

一种定性细节方向关系的表达模型

杜世宏¹⁾ 王桥²⁾ 杨一鹏²⁾

¹⁾(中国科学院遥感应用研究所,北京 100101) ²⁾(南京师范大学地理信息科学江苏省重点实验室,南京 210097)

摘要 空间关系在空间数据库查询语言、基于内容的图像检索及空间场景的相似性等领域有着广泛的应用。然而,当目标对象与参照对象的外接矩形相交或位于其内时,现有方向关系表达方法不能有效地描述有关方向的信息,从而限制了与空间关系有关概念的表达。为此提出了一种能够表达与参照对象外接矩形内部有关信息的细节方向关系表达模型,研究了线/面、面/面和点/面间拓扑关系和方向关系的组合表达问题,最后给出了细节方向关系的计算模型。与现有的方向关系描述方法相比,细节方向关系能够描述参照对象的形状、岛屿,并且能够提高空间关系的分辨率。

关键词 地理信息系统 方向关系 拓扑关系 细节方向关系 空间组合关系
中图分类号:P208 **文献标识码**:A **文章编号**:1006-8961(2004)12-1496-08

A Qualitative Description Model of Detailed Direction Relations

DU Shi-hong¹⁾, WANG Qiao²⁾, YANG Yi-peng²⁾

¹⁾(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

²⁾(Key Laboratory of Jiangsu Province, College of Geographic Information Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097)

Abstract Spatial relations have been comprehensively used in many applications, such as Spatial Database Query Language, Content-Based Image Retrieval and Similarity of Spatial Scenes, etc. However, because the conventional approaches of describing direction relations can not express direction information effectively when the target object is inside or intersected with minimum boundary rectangle (MBR) of the reference object, which limits the description of concepts related to spatial relations. In this paper, firstly, a detailed direction relations model (DDRM) is proposed, which can describe the information related to the interior of MBR of the reference object. The DDRM includes interior, boundary and ring direction relations, and each direction relation is composed of 9 atom directions at most. The interior directions describe some concepts related to the interior of the reference object, the boundary directions deal with some terms related to boundary of the reference object, and the ring directions describe the information about the difference region between the reference object and its MBR. Secondly, after composing topological relations and DDRM, the number of discernible spatial relations about line/region, region/region and point/region increase. Unlike the current direction relations model, the DDRM is sensitive to the shape and the hole of a reference object, and is helpful to improve the ability of describing the spatial relations.

Keywords GIS, direction relations, topological relations, detailed direction relations, spatial composing relations

1 引言

空间关系是一种空间对象间存在的关系约束。不同的空间关系,从不同的角度,用不同的度量方法,对空间对象间的关系进行了表达。但由于现实中空间对象的无限复杂性,使得它们之间的关系也是复杂的,用单一的空间关系无法或不能充分描述这

种复杂性。空间关系的这种特性使得单一的某种空间关系能在现实中找到许多实例;这种情况在空间数据库中表现为满足单个空间关系约束条件的实体对象纪录太多,结果集太大,达不到用户预期的检索目的。因而需要将多个空间关系组合起来,共同作为约束条件,来检索空间数据库。

另一方面,人们在日常的生活,也经常使用一些由多个空间关系组合的术语来表达他们的思想和

认识。如“黄河从甘肃的东部穿过”,这个语句中就用了方向关系的“东部”和拓扑关系的“穿过”这两个术语。但是,由于现有的定性空间方向关系不能有效地描述“同一”区域内的方向信息,无法表达一些人们常用的空间概念,如:“面的东部”、“面的东边界”等。因而限制了空间组合关系的表达能力。为此在详细分析了现有的方向关系和定性空间组合关系的缺点后,针对方向关系的缺点,提出了一种新的方向关系——细节方向关系。在此基础上,研究了线/面、面/面、点/面间的拓扑和方向关系组合表达及细节方向关系的特性。

2 空间关系定性组合表达

2.1 方向关系表达存在的不足

方向关系主要有基于锥形和基于投影两种表达方法^[1]。基于锥形的方法在定义上与基于角度的表

达方位的定量方法有一致的地方,但是它把参照对象当作一个点对象处理,没有考虑参照对象的形状和大小^[2]。基于投影的方法虽然考虑了参照对象的大小,但是却在处理目标对象位于参照对象的外接矩形内或相交情形时,只把它们简单地作为“同一”方向处理,特别是当目标对象位于参照对象的外接矩形内时,目标对象不一定位于参照对象的内部,因此投影方法无法描述这种情况。当用投影方法描述方向关系时,图 1 中的目标对象均位于参照对象“同一”区域内,属于同一种方向关系。但实际上,在方向信息上还是有很大的不同。如图 1(a)和图 1(b)中,目标对象位于参照对象的内部,而图 1(c)和图 1(d)中目标对象位于参照对象的外部;但是图 1(a)中目标对象靠近参照对象的东部,而图 1(b)中目标对象靠近参照对象的西部。图 1(c)中目标对象靠近参照对象的东南部,而图 1(d)中,目标对象靠近参照对象的东北部。图 1(e)、图 1(f)也存在类似的情况。

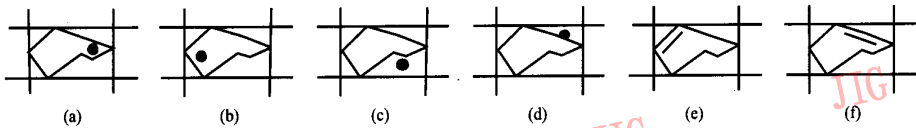


图 1 投影方法不能有效地描述“同一”区域内的方向关系

基于投影的方向关系表达方法没有充分表达参照对象形状对方向关系的影响。这种影响主要体现在“同一”方向的表达。如图 2 所示,4 个参照对象的形状各异,但外接矩形却相同,具有相同的“同一”方向区域,因而 4 个方向关系无法区分。当目标对象在参照对象内部或与其相交时,方向关系的实际情况却有所差别,有些方向区域可能占有优势(面积相对

较大),而其他一些方向区域不占优势(面积相对较小),甚至可能消失(不存在)。图 2(a)中,“东”、“南”、“西”、“北”以及“中部”等方向区域占有优势,而其他方向区域不占优势;图 2(b)中,参照对象的重心点不在其内部,因而“中部”和“西南”方向区域不占优势;图 2(c)和图 2(d)存在类似的情况。

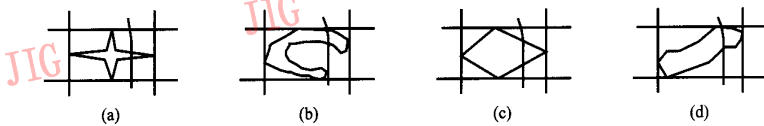


图 2 具有相同外接矩形的不同方向关系

受参照对象形状的影响,与“同一”方向区域有相同拓扑关系和数量特征的方向关系,在人们的认知中可能有不同的方向概念。现有的定性方向关系表达方法只是把图 2 中的各个方向关系简单的表达为“同一”,因而无法区别。但在日常交流中,人们对这些线/面方向关系会有不同的表达和认识,即线对象分别从面对象的“东部”、“东北部”、“东部”和“东北部”穿过。现有定性方向关系表达方法的缺点如下:

(1) 基于投影的定性方向关系表达方法对于“同一”区域内的方向关系无法表达;

(2) 基于投影的定性方向关系表达方法无法就参照对象形状对方向关系的影响进行描述,方向关系表达模型和人们的认知模型之间有较大的差异;

(3) 单一的定性方向关系不能有效区分和表达 GIS 中空间对象之间的关系,需要其他的空间关系进行补充。

2.2 拓扑关系表达存在的不足

拓扑关系具有旋转不变性,图3中的4对对象间的拓扑关系是一致的,都是相交。但是,它们在相交方位上是不同的,也就是说线在面内经过的路径是不同的,拓扑关系无法描述线经过的路径。而这在

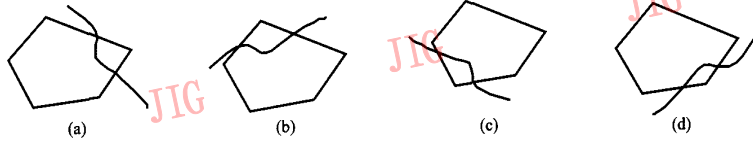


图3 同一种拓扑关系的不同实例

2.3 空间关系定性组合表达

无论是用拓扑关系还是方向关系,对空间对象间的关系进行表达时,都有一定的不足。因为拓扑关系对旋转是不变的,而方向关系无法对空间距离和“同一”区域内的信息进行描述。当目标对象与参照对象相比足够小时,人们经常使用这样一些语句来表达他们的认识,如“北京位于中国的北部”、“甘肃在中国西北部”等,很明显,目标对象“北京”和“甘肃”都在参照对象“中国”的内部,并且在尺寸上都比参照对象“中国”足够小;另一种情况是目标对象与参照对象相交、相离或相遇时,关系比较复杂,如“黄河从甘肃东部穿过”、“某条道路沿着公园的北部”等,可能有很多种原型,用单一的空间关系表达不能很好的描述这些原型的差异性。

现以“黄河从甘肃东部穿过”为例来说明拓扑关系和方向关系的定性组合表达所存在的问题,这个例子可

以抽象为一个线对象从面对象东部穿过。其中,“穿过”为拓扑关系概念,而“东部”为一方向概念。相遇、包含等拓扑关系也存在相类似的情况。为了进一步区分相同的拓扑关系,就需要与其他类型的空间关系(如,方向关系)进行组合来提高分辨能力。

以抽象为一个线对象从面对象东部穿过。其中,“穿过”为拓扑关系概念,而“东部”为一方向概念。

由线/面拓扑关系中的“穿过”和方向关系中的“东部”形成的空间关系组合表达对应的几何关系原型很多,图4仅列出了40种。从定性拓扑关系和方向关系看,都可以属于“黄河从甘肃东部穿过”的概念原型。这些原型之间有明显的共性,即线/面相交,而且相交的部位基本上在面的东部。但同时差异也是明显的,这种差异性主要体现在“穿过”和“东部”空间关系术语上。在和关系语句“黄河从甘肃东部穿过”的一致性程度上有强有弱(如图4中的示例10与关系语句在拓扑和方向概念上完全一致的话,则其他示例与关系语句的一致性程度较弱)。引起一致性程度强弱变化的一个原因主要在于方向关系无法对对象“东部”这个概念进行比较精确的描述,而用其他可能的方向代替,造成了“黄河从甘肃东部穿过”这个语句有

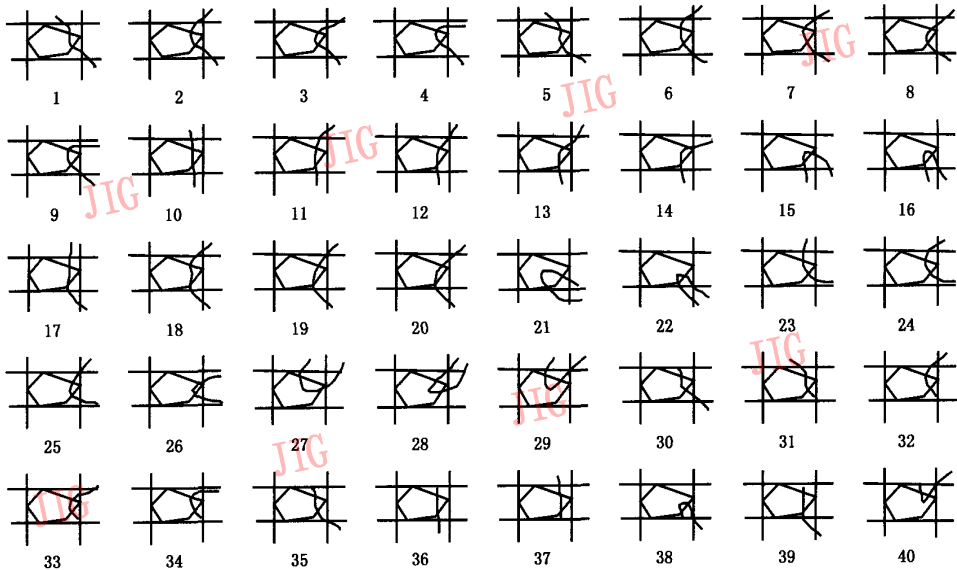


图4 自然语句“黄河从甘肃的东部穿过”的几何解释

较多的原型。在自然语言表达中,除“穿过”这一拓扑术语外,常用的还有“在内 (within)”、“进入 (enter)”、“沿着 (along)”等^[3]也可与方向组合,如“道路在公园的西北部进入”、“道路沿着公园的北部”、“北四环路在北京的北部”等语句。

3 细节方向关系定义

由于传统的定性方向关系表达方法无法对“同一”区域内的信息做出进一步描述,因而造成拓扑和方向关系定性组合表达不能区分许多组合原型,限制了定性组合表达的能力,无法表达一些人们常用的语言语句,如“宁夏与甘肃的东边界接壤”、“某道路沿着公园东部”等。为了克服这一缺点,首先应对

“同一”方向区域进行较细的内部方位区域划分,然后在此基础上定义描述方法。

定义 1 对传统的基于投影方向关系表达方法划分所得的“同一”区域采取的进一步方位划分称为细节方向划分,所得的方向关系和方向概念成为细节方向关系和细节方向。与此相对应,原来的方向关系和概念称为外部方向关系和外部方向。

如图 5 所示,细节方向关系仍然为 9 方向区域,可以对外部方向关系的“同一”区域再次进行投影或锥形划分,并且投影和锥形方法都带中心区——“中部”区域。投影方法的内部方向关系的中部区域为一矩形,该矩形以参照对象的中心点作为中心,以 λ_w 和 λ_h 为宽和高(图 5(a));锥形方法的内部方向关系是以参照对象的中心点为圆心,以 λ 为半径的圆(图 5(b))。

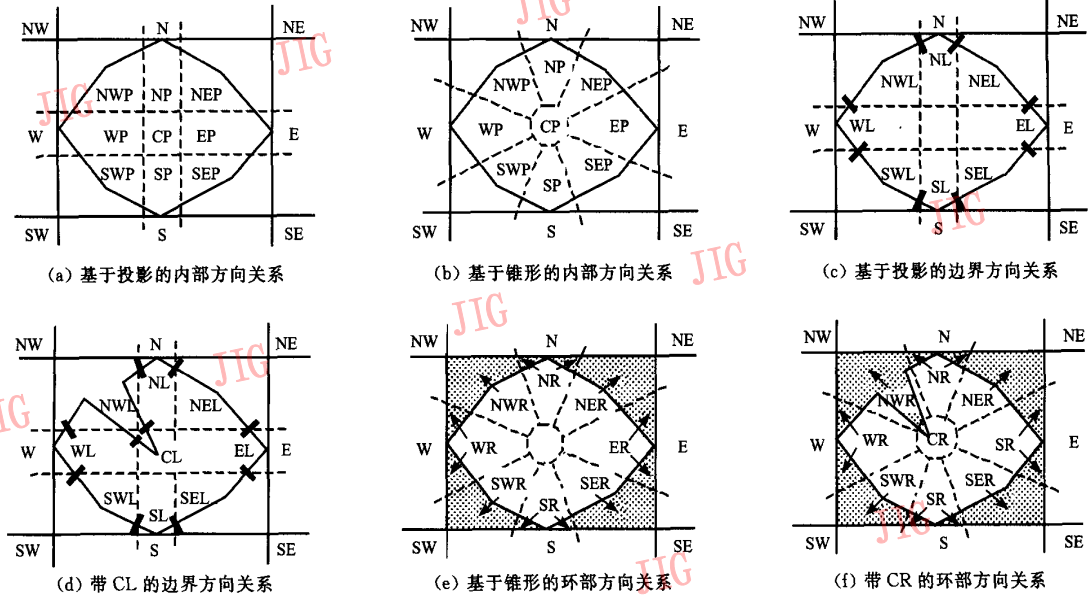


图 5 细节方向关系表达模型

定义 2 内部方向关系把参照对象的内部区域划分为 9 个区域,依次称为东部(EP, east part, 以下类同)、西部(WP)、南部(SP)、北部(NP)、东北部(NEP)、西北部(NWP)、东南部(SEP)、西南部(SWP)和中部(CP)(图 5(a)和图 5(b))。

定义 3 边界方向关系把参照对象边界线划分为 9 条线段,分别称为东部边界(EL)、西部边界(WL)、南部边界(SL)、北部边界(NL)、东北边界(NEL)、西北边界(NWL)、东南边界(SEL)、西南边界(SWL)和中部边界(CL)(图 5(c)和图 5(d))。

定义 4 参照对象外接矩形和参照对象的差区域称为环部区域。环部方向关系把环部区域划分为

9 个区域,分别用 ER、WR、SR、NR、NER、NWR、SER、SWR 和 CR 表示(图 5(e)和图 5(f))。

方向关系划分包括两层方向关系划分,外部划分采用投影方法,这是因为投影方法可以顾及参照对象的大小,并且实现起来比较方便。参照对象外接矩形以外的部分被划分为 8(或 4)个方向区域。细节方向关系采用投影或锥形方法,把参照对象内部最多划分为 9(或 5)个区域;参照对象边界最多被分为 9 条线段;环部区域最多分为 9 个区域。当参照对象为凸多边形时,内部方向关系含 9 个基本方向,每个方向由一个独立的部分组成,而环部和边界方向关系包含 8 个基本方向,CR 和 CL 不存在(图 5(c)、

图 5(e));当参照对象为凹多边形且与中间子矩形相交时,CR 和 CL 存在(图 5(d)、图 5(f)),而 CP 不存在或被分为两个独立部分。同理,其他的细节方向关系都存在这种性质,因而最多分为 9 个基本方向。

用 $Rect(A)$ 表示参照对象 A 的外接矩形,用 $Inside(A, p)$ 表示点 p 在参照对象 A 的内部,

$$\begin{aligned}
 EP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) \geq X_r \wedge Y(p) > Y_b \wedge Y(p) < Y_t \wedge Inside(A, p) \\
 WP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) \leq X_l \wedge Y(p) > Y_b \wedge Y(p) < Y_t \wedge Inside(A, p) \\
 SP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) > X_l \wedge X(p) < X_r \wedge Y(p) \leq Y_b \wedge Inside(A, p) \\
 NP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) > X_l \wedge X(p) < X_r \wedge Y(p) \geq Y_t \wedge Inside(A, p) \\
 SEP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) \geq X_r \wedge Y(p) \leq Y_b \wedge Inside(A, p) \\
 NEP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) \geq X_r \wedge Y(p) \geq Y_t \wedge Inside(A, p) \\
 SWP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) \leq X_l \wedge Y(p) \leq Y_b \wedge Inside(A, p) \\
 NWP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) \leq X_l \wedge Y(p) \geq Y_t \wedge Inside(A, p) \\
 CP(A, B) &\equiv \exists p \in B, X(p) > X_l \wedge X(p) < X_r \wedge Y(p) < Y_t \wedge Y(p) > Y_b \wedge Inside(A, p)
 \end{aligned} \tag{1}$$

根据式(1),只要把条件中的 $Inside(A, p)$ 分别用 $Onside(A, p)$ 和 $Inside(Rect(A) - A, p)$ 代替,就

$Onside(A, p)$ 表示点 p 在多边形边界上;点 $C(x, y)$ 为对象的中心,则内部划分的中部区域上边界、下边界、左边界和右边界坐标分别为 $Y_t = y + \lambda_h/2, Y_b = y - \lambda_h/2, X_l = x - \lambda_w/2$ 和 $X_r = x + \lambda_w/2; X(p)$ 和 $Y(p)$ 表示取点 p 的 X 和 Y 坐标, B 表示目标对象,则基于投影的内部方向可定义为

$$\begin{aligned}
 EP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_E - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_E + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 NEP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_{NE} - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_{NE} + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 NP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_N - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_N + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 NWP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_{NW} - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_{NW} + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 WP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_W - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_W + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 SWP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_{SW} - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_{SW} + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 SP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_S - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_S + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 SEP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_{SE} - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_{SE} + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 CP(A, B) &\equiv \exists p \in B, Distance(p, c) \leq \lambda \wedge Inside(A, p)
 \end{aligned} \tag{2}$$

可以给出参照对象的边界和环部方向的定义。基于锥形的内部方向可定义为

$$\begin{aligned}
 EP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_E - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_E + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 NEP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_{NE} - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_{NE} + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 NP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_N - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_N + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 NWP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_{NW} - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_{NW} + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 WP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_W - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_W + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 SWP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_{SW} - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_{SW} + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 SP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_S - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_S + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 SEP(A, B) &\equiv \exists p \in B, \theta(p) \geq \theta_{SE} - \Delta\theta \wedge \theta(p) < \theta_{SE} + \Delta\theta \wedge Condition(A, p) \\
 CP(A, B) &\equiv \exists p \in B, Distance(p, c) \leq \lambda \wedge Inside(A, p)
 \end{aligned} \tag{2}$$

式(2)中, $\theta_E, \theta_{NE}, \theta_N, \theta_{NW}, \theta_W, \theta_{SW}, \theta_S$ 和 θ_{SE} 分别是东、东北、北、西北、西等方向中心线的逆时针角度。对于 8 方向关系来说,它们分别为 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$;对于 4 方向关系来说, $\theta_E, \theta_N, \theta_W$ 和 θ_S 分别是 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ 和 270° 。 $\Delta\theta$ 为方向的角度跨度,对于 8 方向关系来说为 45° ,对于 4 方向关系来说为 90° ; $\theta(p)$ 表示点 p 与参照对象 A 中心点的方位角。 $Condition(A, p)$ 是拓扑条件,内部方向的拓扑条件为 $Inside(A, p) \wedge Distance(p, c) > \lambda$ 。由于环部和边界的方向划分与内部方向是一致的,因而,只要把 $Condition(A, p)$ 分别换为 $Onside(A, p) \wedge Distance(p, c) > \lambda$ 和 $Inside(Rect(A) - A, p) \wedge Distance(p, c) > \lambda$,就可定义基于锥形的环部和边界方向。

所有拓扑关系类型的定义都与对象的内部或边界有关,两个对象有重叠的部分,必然与外部方向关系的“同一”区域有关。因此,拓扑和方向关系组合表达关键在于“同一”区域内拓扑和方向信息的融合。但是,外部方向关系却不能对“同一”区域内的信息进行详细描述,这是一对矛盾。空间方向关系细节表达对“同一”区域做了进一步的划分,使得拓扑和方向关系在“同一”区内信息融合能力增强,有助于提高空间关系组合表达的分辨和表达能力。

4 基于细节方向关系的空间关系组合表达

4.1 线/面关系定性组合表达

线/面相交是拓扑与方向关系组合表达最复杂、组合类型最多的类型之一。图 6 中所有关系的方向和拓扑关系矩阵都是相同的,但线/面相交的部位、线的形状等还是不同,特别是线在面内所经过的位置是不同的,因而它们的关系也是不同的。这些不同的空间关系在传统的空间关系定性组合表达中是无法分辨的。线/面相交涉及了内部、边界、环部、外部

空间拓扑关系中除相离(disjoint)关系外,其他

4 种方向关系,包括内部/边界/环部方向关系之间、相同方向关系的不同基本方向的组合,组合类型比

较多。图 6 只是列出了其中环部、边界和内部方向组合较少的几个例子。

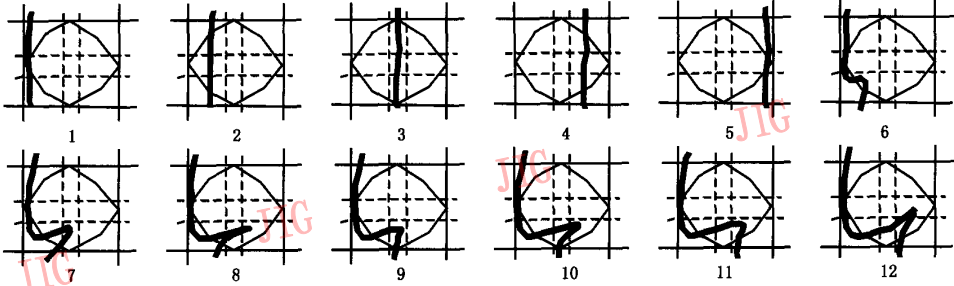


图 6 线/面相交空间关系定性细节表达

线/面边界重合空间关系细节组合中(图 7),拓扑和方向组合主要发生在面边界的方向划分上,组合类型最多有 $9+8+7+6+5+4+3+2+1=45$ 种,图 7 仅列出 12 种,其他组合关系依此类推。

合主要发生在面的内部方向关系上,组合类型最多 45 种,图 8 仅列出 12 种,其他组合关系以此类推。

线/面拓扑关系共有 19 种,本文仅对典型的线/面相交、线与面边界重合、线在面内 3 种进行了空间关系组合研究,其他的 16 种可以按照相似的方法进行组合。

线在面内关系定性组合(图 8),拓扑和方向组

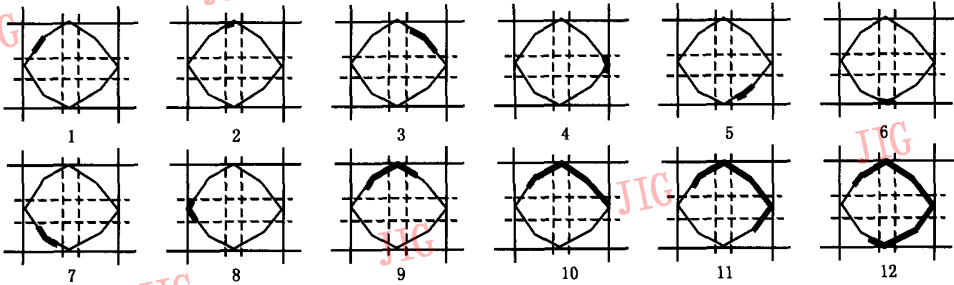


图 7 线/面相遇空间关系定性细节表达

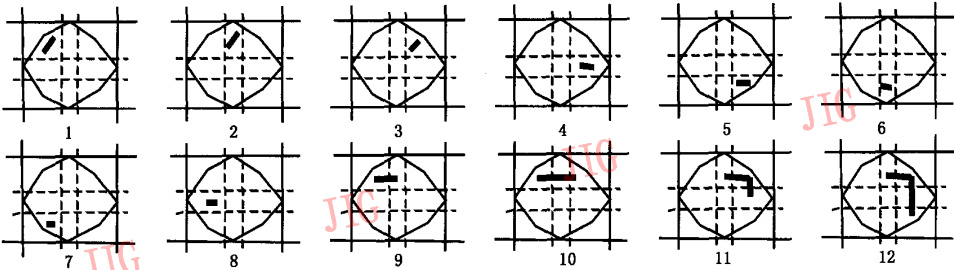


图 8 线在面内空间关系定性细节表达

4.2 面/面关系定性组合表达

面/面空间关系定性细节组合比线/面表达简单,因为面/面拓扑关系类型数比线/面拓扑关系的少。对于面/面相等等拓扑关系来说,方向和拓扑信息都不能提供信息互补,因而没有空间关系的组合。其他的可以仿照线/面细节组合表达进行组合。

4.3 点/面关系定性组合表达

点/面拓扑关系有点/面分离、点/面相遇和点在面内等 3 种(图 9)。外部方向关系只能对点/面分离

情形下的拓扑关系给出方向描述,而无法从方向上点在“同一”区域内的相离和其他两种拓扑关系。点在面内的拓扑关系利用内部方向信息可以分辨出最多 9 种关系,包括点在面的东部、点在面的东南等;点/面相遇的拓扑关系可以分辨出最多 9 种,如点在面的东部边界、点在面的东南边界等;点/面相离的拓扑关系可以分辨出最多 17 种,包括点在“同一”区域外,用外部方向信息描述点在面东方、点在面东南方等 8 种,以及点在“同一”区域内,用环部方向划分得到的 9 种关系。

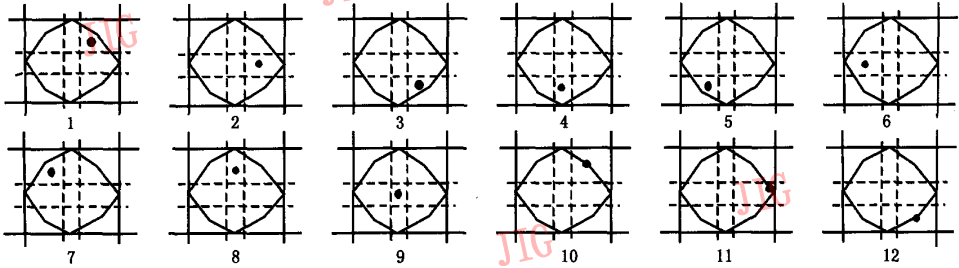


图 9 点/面空间关系定性细节表达

5 细节方向关系计算模型及其特性

根据目标对象与参照对象内部方向区域是否相交来定义内部方向关系矩阵 M_I ; 根据目标对象在各个内部方向区域内的面积(或长度)与整个目标对象的面积(或长度)的比例来确定比例矩阵 M'_I 。

$$M_I = \begin{Bmatrix} O_{NWP} \cap B & O_{NP} \cap B & O_{NEP} \cap B \\ O_{WP} \cap B & O_{CP} \cap B & O_{EP} \cap B \\ O_{SWP} \cap B & O_{SP} \cap B & O_{SEP} \cap B \end{Bmatrix}$$

$$M'_I = \begin{Bmatrix} \frac{area(O_{NWP} \cap B)}{area(B)} & \frac{area(O_{NP} \cap B)}{area(B)} & \frac{area(O_{NEP} \cap B)}{area(B)} \\ \frac{area(O_{WP} \cap B)}{area(B)} & \frac{area(O_{CP} \cap B)}{area(B)} & \frac{area(O_{EP} \cap B)}{area(B)} \\ \frac{area(O_{SWP} \cap B)}{area(B)} & \frac{area(O_{SP} \cap B)}{area(B)} & \frac{area(O_{SEP} \cap B)}{area(B)} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

O_{NWP} 等表示内部方向 NWP 的空间范围。同样, 可以定义环部、边界方向关系矩阵 M_L 、 M_R 及比例矩阵 M'_L 、 M'_R 。

图 10 是细节方向关系的图形及计算得到的关系矩阵。根据传统的投影方向关系, 图 10 中的 10 个关系是相同的, 因而投影方法无法描述参照对象的形状, 也不能对参照对象内的岛屿进行处理。组合内部和环部方向关系就可以描述参照对象形状以及岛屿对方向关系的影响。

(1) 细节方向关系对参照对象的形状是比较敏感的, 而外部方向关系是不敏感的。当参照对象的形状发生变化时, 对象的内部和环部区域也会发生变化, 从而导致内部和环部方向关系发生变化。通过判断某些细节方向关系是否存在就可以捕获到这种变化。如图 10 所示, 图 10(a) 中, CL/R 不存在, 但其他各个方向都存在且由单一区域组成; 图 9(b) 中内部方向 CP 不存在, 而 NWP/L、NWR/L、WR/L、SR/L 存在, 但由两个独立的部分组成; 其他图中存在类似的情况。某个方向不存在, 意味着目标对象不会穿过它, 因而方向关系矩阵中相应的元素值必为 0; 反之, 为 1。因而方向关系矩阵就可区分它们。图 10 中, 根据内部方向关系矩阵(左边矩阵)和环部方向

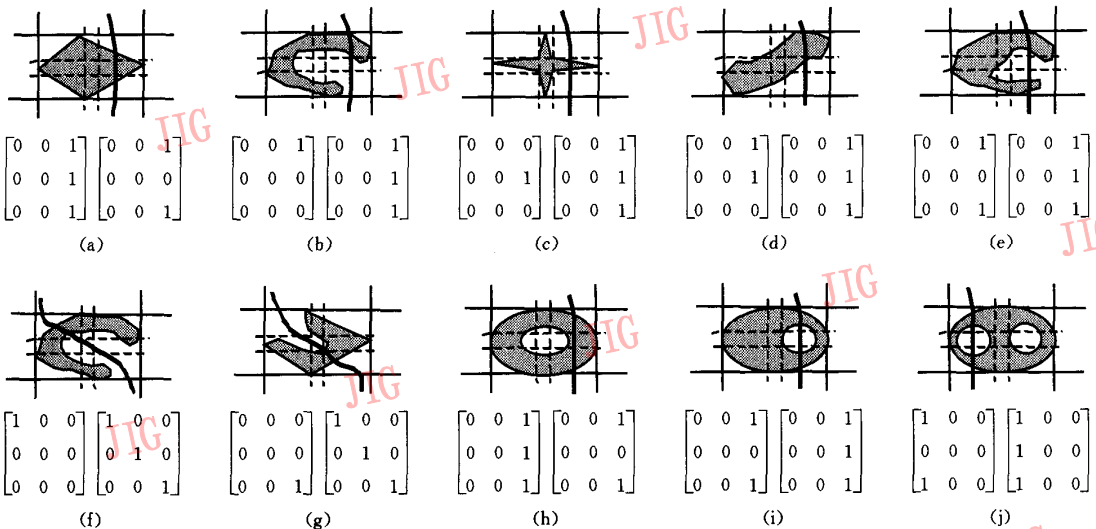


图 10 不同形状参照对象的细节方向关系

关系矩阵(右边矩阵),除图 10(a)和图 10(h)、图 10(e)和图 10(i)是相同的方向关系,其他都是不相同的。

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -2 \end{bmatrix}$$

(2) 细节方向关系对参照对象内的岛屿也是敏感的(图 10 中(f)~(h)),而外部方向关系是无法描述岛屿的。由于岛屿不属于参照对象,因此岛屿会把内部、边界和环部方向分割开来,使得它们由多个独立的部分组成。如果目标对象经过岛屿,则它必然经过岛屿所在的环部方向(环部方向矩阵对应元素为 1),可能不经过与环部方向对应的内部方向(内部方向矩阵对应元素为 0);反之,为 1。因而内部和环部方向关系矩阵可以描述目标对象经过岛屿的信息。如图 10(h),线对象不经过岛屿,所以内部方向矩阵中 EP 对应的元素是 1,环部方向矩阵中 ER 对应的元素为 0;而图 10(i),内部方向关系矩阵中 EP 对应的值为 0,ER 对应的值为 1,因而图 10(h)和图 10(i)能够被区分。此外,岛屿在参照对象内的位置不同时,受影响的内部和环部方向也不同,因而内部和环部方向关系矩阵还可以描述岛屿的位置信息。

(3) 细节方向关系能描述参照对象凹部的信息,但有时与岛屿无法区分。参照对象凹部与岛屿对细节方向关系的影响是相似的。同样,内部和环部方向关系矩阵可以描述目标对象经过凹部的信息,而且还可以区分凹部的朝向。如图 10(f)中凹部朝东南,其内部方向关系矩阵中的 CP、SEP 元素值为 0,而环部方向关系矩阵中的 CR、SER 均为 1;图 10(g)中凹部朝东北,其内部方向关系矩阵中的 NWP、CP 元素值为 0,而环部方向关系矩阵中的 NWR、CR 均为 1。这种区分是当前的拓扑关系和外部方向关系都做不到的。但是,当凹部和岛屿在参照对象内部的位置相近时,细节方向关系并不能完全区分。如图 10(e)和图 10(i)的内部、环部方向关系矩阵一样,无法区分;但图 10(b)和图 10(i)却是完全可以区分的。为了有效区分岛屿和凹部,可以对环部矩阵中元素的取值范围做修改,若目标对象经过的环部方向是由岛屿引起的,则令矩阵中相应的元素值为 -1;若环部方向是由参照对象的凹部引起的,则令相应的元素值为 1;若目标对象不经过某个环部方向,则元素值为 0;若目标对象经过的环部方向是由岛屿和凹部共同引起的,则元素值为 -2,图 10(e)、图 10(i)就可区分,它们对应的环部方向关系矩阵为

6 结 语

细节方向关系不仅与传统的方向关系互相补充,而且与拓扑关系有机结合,扩展了方向关系概念,能够表达传统方向关系不能表达的概念和关系,可以用于空间场景的相似性^[3]、空间查询语言、基于内容的图像检索等方面。该模型的进一步发展和扩充的内容包括:细节方向关系的相似性定义、基于细节方向关系的空间关系层次推理以及模糊对象间细节方向关系的表达等。

参 考 文 献

- 1 Papadias D, Theodoridis Y. Spatial relation, minimum bounding rectangles, and spatial data structures[J]. International Journal of Geographical Information Science, 1997, 11(2): 111~138.
- 2 曹茜,陈军,杜道生. 空间目标方向关系的定性扩展描述[J]. 测绘学报, 2001, 30(2): 162~167.
- 3 Shariff A R, Egenhofer M, Mark D. Natural-language spatial relations between linear and areal objects: The topology and metric of english-language terms[J]. International Journal of Geographical Information Science, 1998, 12(3): 215~246.
- 4 Bruns H T, Egenhofer M. Similarity of spatial scenes[A]. In: Seventh International Symposium on Spatial Data Handling [C], Delft, Netherlands, 1996: 31~42.

杜世宏 1975 年生。2001 年于武汉大学获地图制图学与地理信息工程专业硕士学位。现为中国科学院遥感应用研究所地图学与地理信息系统专业博士研究生。研究方向为空间关系、空间推理、空间数据模型及相关应用开发。



王 桥 1957 年生。南京师范大学特聘教授、博士生导师。主要研究方向为环境地理信息系统和环境遥感。已发表论文 40 余篇,出版专著 4 部。



杨一鹏 1974 年生。助研。现为南京师范大学地理科学学院 2002 级博士研究生。主要研究方向为环境遥感。已发表论文 10 余篇。

