

混合维定性空间查询语言 MQS-SQL

王生生, 刘大有, 杨 博

(吉林大学计算机科学与技术学院, 吉林长春 130012)

摘 要: 定性空间推理的 RCC 理论能够比较全面地表达空间对象的拓扑关系. 但由于不支持混合维空间对象, RCC 不能直接用于空间查询. 本文扩展了 RCC, 建立了能表达混合维空间关系, 更适用于空间查询的空间关系模型 MRCC. 该模型采用 GIS 中常用的数据结构, 支持混合维空间对象的全拓扑(mereotopology)关系, 并根据混合维对象的特点建立了与维数无关的统一的、方向、距离关系. 利用该模型扩充了标准 SQL 语言的关系代数, 实现了混合维定性空间查询语言 MQS-SQL.

关键词: 空间查询; 定性空间推理; 地理信息系统; 模糊逻辑

中图分类号: TP311.131; TP181 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 12A-1995-05

Multi-Dimensional Qualitative Spatial Query Language MQS-SQL

WANG Sheng-sheng, LIU da-you, YANG Bo

(College of computer science and technology, Jilin University, Changchun, Jilin 130012, China)

Abstract: The RCC theory of qualitative spatial reasoning which completely express the topology of spatial objects couldn't be directly applied to spatial query, because it can not support multi-dimension. We extend the RCC and build a spatial query oriented spatial relation model MRCC with multi-dimensional objects supported. This model follows the common data structure of GIS, supports multi-dimensional mereotopology relation and dimension independent union direction and distance relations. We improve the algebra of standard SQL with this spatial relation model, design and implement a multi-dimensional qualitative spatial query language MQS-SQL.

Key words: spatial query; qualitative spatial reasoning; GIS; fuzzy logic

1 引言

空间查询是指对象所占据的空间位置有关的查询, 主要应用于地理信息系统(GIS)及其它涉及空间信息的软件中, 空间查询语言分为 3 大类: (1) 扩展 SQL 很多商业化系统中的空间查询都是通过在 SQL 的基础上增加空间关系操作符实现. 这种方式的缺点是表达能力受关系模型限制, 不能进行元查询、知识查询, 不能进行可视化交互操作或标注结果集^[1]; (2) 可视化空间查询 这是近年来空间查询发展的热点方向. 比较有代表性的是 Maine 大学的 D. Blaser 等人提出的基于草图(sketch)的查询方法, 用户在画板上, 使用特定的符号手绘空间查询要求, 系统根据草图中物体的空间位置关系检索查询结果. 国内的可视化查询系统有南大的 CQL、武测的 SIVQL 等. 可视化空间查询的问题在于其查询能力有限, 难以形式化表达^[2,3]; (3) 基于自然语言的查询 虽然最方便用户使用, 但查询中的概念与语义背景有关, 仅限于专业数据库查询, 难以广泛使用^[4].

鉴于 SQL 已经成为工业标准, 基于 SQL 的空间查询仍然是今后一个时期的发展方向. 但是其表达能力受到传统

SQL 的限制, 其中重要的一点就是 SQL 不能进行定性查询. 定性空间查询并不仅仅是对概念的模糊化, 其范围非常广. 首先, 拓扑关系是一种定性关系, 空间查询中要完备地表达空间关系就必须借助于定性空间推理中的定性空间关系模型. 其次, 距离、方向等定量概念有时也需要定性表达. 严格量化的查询条件可能会导致没有解, 使用模糊逻辑的方法对定量概念进行定性化, 可以解决这个问题. 处理定性条件对于空间查询语言十分重要, 当然定性条件不能完全替代定量条件, 二者需要有机结合^[5]. 另一方面, 大多数空间表示模型都可以用二元关系代数表达, 可以直接用于 SQL. 但标准 SQL 是一阶语言, 任何基于 SQL 的查询都不能返回定性结果, 所以查询结果仍然是数据元组, 而不是谓词.

RCC(Region Connection Calculus)是目前广泛使用的定性空间表示模型, 现在的空间查询系统中使用的空间谓词多数是 RCC 的子集. RCC 最初由命题逻辑定义, 后来又提出了基于 RCC 的模态逻辑系统和计算复杂性分析理论体系. 其理论体系比较完善, 很多著名的空间关系模型都是基于 RCC 的. 但它应用于空间查询的最大障碍是不能表达混合维(multi-dimensional)空间对象间的空间关系^[6,7]. 混合维对象在 GIS 中

十分常见,例如一个项目中行政区划图层的对象是 2 维的,公路图层的对象是 1 维,省会图层的对象是 0 维,跨图层的空间查询就是混合维的。

为了表达完备的空间拓扑关系,本文对 RCC 进行了扩展,提出了支持混合维空间对象的 MRCC 模型,并给出了距离和方向的定性表示.最后根据混合维空间关系模型实现了空间查询语言 MQS-SQL.

2 混合维定性空间关系模型

2.1 空间数据表示

采用 GIS 中普遍使用的“结点-弧段-多边形”结构表示二度平面空间中的对象.空间对象包括三类:点对象、线对象和区域对象,分别称它们是 0 维、1 维和 2 维对象.区域对象由至少一个有向多边形构成.有向多边形由多边形加方向构成:多边形 P 所围成的内部区域用 $P+$ 表示,称为正的多边形;外部区域用 $P-$ 表示,称为负的多边形.区域 R 由 $n(n > 1)$ 个有向多边形构成,可以表示为:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i^{+/-} \quad (1)$$

多边形由弧段构成,弧段由一系列首尾相接的线段构成,一条弧段两侧的区域是不同的.弧段的端点是结点.

2.2 MRCC 拓扑关系模型

由连接算子 $C(x, y)$ 可以推导出 RCC5, RCC8, RCC15 等多种 RCC 模型,分别应用于不考虑边界,考虑边界以及时态等情况.MRCC 是通过将 RCC5 的部分交叠关系(PO)扩充得到的,是一种 JEPD(无遗漏且互不相交)关系.

定义 1 非空空间对象 A 和 B 的交集是 $A \cap B, T(A, B)$ 是 A 相对 B 的 MRCC 拓扑关系:

- (a) 如 $A \cap B = A = B$ 则 $T(A, B) = EQ$,称为相等关系;
- (b) 否则如 $A \cap B = \emptyset$ 则 $T(A, B) = DC$,称为分离关系;
- (c) 否则如 $A \cap B = A$ 则 $T(A, B) = PP$,称为包含于关系;
- (d) 否则如 $A \cap B = B$ 则 $T(A, B) = PPI$,称为包含关系;
- (e) 否则如 $A \cap B$ 是点(0 维)则 $T(A, B) = C0$,称为 0 度相交关系;
- (f) 否则如 $A \cap B$ 是线(1 维)则 $T(A, B) = C1$,称为 1 度相交关系;
- (g) 否则如 $A \cap B$ 是区域(2 维)则 $T(A, B) = C2$,称为 2 度相交关系;

根据 A, B 维的变化,共有 $3 * 7 * 3 = 63$ 种可能的拓扑关系组合,其中有物理意义的有 35 种(表 1).

表 1 基本拓扑关系组合

	点	线	区域
点	EQ, DC	DC, PPI, C0	DC, PPI, C0
线	DC, PP, C0	EQ, DC, PP, PPI, C0, C1	DC, PPI, C0, C1
区域	DC, PP, C0	DC, PP, C0, C1	EQ, DC, PP, PPI, C0, C1, C2

基于 MRCC 定义整体部分关系(Mereology):

定义 2 设空间区域对象 $R = \sum_{i=1}^n P_i^{+/-}$, 则

$$\begin{aligned} V(P, R) &\equiv_{def} \forall P \in R; \\ V+(P, R) &\equiv_{def} \forall P^+ \in R; \\ V-(P, R) &\equiv_{def} \forall P^- \in R \\ E(P, R) &\equiv_{def} \exists P \in R; \\ E+(P, R) &\equiv_{def} \exists P^+ \in R; \\ E-(P, R) &\equiv_{def} \exists P^- \in R \end{aligned}$$

使用 VE 谓词可以描述区域对象的 4 条公理:

公理 1 $\neg (E(P_1, R) \wedge E(P_2, R) \wedge (T(P_1, P_2) = C0 \vee T(P_1, P_2) = C1 \vee T(P_1, P_2) = C2))$

公理 2 $\neg (E+(P_1, R) \wedge E+(P_2, R) \wedge T(P_1, P_2) = PP)$

公理 3 $\neg (E-(P_1, R) \wedge E-(P_2, R) \wedge T(P_1, P_2) = PP)$

公理 4 $V-(P_1, R) \wedge E+(P_2, R) \wedge T(P_1, P_2) = PP$

这四条公理是对构成一个区域的多边形的约束,公理 1

保证了这些多边形不相交;公理 2, 公理 3 分别保证了正的和负的多边形不会相互覆盖,避免了多边形



图 1 三种全拓扑关系

形的冗余;公理 4 保证了每个负的多边形外都有一个正多边形包围它,即区域是有限的.

VE 谓词可以描述多种整体部分关系,例如自连接:

定义 3 $SC(R) \equiv_{def} \neg (E+(P_1, R) \wedge E+(P_2, R) \wedge T(P_1, P_2) = DC)$

自连接是指区域是连通的,即不能把区域分成不相交的两部分.

MRCC 和 VE 可以描述全拓扑关系(mereotopology),下面给出一些常用的全拓扑关系:

定义 4 (a) 环绕关系: $CIR(R_1, R_2) \equiv_{def} E-(P_1, R_1) \wedge V(P_2, R_2) \wedge T(P_2, P_1) = PP$; (b) 半全交: $SFC(R_1, R_2) \equiv_{def} E+(P_1, R_1) \wedge V+(P_2, R_2) \wedge T(P_2, P_1) = C2$; (c) 全交: $FC(R_1, R_2) \equiv_{def} V+(P_1, R_1) \wedge V+(P_2, R_2) \wedge T(P_2, P_1) = C2$

这些关系都具有实际意义,在路径查询,管线管理等系统中十分常见.

支持混合维空间对象,还必须定义取边界的谓词,空间对象的边界比它本身小一维.MRCC 中只定义了区域对象的取边界操作,其他对象的边界认为就是它本身.

定义 5 $B(L, P) \equiv_{def} \forall R (T(P, R) = C2 \rightarrow T(L, R) = C0)$

封闭折线 L 就是多边形区域 P 的边界.虽然按照形式化定义实现 $B(L, P)$ 复杂度较高,但实现中可以在“结点-弧段-多边形”结构中直接提取边界.

$B(L, P)$ 加上基本 MRCC 关系完全可以描述 RCC8.

例如, RCC8 的 TPP 谓词可以表示为:

$$\begin{aligned} TPP(P_1, P_2) &\equiv_{def} T(P_1, P_2) = PP \wedge B(L, P_2) \wedge (T(L, P_1) \\ &= C1 \vee T(L, P_1) = C0) \end{aligned} \quad (2)$$

MRCC 加上 BEV 谓词可以表达任何基于 RCC 理论的混合维拓扑关系.

2.3 拓扑关系比较

拓扑关系是无序的定性概念,只能进行相等比较.本文针对某些实际应用的需求提供了拓扑关系的近似相等比较操作,用“=”表示.近似相等比较通过概念邻域图(Conceptual Neighbourhood Graph 简称 CNG)来实现.

下面以二维区域间的 7 种关系为例,说明构造 CNG 的过程.首先,把 MRCC 拓扑关系用表 2 的三元组 ($A \cap B, A \cap B = A, A \cap B = B$) 表示,其中 D^0, D^1, D^2 表示交集的维.然

表 2 区域拓扑关系三元组

	$A \cap B$	$A \cap B = A$	$A \cap B = B$
EQ	D^2	T	T
DC	\emptyset	F	F
PP	D^2	T	F
PPI	D^2	F	T
$C0$	D^0	F	F
$C1$	D^1	F	F
$C2$	D^2	F	F

后,定义 $T > F$ 且 $D^2 > D^1 > D^0 > \emptyset$,从而形成了三元组之间的部分序关系,用 hasse 图表示就是图 2,这种 hasse 图就是 CNG.

根据 CNG 可以确定相似拓扑关系的逻辑值:

定义 6 $T_1, T_2 \in MRCC, T_1 = ? T_2$ 的逻辑值定义如下:

$$\begin{cases} 1, & \text{if } T_1 = T_2 \\ e, & \text{if } T_1 T_2 \text{ 在 CNG 中有弧直接连接} \\ 0, & \text{else} \end{cases}$$

(其中 e 为常数, $0 < e < 1$)

2.4 定性方向关系

混合维空间对象的方向模型不能把空间对象视为质点,本文根据空间对象的最小外包矩形(MBR)以及 45° 角分割线把空间划分为 13 个区域(图 3(a)),由于任何维的空间对象都具有 MBR,所以这种方法具有通用性.

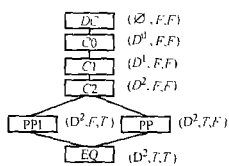


图 2 概念邻域图

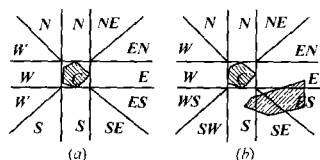


图 3 定性空间方向关系模型

定义 7 $QDIR(A, B)$ 表示 A 相对于 B 的定性方向关系,用集合 D 表示. $D \subseteq DT$ 且 $D \neq \emptyset$,

$$DT = \{C, N, S, E, W, NE, EN, ES, SE, WS, SW, WN, NW\}$$

图 3(b) 中的空间对象方向是“ $\{S, SE, ES, E\}$ ”.

2.5 定性距离关系

混合维空间对象的距离模型也不能忽略了空间对象的形状仅考虑重心距离^[7],而且重心有时在空间对象的外部.由于空间数据库中的对象是由边界顶点序列表示的,距离也可以通过顶点来定义:

定义 8 obj_1 的顶点是 $N_1[1], \dots, N_1[n_1]$;

obj_2 的顶点是 $N_2[1], \dots, N_2[n_2]$

$$d_{\min} = \begin{cases} \min_{1 \leq i \leq n_1, 1 \leq j \leq n_2} (|N_1[i] - N_2[j]|), & \text{if } T(obj_1, obj_2) = DC \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

$$d_{\max} = \begin{cases} \max_{1 \leq i \leq n_1, 1 \leq j \leq n_2} (|N_1[i] - N_2[j]|), & \text{if } T(obj_1, obj_2) = DC \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

其中 $|N_1[i] - N_2[j]|$ 表示顶点间的欧式距离, obj_1 和 obj_2 之间的距离 $DIS(obj_1, obj_2)$ 定义为二元组 (d_{\min}, d_{\max})

定义 9 定义 4 种定性距离比较关系,其逻辑值定义如下,设 $DIS(obj_1, obj_2) = (d_{\min}, d_{\max})$

$$ZERO(obj_1, obj_2) \equiv_{\text{def}} e^{-k d_{\min}}$$

$$NEAR(obj_1, obj_2) \equiv_{\text{def}} \begin{cases} 1, & \text{if } \alpha d_{\min} \leq d_{\max} \\ e^{-k(\alpha d_{\min} - d_{\max})}, & \text{否则} \end{cases}$$

$$FAR(obj_1, obj_2) \equiv_{\text{def}} \begin{cases} 1, & \text{if } \beta d_{\min} \geq d_{\max} \\ e^{-k(\beta d_{\min} - d_{\max})}, & \text{否则} \end{cases}$$

$$EQUA(dis_1, dis_2, m) \equiv_{\text{def}} \begin{cases} 1, & \text{if } |dis_1 \cdot d_{\min} - dis_2 \cdot d_{\min}| < m \\ e^{-k(|dis_1 \cdot d_{\min} - dis_2 \cdot d_{\min}| - m)}, & \text{否则} \end{cases}$$

(其中 $k > 0, \alpha > 1, \beta > 2$ 均为常量)

3 空间查询语言

3.1 查询预处理

由于本文的混合维空间关系模型基于定性空间推理的 RCC 理论,可以采用类似于 RSAT 中的相容性检测的方法对查询条件进行化简和排错,以便提高查询处理效率.预处理分为 3 步:

首先,检查拓扑关系的传递性.传递性是指从 $R(A, B)$ 和 $R(B, C)$ 确定 $R(A, C)$.例如,可以根据 $T(A, B) = PP \wedge T(B, C) = PP \rightarrow T(A, C) = PP$,确定条件“ $T(A, B) = PP$ AND $T(B, C) = PP$ AND $T(A, C) = DC$ ”为恒假.但这种传递性推理有二义性,不能唯一确定 $R(A, C)$,这是由定性推理的特性决定的.表 3 以复合表的形式给出了这些传递关系.

表 3 基本拓扑关系复合表

$T(A, C)$	$T(A, B)$				
	EQ	DC	PP	PPI	CX
EQ	EQ	DC	PP	PPI	CX
DC	DC	$FULL$	DC	DC, PPI, CX	DC, PPI, CX
PP	PP	DC, PP, CX	PP	PP, PPI, CX, EQ	PP, CX
PPI	PPI	DC, PPI, CX	$FULL$	PPI	DC, CX, PPI
CX	CX	DC, PP, CX	DC, PP, CX	EQ, PPI, CX	$FULL$

($CX = C0 \vee C1 \vee C2, FULL$ 表示所有 MRCC 关系)

然后,检查空间对象的整体拓扑关系对其各部分之间的拓扑关系的约束.例如:

$$T(A, B) = PP \rightarrow V(P1, A) \wedge E + (P2, B) \wedge T(P1, P2) = PP$$

最后,检查拓扑、方向和距离关系之间的一些依赖性.如:

$$T(A, B) = PP \rightarrow ZERO(A, B) \wedge QDIR(A, B) = \{C\}$$

3.2 实现策略

基于前面的混合维空间关系模型,设计并实现了基于 SQL 的空间查询语言 MQS-SQL.图 4 是 MQS-SQL 的实现策略示意图.空间关系算法库中包含了模型中所有二元空间关系代数的谓词算法.通过对空间查询的处理,提取出需要计算的空间谓词和属性,把它们放在临时数据库中,这是不含空间概

念的纯关系数据库,然后调用标准 SQL 的处理过程进行数据检索.

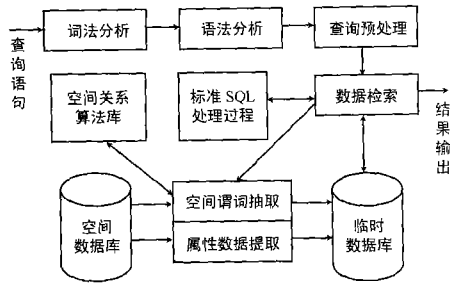


图 4 空间查询实现策略

MQS-SQL 引入了模糊比较操作.把表达式从二值逻辑,扩充到模糊逻辑.根据查询条件的模糊逻辑值是否达到阈值,确定数据元组是否被提取.阈值可以使用系统缺省,也可以在查询中指定.

对于整体部分谓词 *EV* 要进行特殊处理.要对包含 *EV* 的子表达式进行整体处理,含 *E* 谓词子表达式转化为多个表达式的或,含 *V* 谓词的转化为多个表达式的与.例如,条件“(*E* + (*P*, *R*) AND *T*(*P*, *A*) = *PP*) AND *QDIR*(*A*, *B*) = |*S*|”,如果有 *R* = *P*1* *P*2*,则表达式转换为“(*T*(*P*1, *A*) = *PP* OR *T*(*P*2, *A*) = *PP*) AND *QDIR*(*A*, *B*) = |*S*|”.

3.3 MQS-SQL 的语法

MQS-SQL 的语法同标准 SQL 的语法基本相同,只是对 WHERE 子句的查询条件进行了扩充,用 BNF 表示查询条件的语法为:

- <查询条件> ::= <查询条件> <逻辑运算符> <查询条件>
- <查询条件> ::= <空间关系表达式> |
- <标准 SQL 条件表达式>
- <空间关系表达式> ::= <空间关系谓词> |
- <空间关系函数> = <谓词名> |
- <空间关系函数> ? = <谓词名>
- <空间关系谓词> ::= <谓词名> (<空间对象>, <空间对象>)
- <空间关系函数> ::= <函数名> (<空间对象>, <空间对象>)
- <空间对象> ::= <表> .obj
- <逻辑运算符> ::= AND|OR|NOT|XOR

其中的函数和谓词就是在前面的定性空间关系模型中定义的,其他子句的语法同标准 SQL 完全相同,MQS-SQL 也支持对属性数据的定量查询.

3.4 复杂度分析

下面计算一下执行空间查询的时间复杂度.执行查询条件 *F* 的时间复杂度用 $F|_T$ 表示.

$$T(A, B)|_T = C_1 * Node(A) * Node(B);$$

$$B(L, P)|_T = a;$$

$$QDIR(A, B)|_T = C_2 * Node(A) * Node(B);$$

$$DIS(A, B)|_T = C_3 * Node(A) * Node(B)$$

(其中 *Node*(*A*)是 *A* 的节点数;*a*, *C*₁, *C*₂, *C*₃ 是常数)

含有 *E*(*P*, *A*)或 *V*(*P*, *A*)的表达式其计算复杂度要乘以 *Part*(*A*),*Part*(*A*)是 *A* 包含的子部分数.在没有 *EV* 谓词的情况下空间查询表达式的复杂度近似为:

$$\overline{EXP|_T} \approx l(\overline{Node})^2 \tag{3}$$

在包含 *EV* 谓词的情况下:

$$\overline{EXP|_T} \approx (l\overline{Node})^2 + k * N_{EV} * \overline{Part} \tag{4}$$

l, *k* 为常数, \overline{Node} 为平均节点数, \overline{Part} 为平均部分数,*N*_{EV}为表达式 *EV* 谓词个数 *N*_{EV} > 0

4 应用实例

MQS-SQL 的实现平台是吉林大学智能软件研发中心自主开发的组件式地理信息系统 CGIS.国家 863 高技术项目“农业专家系统开发平台”中的子系统“农业测土空间数据库 SESD”是基于 CGIS 开发的.其中大量使用了 MQS-SQL 查询,下面是两个典型例子:

实例 1 在 SESD 中需要根据农民对其耕地位置的描述,求大致位置,并且根据附近的土壤采样点数据求出该耕地的大致土壤养分含量.如果农民对耕地位置的语言描述是“在大平房北偏东 500 米左右”.用 MQS-SQL 表述这个需求就是:SELECT avg(测土.硝态氮), avg(测土.矿质氮), avg(测土.速效磷), avg(测土.速效钾) FROM 测土,居民点 WHERE QDIR(测土.obj,居民点.obj) = {NE| and EQUA(DIS(测土.obj,居民点.obj), DIS(500,500,50) and 居民点.名称 = “大平房” 执行结果:检索到了 3 个测土点,求出了平均值.

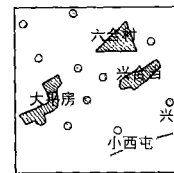


图 5 SESD 地图

实例 2 选择合适的村作为某种新小麦品种的实验区,条件是:植被条件好,被防护林环绕;交通方便,有国道通过;距离水源近. MQS-SQL 表述为:

表 4 相关工作对比

	GEOQL	PSQL	Spatial SQL	MapInfo 6.0 的 SQL	ARC/INFO 8.1 的 SQL	MQS-SQL
时间及作者	B. C. Ooi	Rouso	NCCIA	MapInfo 公司	ArcInfo 公司	吉林大学
或研究机构	1989	poulos 1992	1994	2001	2001	2001
集成 GIS	无	无	无	MapInfo	ARC/INFO	CGIS
拓扑关系	不支持	不支持	支持	不支持	支持	全拓扑
数据规模	小	小	小	大	巨大	中等
可视化交互	不支持	不支持	不支持	支持	支持	支持
定性空间关系	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	支持
模糊逻辑	不支持	支持	不支持	不支持	不支持	支持
混合维空间关系	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	支持

SELECT 村.名称 FROM 村,植被,公路,水系 WHERE CIR (村.obj,植被.obj) and 公路.等级 = '国道' and T(村.obj,公路.obj)? = C2 and NEAR(村.obj,水系.obj)

以上两例查询在 MapInfo 等 GIS 系统中,都不能直接用 SQL 语句实现.

5 相关工作比较

使用空间关系代数扩充 SQL 的研究工作很多,但同时支持混合维空间关系和定性查询的空间查询语言在国内外尚未见报道.表 4 将一些有影响的基于 SQL 的空间查询语言同 MQS-SQL 进行了比较^[8,9]:

虽然 MQS-SQL 作为一种空间查询语言还很不成熟,需要在数据规模、处理效率、表达能力、人机交互接口等方面加强,但是它符合新一代地理信息系统的要求,有着很好的发展前景.

参考文献:

- [1] M J Egenhofer. Why not SQL[J]. INT. J Geographical Information System, 1992(6):71 - 85.
- [2] Blaser A. User Interaction in a sketch-based GIS user interface[A]. IN: Laurel Highlands, International Conference COSIT'97[C]. Berlin: Springer-Verlag, 1997, 1 - 10.
- [3] 鞠时光. 可视化空间数据库查询语言 CQL[J]. 计算机学报, 1999, 22(2):205 - 211.
- [4] 李霖. 空间数据库查询语言的特征[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 2:107 - 110.
- [5] Dimitris Papadias et al. Processing fuzzy spatial queries: a configuration similarity approach[J]. INT. J Geographical Information System, 1999

(13):93 - 118.

- [6] A G Cohn, S M Hazarika. Qualitative spatial representation and reasoning: An overview[J]. Fundamental Informatics, 2001, 46(1 - 2):1 - 29.
- [7] M T Escrig, F Toledo. Qualitative Spatial Reasoning: Theory and Practice[M]. Amsterdam: Ohmsha, 1999.
- [8] Nabilr. Adam. Database Issues in Geographic Information System[M]. London: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [9] M Egenhofer. Spatial SQL: A query and presentation language[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1994, 6(1): 86 - 95.

作者简介:



王生生 男, 1974 年 8 月生于吉林长春, 现于吉林大学任教并攻读博士学位. 研究方向为定性空间推理, 地理信息系统, 空间数据挖掘, Agent 等. 作为主要成员参加过 2 项 863 项目和 1 项自然科学基金项目. Email: wang_sheng_sheng@163.com.

刘大有 男, 教授、博士生导师, 1942 年 6 月出生于吉林省长春市. 1968 年毕业于吉林大学计算机系, 获硕士学位. 现任吉大计算机科学与技术学院院长和国务院学位委员会学科评议组成员等职务. 主要研究知识工程与 ES, DAI 与智能 Agent, 空间推理与 GIS, 粗集、格机与数据挖掘, 智能软件等. 承担国家级和省部级项目 27 项, 发表论文、著作 140 多篇部. 获国家科技进步三等奖 1 项, 省部级科技进步一等奖 2 项, 省部级二、三等奖 6 项.