。

表 5-1 相同方向的空间距离关系推理组合表（考虑第 1 个约束）

$\oplus$	q_0	q_1	q_2	q_3	q_4
q_0	q_0, q_1	q_1, q_2	q_2, q_3	q_3, q_4	q_4
q_1	q_1, q_2	q_1, q_2, q_3	q_2, q_3, q_4	q_3, q_4	q_4
q_2	q_2, q_3	q_2, q_3, q_4	q_2, q_3, q_4	q_3, q_4	q_4
q_3	q_3, q_4	q_3, q_4	q_3, q_4	q_3, q_4	q_4
q_4	q_4	q_4	q_4	q_4	q_4

空间距离关系推理组合

若考虑第2）个约束条件，则两个距离关系组合中的上界为：

$$UB(d_{AC}) = succ(\max(d_{AB}, d_{BC}))$$

其中，函数*succ*()表示距离关系表中的一个后继元素，若*i*＜*n*，则$succ(q_i) = q_{i+1}$，且$succ(q_n) = q_n$。因此，表5-1就变成了表5-2。（请见中间部分的变化）

表 5-2 相同方向的空间距离关系推理组合表（考虑第 2 个约束）

$\oplus$	q_0	q_1	q_2	q_3	q_4
q_0	q_0, q_1	q_1, q_2	q_2, q_3	q_3, q_4	q_4
q_1	q_1, q_2	q_1, q_2	q_2, q_3	q_3, q_4	q_4
q_2	q_2, q_3	q_2, q_3	q_2, q_3	q_3, q_4	q_4
q_3	q_3, q_4	q_3, q_4	q_3, q_4	q_3, q_4	q_4
q_4	q_4	q_4	q_4	q_4	q_4

空间距离关系推理组合

若考虑吸收律（第3个约束条件），可以进一步简化距离关系组合的上界，

第3个约束条件允许忽略更小的距离，

例如当两个距离的差别$p = 2$时可以忽略（其中一个距离范围），那么可以得到表5-3，上界的计算方法如下：

$$|ord(d_{AB}) - ord(d_{BC})| \geq p \Rightarrow UB(d_{AC}) = \max(d_{AB}, d_{BC})$$

表 5-3 相同方向的空间距离关系推理组合表（考虑第 3 个约束）

$\oplus$	q_0	q_1	q_2	q_3	q_4
q_0	q_0, q_1	q_1, q_2	q_2	q_3	q_4
q_1	q_1, q_2	q_1, q_2	q_2, q_3	q_3	q_4
q_2	q_2	q_2, q_3	q_2, q_3	q_3, q_4	q_4
q_3	q_3	q_3	q_3, q_4	q_3, q_4	q_4
q_4	q_4	q_4	q_4	q_4	q_4

空间距离关系推理组合表

在两个距离方向相反的情况下（图5-4），距离组合的上界是两个距离中较大的一个，因为这个组合对应的是两个“正数”之间的差，计算方法如下：

$$UB(d_{AC}) = d_{AB} \Theta d_{BC} = \max(d_{AB}, d_{BC})$$

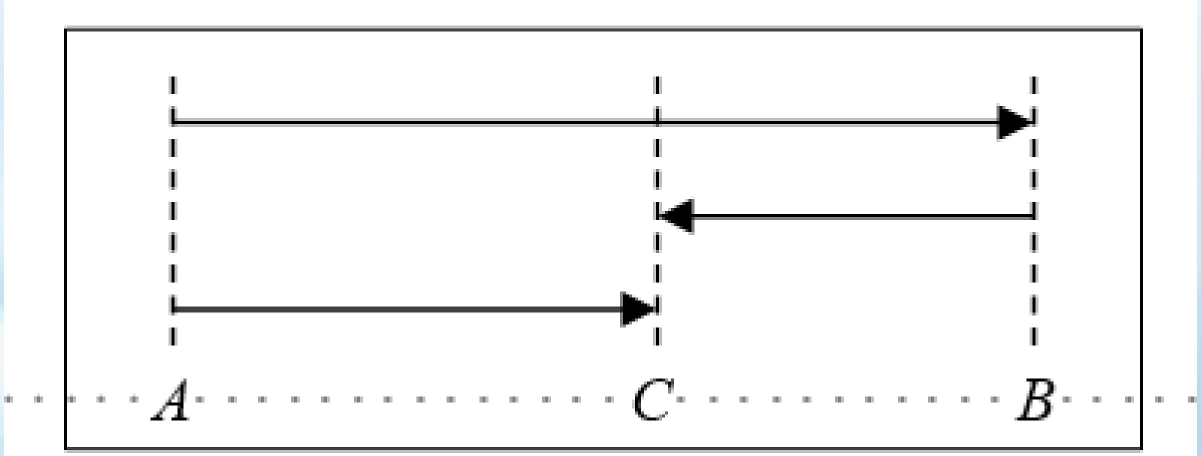


图 5-4 · 相反方向的距离组合

空间距离关系推理组合

如果没有约束限制，下界就是$LB(d_{AC}) = q_0$。然而运用与“相同方向”类似的策略，我们可以逐步限制这种下界。如果考虑第一个约束条件，下界就变为：

$$LB(d_{AC}) = ord^{-1}(|ord(d_{AB}) - ord(d_{BC})|)$$

当一个距离系统中有五种距离时，其组合推理表如表5-4所示。

表 5-4 相反方向的空间距离组合推理表（考虑第 1 个约束）

Θ	q_0	q_1	q_2	q_3	q_4
q_0	q_0	q_0, q_1	q_1, q_2	q_2, q_3	q_3, q_4
q_1	q_0, q_1	q_0, q_1	q_0, q_1, q_2	q_1, q_2, q_3	q_2, q_3, q_4
q_2	q_1, q_2	q_0, q_1, q_2	q_0, q_1, q_2	q_0, q_1, q_2, q_3	q_1, q_2, q_3, q_4
q_3	q_2, q_3	q_1, q_2, q_3	q_0, q_1, q_2, q_3	q_0, q_1, q_2, q_3	q_0, q_1, q_2, q_3, q_4
q_4	q_3, q_4	q_2, q_3, q_4	q_1, q_2, q_3, q_4	q_0, q_1, q_2, q_3, q_4	q_0, q_1, q_2, q_3, q_4

空间距离关系推理组合

若考虑第2个约束条件，那么在给定的距离差p为2的情况下，下界的值为：

$$\left|ord(d_{AB})-ord(d_{BC})\right|\geq 2\Rightarrow LB(d_{AC})=pred(\max(d_{AB},d_{BC}))$$

其中，函数*pred*()表示距离关系列表中某个元素的前一个元素，若$i>0$，则$pred(q_i)=q_{i-1}$，但是，$pred(q_0)=q_0$。其组合推理表如表5-5所示。

表 5-5 相反方向的空间距离组合推理表（考虑第 2 个约束）

Θ	q_0	q_1	q_2	q_3	q_4
q_0	q_0	q_0, q_1	q_1, q_2	q_2, q_3	q_3, q_4
q_1	q_0, q_1	q_0, q_1	q_0, q_1, q_2	q_2,q_3	q_3,q_4
q_2	q_1, q_2	q_0, q_1, q_2	q_0, q_1, q_2	q_0, q_1, q_2,q_3	q_3,q_4
q_3	q_2, q_3	q_2, q_3	q_0, q_1, q_2,q_3	q_0, q_1, q_2,q_3	q_0, q_1, q_2,q_3,q_4
q_4	q_3, q_4	q_3, q_4	q_3,q_4	q_0, q_1, q_2,q_3,q_4	q_0, q_1, q_2,q_3,q_4

空间距离关系推理组合

若使用约束条件3），下界值为：

$$|ord(d_{AB})-ord(d_{BC})|\geq p\Rightarrow LB(d_{AC})=\max(d_{AB},d_{BC})$$

当p=2时，其组合推理表如表5-6所示。

表 5-6 相反方向的空间距离组合推理表（考虑第 3 个约束）

Θ	q_0	q_1	q_2	q_3	q_4
q_0	q_0	q_0, q_1	q_2	q_3	q_4
q_1	q_0, q_1	q_0, q_1	q_0, q_1, q_2	q_3	q_4
q_2	q_2	q_0, q_1, q_2	q_0, q_1, q_2	q_0, q_1, q_2, q_3	q_4
q_3	q_3	q_3	q_0, q_1, q_2, q_3	q_0, q_1, q_2, q_3	q_0, q_1, q_2, q_3, q_4
q_4	q_4	q_4	q_4	q_0, q_1, q_2, q_3, q_4	q_0, q_1, q_2, q_3, q_4

顾及空间距离的空间关系定性描述

顾及空间距离关系的空间方向关系

如图5-5所示，每个方向区域（片）都可以依据距离关系再进行划分。

这里，以图5-5（c）的方向片为例来说明空间方向关系的描述方法。若只考虑空间方向，那么可以用一个3×3的矩阵来描述空间方向关系。当把方向片按照距离等级分区时，则不同距离等级的方向片应当单独用一个3×3的矩阵来描述。

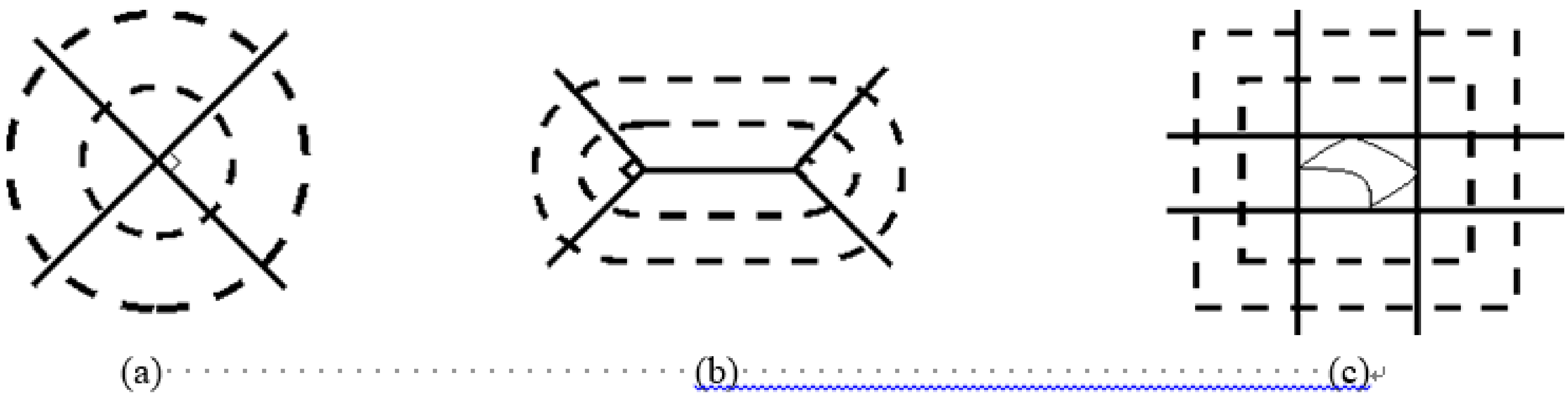


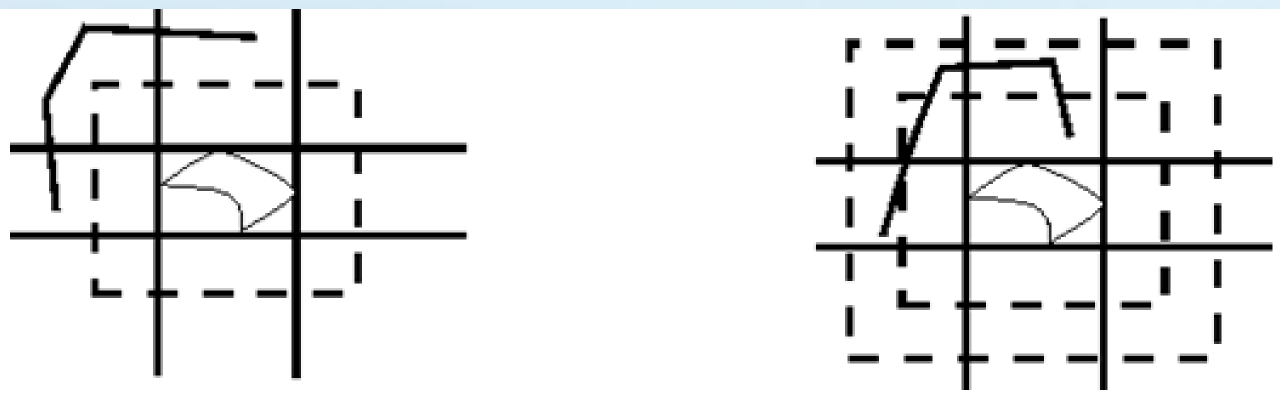
图 5-5 考虑距离关系的方向片的划分

顾及空间距离的空间关系定性描述

图5-6（a）可以表示为（从外到内）：$\begin{bmatrix}1&1&0\\1&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}$

图5-6（b）可以表示为（从外到内）：$\begin{bmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1&1&0\\1&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1&1&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}$

当然，这些矩阵的元素还可以用源目标在不同距离等级的方向片上的比例来描述，而不只是表示“有”和“无”。



（a）　（b）

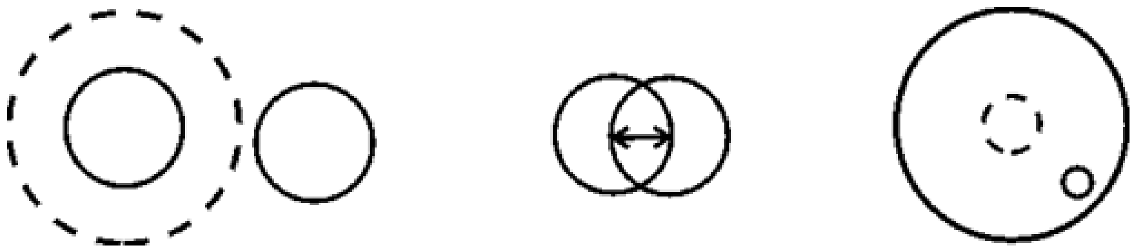
图 5-6　源目标分布在不同距离等级的方向片上

顾及空间距离的空间关系定性描述

如图5-7（a）所示，当两个目标相离时，源目标与参考目标之间的距离不同，它们之间的影响也会不同，图中把距离分为两个层次（远、近）。

同样道理，当两个空间目标相交或相包含时，距离关系也同样起到非常重要的作用，例如，图5-7（b）用相交部分的边界之间的距离说明了相交的程度；图5-7（c）说明了在同样的包含关系条件下，被包含的目标与包含它的空间目标的边界会有不同的距离。

在“相离关系”的描述中，距离可以发挥很好的作用，最明显的例子是Voronoi图、等距离线或中心线等。



(a) (b) (c)

图 5-7 考虑距离关系的空间拓扑关系

Thank You !