

空间数据模型

Data Models for Spatial Database

张 锐 陈伟鹤 王德强 谢俊元

(南京大学计算机科学与技术系 软件新技术国家重点实验室 南京210093)

Abstract With the help of spatial database, we can represent, store and process the spatial data efficiently. The challenge for us to develop the spatial database lies not so much in providing yet another special-purpose data structure that is marginally faster when used in a particular application, but in defining abstractions and architectures to implement systems that offer generic spatial data management capabilities. For geomatic data model is used as the base of the spatial database, we present four different geomatic data models that are different in focus. We also give the disadvantage of these models.

Keywords Spatial database, Spatial data, Geomatic data model

1 介绍

在地理信息、军事战争、医学解剖和电路设计等领域内, 为了管理大量的空间数据, 空间数据库得到了广泛的应用。进行空间数据库研究的目的是为了解决如何对空间数据进行有效的表示、存储和处理的问题。空间数据指的是由点、线、区域、面、体积等构成的空间对象^[3], 而作为一个空间数据库必须满足以下三个条件^[10]: (1) 空间数据库系统必须是一个数据库系统; (2) 必须在数据模型和查询语言中提供和支持空间数据类型(SDT); (3) 在应用中支持空间数据类型, 并且至少提供空间索引和关于空间联接的有效算法。

实际上空间数据库就是一个能有效处理空间数据和非空间数据的数据库系统。早期的空间数据库系统仅仅是在已有的数据库管理系统上引进了很少的空间数据类型和一个相应扩充的 SQL, 并未了解空间数据的基本问题。设计一个空间数据库的最基本任务是能抽象出一个能提供通用空间数据管理的系统, 而不仅仅是针对某一应用而提供一些特殊的数据结构^[4]。因为几何数据模型构成了空间数据库系统的理论基础, 所以本文分析了四种不同的几何数据模型。对于数据库所描述的大多数空间物体, 尽管有无穷个甚至是不可数个点, 在这些数据模型里都给出了有穷的描述。在区域(Realm)模型中, 整个区域(通常为方形)均匀分布着有穷个点, 每一个物体都是由其中有限个点构成。在匹诺(Peano)模型中, 物体也是由有限个点构成, 但是这些点的分布是按物体的形状来分布的, 不再是统一分布。在多项式模型中, 我们在多项式比较的基础上使用了演算。在拓扑模型中, 只是处理了物体之间的拓扑信息, 而没有处理物体的位置和形状。

2 数据模型

用几何数据模型来表示 n 维真实空间 R^n , 必须意识到所要描述的数据是无穷的, 甚至是不可数的, 所以无法使用扩充的数据模型来表示这些数据。而数据模型的建立, 则是由定义的操作所决定的, 对于任何操作而言, 该数据模型应该是封闭的, 也就是说该数据模型必须是完备的。由于无法确定所有的几何应用所需要的操作, 所以建立的数据模型是否完备现在很难证明。另一方面, 现实应用中的信息并不象人为结构那样具有良好的几何特性, 所以需要特定的算法来支持该数据结

构。

下面我们给出几种比较常用的几何数据模型: 区域模型、匹诺模型、多项式模型和拓扑模型。这里主要考虑一些二维空间中的数据模型, 我们可以很容易地将这些模型从二维空间扩展到三维空间或更高维的空间。根据要描述的对象的不同, 数据模型一般可以分成两类^[10]: (1) 基于空间物体描述的模型: 仅仅给出空间物体的几何描述; (2) 基于空间描述的模型: 给出了空间中任何一点的描述。第一类主要是用来给类似于城市、河流或森林等对象建立模型, 第二类主要是一些描述城市区域划分或土地使用等情况的主题地图(Thematic map)。一般来说, 基于空间的模型在处理上比基于空间对象的模型简单, 但需要大量的存储空间, 基于空间对象的模型以带有属性数据的点、直线或曲线来显示空间数据, 这种模型可以方便地存储空间拓扑关系, 也适用于距离查询, 比基于空间的模型要求较少的存储空间, 但要求复杂的数据结构和复杂的算法。

2.1 区域模型

在区域模型^[10, 11]中, 几何信息是由有穷的栅格点所表示的, 而任何栅格点 P 周围的无穷多个点和 P 的属性是相同的。实际上该 Realms 是一个结构, 是建立在离散网格(Grid)上有限的点(N-point)和非相交线段(N-segment)的集合^[11]。 $N = \{0, 1, \dots, n-1\} \subseteq N$, 其中的 N-point 是二元组 $(x, y) \in N \times N$, 其中 N-segment 是由两个不相等的 N-point 所组成的二元组 (p, q) , 则 $N\text{-realms} = P \cup S$, 其中:

$$(1) P \subseteq P_N, S \subseteq S_N$$

$$(2) \forall s \in S: s = (p, q) \Rightarrow p \in P \wedge q \in P$$

$$(3) \forall p \in P \vee s \in S: \neg(p \text{ in } s)$$

$$(4) \forall s, t \in S, s \neq t: \neg(s \text{ and } t \text{ intersect}) \wedge \neg(s \text{ and } t \text{ overlap})$$

P_N 是所有 N-point 的集合, S_N 是所有 N-segment 的集合。操作 in 是检测点 p 是否在线段 s 除端点外的点上, 操作 overlap 是指两条线段平行并有公共点, 操作 intersect 是指两条线段具有公共点, 但该公共点不是线段的端点。所以 Realms 中的线段都不相交, 一般只相接于端点处。

但是应用数据中都是点和相交线段的集合, 如何在模型中表示现实数据中的点和线段, 最基本的问题就是解决如何把具有线段相交的实际空间数据映射到无线段相交的 Realms 中的问题。解决方法就是以线段交点来分解线段, 即

把一个长线段,以交点为界,分解成两段线段,直到无交点为止。通常交点并不落在 Realms 的网格点上,解决的方法就是将交点移到最近的一个栅格点,并让线段分别经过该栅格点。但是可能导致空间对象间的拓扑错误^[11]。另一种更好的解决方案是对于任何一条线段 s ,定义包络 $E(s)$ ^[4]为线段 s 上方,下方以及线段上最近点的集合。 s 与其他线段的相交可能导致 s 经过包络 $E(s)$ 上的最接近真正交点的一些点 p 。通过重画(Redraw),将包络中的点用多边形线段连接起来,而不是仅仅将 s 的始点和终点连接起来。如图1所示,在线段 s 上方,通过重画后, s 经过点 p 。这样就能保证线段始终在包络 $E(s)$ 中,但是仍有可能线段移到它原本不经过的点上。

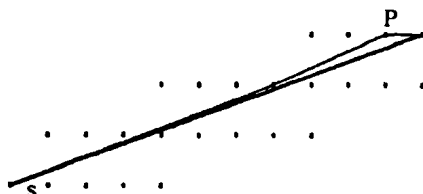


图1 包络 $E(s)$

在 Realms 中,所有的空间数据都由建立在 Realms 上的点(Points)、线(Segments)和区域(Regions)组成。如图2表示一个 Realm,图3表示的是其对应的空间对象。A 和 B 是两个区域对象,C 是一个具有分支的线对象,D 是一个点对象。

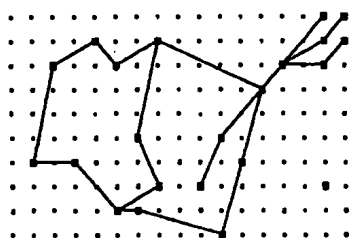


图2 Realm

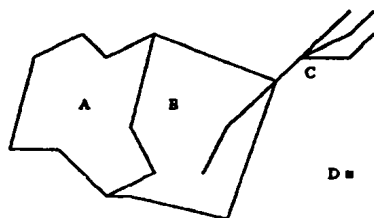


图3 对应的空间对象

基于 Realms 的 ROSE 代数^[11],即基于 Realms 的空间数据类型和相应的空间分析操作集,它可作为研究空间数据库的基础,关于 ROSE 所提供的数据类型和操作的形式定义可以参看文^[11]。由于在 ROSE 代数中,空间操作能映射到网格上最基本的点、线和区域的操作,而转换为整数的操作,从而为空间操作的数值健壮性提供了保证。由于区域模型是基于空间描述的模型,因此该模型需要大量的存储空间,而目前的 ROSE 代数函数库所产生的空间数据是基于主存的,所以空间数据不能保存在外存数据库中,这直接影响到空间 DBMS 处理空间数据的效率。对于 Realms 和 ROSE 代数,从理论上和实现技术上都需要进一步研究^[13]。

2.2 匹诺模型

匹诺模型试图描述物体的每一点,和区域模型一样,物体

都是由点所表示的,但是匹诺模型中点的分布完全是由物体所决定的,而不再是统一分布。匹诺模型是建立在空间填充曲线和四叉树这两个技术的基础上的。

空间填充曲线最早由意大利数学家匹诺(G. Peano)于1890年发现,后因其具有自相似性而归入分形数学集中。对于给定的区域,空间填充曲线给出了一个线性排序和二维数据图像之间的一个一一对应关系。其定义如下。令一映射 C 为:

$$\{C: I \rightarrow R^2 | I = [0, 1], R^2 = \{(x, y) | x, y \in R\}\}$$

则空间曲线就是一覆盖单位空间 $R^2 = [0, 1] \times [0, 1]$ 的映射 C 。对于 R^2 中的每一点 P 都有一实数 t ,使 $C(t) = P$ 。当 t 由0变为1时,此映射就提供了访问空间中每一点的次序。最典型的空间填充曲线是匹诺曲线和希尔伯特曲线。空间曲线具有自相似性,以匹诺曲线为例,如图4所示,其中(a)为匹诺曲线的基元;(b)为匹诺曲线的亚基元,亚基元就是由四个基元中四个点的顺序排列而形成的,因而很容易用递归语言实现。但是空间填充曲线所占据的必须是一正方形,而图像不一定正好这么大,特别当图像的长宽相差很大时,图像必须分割成若干小块,按照曲线经过顺序分别处理。

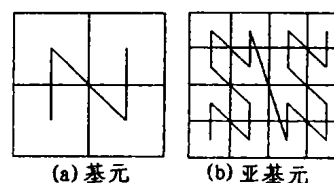


图4 匹诺曲线

为了表示空间数据,最常用的层次数据结构技术是四叉树^[5],它可以通过将具有相同值的数据聚集起来而节省存储空间。四叉树中的任何一个结点,要么是叶子结点,要么有四个子结点,每个结点是其父亲结点的一个象限。用四叉树来描述的层次数据结构的最基本的特性是它们是完全基于递归分解原则的。对于二维方型的信息来说,四叉树是比较合适的实现手段,如图5所示。 $[i, j]$ 表示的是边长为 j ,最左下角方型单元的标注为 i 的方型区域,其中方型单元的标注是由图4(b)所示的匹诺曲线所确定的。

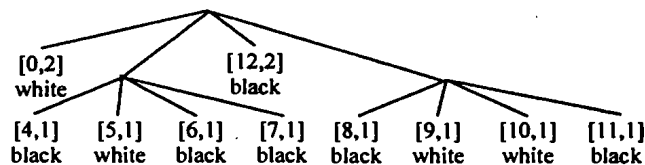
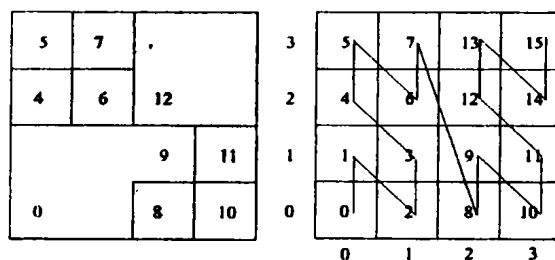


图5 对应于黑白区域的四叉树

在这种模型中定义了12种操作:并、交、差;物体的平移、物体翻转90度的倍数;将物体放大 $2 * i$ 倍;相对某一个轴求对称;物体的复制;传统的投影和连接;改变方型单元的大小;删除指定区域外的物体。

事实上匹诺模型是一种特殊的关系模型,关系中的所有记录存储的是方型区域的信息。模型中的关系具有如下形式:

$R(\text{OID}, P, S, A_1, \dots, A_n)$

其中 R 是关系的名字, OID 是指向方形的对象标志符, P 是方型的最左下角的标注, S 是方型的长度, 而 $A_1, \dots, A_n$ 为属性。由于空间填充曲线和四叉树都是基于递归分解原则的, 因此很容易在应用中实现该模型, 但是由于空间填充曲线只适合表示方形, 因此当空间对象不规则时, 会做一些额外的分解工作。

2.3 多项式模型

一般的空间数据库原型只关心很少的几种特定的数据类型, 如时空数据库中的时间间隔和地理信息系统中的多边形线段。要建立一个通用的数据库模型, 最直接的方法是将空间数据看成是由初等几何定义的几何图形, 如基于实数的一阶逻辑。多项式模型的提出起源于约束查询语言^[9], 是传统数据模型和 KKR 模型^[9]的正交组合, 元组中不仅具有传统的数据项, 还有空间数据项。

假定一个具有无穷个实数变量的集合是完全排序的, 而实数项是系数为整数、具有实数变量的多项式。实数表达式是由以下成分组成的一阶表达式:

(1) 形为 $P\theta Q$ 的原子表达式, 其中 P 和 Q 是实数项, θ 是 $=, <, >, \leq, \geq, < \text{或} >$ 中的任何一个。

(2) 布尔操作符。

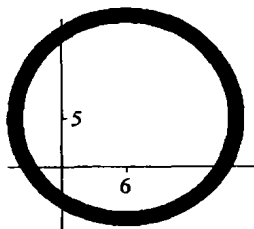


图6 二维平面上的一个半代数集

(3) 基于实数变量的量词, 如 $\forall x, \exists x$ 。

$x_1, \dots, x_m \in R$ (R 为实数集合), 具有自由变量 $x_1, \dots, x_m$ 的 m 元实数表达式 φ 定义了欧几里德空间 R^m 中的点的集合 $\{(x_1, \dots, x_m) | \varphi\}$, 该集合被称为半代数集。如果两个实数表达式定义了同样的集合, 则该实数表达式等价。例如

$\{(x_1, x_2) | (81 < (x_1 - 6)^2 + (x_2 - 5)^2) \wedge ((x_1 - 6)^2 + (x_2 - 5)^2 < 121)\}$

和

$\{(x_1, x_2) | \exists x_3 \exists x_4 ((x_3 - 6)^2 + (x_4 - 5)^2 = 100) \wedge ((x_3 - x_1)^2 + (x_4 - x_2)^2 < 1)\}$

是两个都可以由图6表示出来的半代数集。这说明在该模型中的数据可以有不止一种表示方式, 所以要确定两个半代数集是否等价。事实上, 等价是可以确定的^[1], 任何实数表达式都可以转换成为没有量词的等价的表达式。关于消除量词的算法的复杂度随着变量呈指数级增长, 所以, 如果变量的个数确定的话, 该算法具有多项式复杂性, 即复杂度为 $O(n^a)$, 其中 a 是变量的个数。

假定一个具有类型为 $\gamma(r) = [n, m]$ ($n, m \in \mathbb{N}$) 的关系名的集合, 数据库模式 S 是关系 r 的有穷集合。类型为 $[n, m]$ 的内涵元组 (i-tuple) 具有如下形式:

$(a_1, \dots, a_n; \varphi)$, $a_i \in U$, φ 为 m 元无量词实数表达式, U 为原子值的可数无穷域

模式 S 的内涵实例 (i-instance) 是 S 中任一关系 r 的类型为 γ

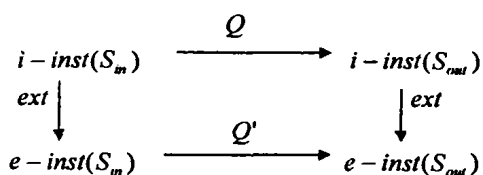
(r) 的内涵元组的集合, 该集合也可称为类型为 $\gamma(r)$ 的内涵关系 (i-relation)。

类型为 $[n, m]$ 的内涵元组和关系是集合 $U^n \times R^m$ 的一些无穷子集的有穷表示, 这些无穷子集被称为外延关系 (e-relation)。对于一个内涵元组 $t = (a_1, \dots, a_n; \varphi)$, SA 是由 φ 定义的半代数集合。则 t 表示了外延关系 $\text{ext}(r) = \{(a_1, \dots, a_n) \mid SA\}$, 而内涵关系 r 表示了外延关系 $\text{ext}(r) := \bigcup_{t \in r} \text{ext}(t)$, 外延关系中的元素被称之为外延元组 (e-tuple), 外延元组的集合是外延实例 (e-instance)。

定义1^[6] 任给一个数据库模式 S , $i\text{-inst}(S)$ 表示 S 的内涵实例集合, $i\text{-inst}(S)$ 表示 S 的外部实例集合 S_{in} 和 S_{out} 是两个不相交的模式。

(1) 基调为从 S_{in} 到 S_{out} 的外延查询是一个部分函数 $f: e\text{-inst}(S_{in}) \rightarrow e\text{-inst}(S_{out})$ 。对 U 进行任何排列, 函数 f 保持不变。

(2) 基调为从 S_{in} 到 S_{out} 的内涵查询是一个部分可计算函数 $Q: i\text{-inst}(S_{in}) \rightarrow i\text{-inst}(S_{out})$, 存在一个相同基调的外延查询 Q' , 通过函数 ext 将内涵实例转换成外延实例, 使得查询 Q 和 Q' 可以互换。



多项式模型中采用演算^[6]来提供空间查询机制, 该演算是关系演算^[12]和约束查询语言的组合, 其中的操作语义由等价的代数提供。演算可以看成是在外延水平上描述查询的表述性语言, 等价的代数是内涵水平上描述查询的过程性语言。

假设 S 为包含演算公式 φ 中所有关系名的模式, 任给 S 中的一个外延实例 I , φ 定义了类型为 $[n, m]$ 的外延关系 $\varphi(I)$ 。代数表达式是将代数操作符直接作用在关系名上获得的, 数据模型中给出的代数操作符为: 并、差、卡氏积、选择和投影。例如对于数据库模式 $\{\text{Location}\}$, 其中 $r(\text{Location}) = [1, 2]$, 它的外延元组具有如下形式: $(\text{name}; x, y)$, (x, y) 是名字叫 name 的人居住的地点。现在我们想查询那些居住在离市中心 (a, b) 的距离不超过 100 米的居民的名字, 对应的演算为 $\{(\text{name}) | \exists x \exists y (\text{name}, x, y) \in \text{Location} \wedge (x-a)^2 + (y-b)^2 \leq 100\}$, 也可以用代数形式 $\pi_{\text{name}} \sigma_{(x-a)^2 + (y-b)^2 \leq 100} \text{Location}$ 来描述该查询。任何演算公式 φ 都能转换成代数表达式 E , 以至于由 φ 表示的外延查询对应于由 E 表示的内涵查询, 但是我们无法验证该数据模型演算能不能表示图形的连通性^[6]。

2.4 拓扑模型

用计算机来解决空间数据的应用有两个阻碍: 计算机的有穷性和数字系统。空间数据的应用都是基于坐标系统, 将解析几何模型映射成欧几里德几何中的应用, 但是在有穷计算机系统中不能体现解析几何中的一般概念。对于区域模型来说, 本身存在许多几何模型上的问题: 模型的实现就改变了拓扑 (使本来不在直线上的点移到直线上), 包络的应用会使原来不经过某点的直线经过该点, 还有坐标的放大也会改变拓扑。有穷计算机无法提供解析几何对空间卡氏描述所假设的无穷精度, 所以交点没落在相交的线上只是我们不想得到的结果之一。坐标几何的问题是无法确定标准操作的复杂度以及无法预见几何不一致性, 特别是无法处理含有洞的物体和被分割成不连贯部分的物体所带来的问题。

为了克服该问题,提出了基于组合拓扑中的单形和单纯复形的拓扑数据模型^[7]。在拓扑数据模型中,使用单形结构将区域分割开,并建立几何框架来表示有意义的物体。在这里,物体是由单形和复形的聚集来表示的,而非空间属性加在以该表示为基础的语义较丰富的层次上。所以拓扑数据模型具有两个层次:(1)几何层次。这个层次是一个几何框架,定义了所有的几何操作,并且只处理与几何有关的内容。所有物体都是没有任何意义的单元。(2)语义层次。任何有意义的物体是由几何部分的聚集和非空间属性的集合所组成的。

空间物体是根据其空间维数来分类的,对任何维空间来说都存在一个最小的物体,该物体称为单形(Simplex)。例如0维空间的单形(简称0维单形)是点,1维单形是边,2维单形是三角形,所有n维单形都是由n+1个几何上独立的n-1维单形所组成的。如:三角形(2维单形)是由三条边(1维单形)所组成的,如果其中任何两条边不平行且每条边的边长不为0,则说这些边是几何独立的。一个单形的面(Face)是指构成该单形的所有单形,一个n维单形 S_n 有 $\binom{n+1}{p}$ 个p维的面。可以通过点的有序元组来表示一个有序n维单形 $S_n = (x_0, x_1, \dots, x_n)$,其中点的顺序决定了单形的方向。简单复形是单形及其面的集合,如果两个单形的交不为空,则相交部分一定分别是两个单形的面。如图7所示的是1维简单复形和2维简单复形,图8中的图形都不是复形。对于二维空间来说,拓扑数据模型提供的基本操作是点,边和面的插入,从而保证了两条完整性规则:任何两个单形相交要么为空,要么是两个单形的面,任何n维单形都是另一个n+1维单形的面^[7]。

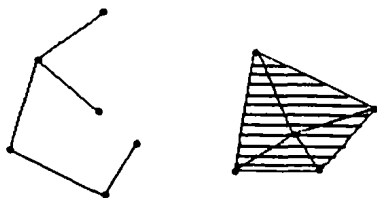


图7 一维复形和二维复形



图8 非复形

n维单形 S_n 的边界 ∂S_n 决定了所有 S_n 的n-1维的面:

$$\partial S_n = \sum_{i=0}^n (-1)^i \langle x_0, \dots, \hat{x}_i, \dots, x_n \rangle$$

其中 $\hat{x}_i$ 表示除去点 x_i 并且

$$\langle x_0, \dots, x_n \rangle = -\langle x_n, \dots, x_0 \rangle$$

$$\langle x_0, \dots, x_n \rangle + \langle x_n, \dots, x_0 \rangle = 0$$

而复形 C_n 的边界为:

$$\partial C_n = \sum \partial S_n \text{ 如果 } S_n \in C_n$$

n维单形 S_n 的联合边界 γS_n 是指所有边界包括 S_n 的n+1维单形:

$$\gamma S_n = \cup S_{n+1} \text{ 如果 } S_n \in \partial S_{n+1}$$

而复形 C_n 的联合边界为:

$$\gamma C_n = \cup \gamma S_n \text{ 如果 } S_n \in C_n$$

拓扑数据模型对包含拓扑的查询感兴趣,例如相邻、连通或包

含,典型的查询类似如:“是否有高速公路连接合肥与南京?”,“给出和江苏省相邻的所有省”,而不给出物体的确定的位置和长度大小。对于只关心拓扑属性的应用来说,我们希望数据库的表示是不变(Invariant)和无损(Lossless)的。所谓不变是指对于拓扑等价的数据来说表示是一致的,而无损是指对于不同的数据库的表示也应该不同^[2]。

对于二维空间 R^2 来说,拓扑数据模型的数据库是由 R^2 中的所有点、点之间的线段以及由这些线段构成的区域所组成。1979年,美国人口普查局在给拓扑信息建模时引入了该模型,所有的信息都保存在以下关系 R_1, R_2, R_3, R_4 中:

R_1 : 每一个1维单形都有两个0维单形(即每条直线都有两个端点)

R_2 : 一个1维单形都有两个2维单形(即每条直线是某两个区域相交部分)

R_3 : 每一个2维单形由0维单形和1维单形组成的有序环所包围(表示区域的边界)

R_4 : 每一个0维单形由1维单形和2维单形组成的有序环所包围(表示点的邻居)

对于关系 R_3 ,区域外边界是顺时针方向,而区域内的洞(Hole)是逆时针方向,而 R_4 使用的也是顺时针方向。图9给出了关系 R_1, R_2, R_3, R_4 的部分内容。很显然该表示满足拓扑不变性,但是并不满足无损性,如图10所示,该数据库与图9中的数据库并不等价,但是关系却一致。为此,Kuijpers 提出了数据库的视野(Observation)^[2]这个概念。把从数据库中任何点按顺时针所能看到的区域和直线的名字构成一个列表,如图11所示,点P的对应列表为 $(\alpha, B, \alpha, A, \beta, C, \beta, A)$ 。对于和数据库其他部分不相连的点来说,对应的列表只包括一个区域。我们把从点P所观察到的列表称为点P的视野Obs(P)。给定一个数据库D,我们称数据结构 $(P, L, A, \alpha^{\sim}, \text{Obs}())$ 为D的PLA结构,如果P是D的点的集合,L是D的线段集合,A是D的区域集合, $\alpha^{\sim}$ 是D的无界区域集合,Obs()是对于P中的点在数据库D所对应的视野。可以证明PLA结构是数据库的一个不变和无损的表示^[2],在PLA结构基础上我们可以定义含有三类变量(点,线和区域变量)的一阶演算^[3]。显然该模型因为避开了数字系统,所以无法给出物体准确的位置及其他属性信息。

R_1	R_2	R_3	R_4
A p q	A α β	α p A 1	p A α 1
A q p	A β α	α q B 2	p C δ 2
B q r	B α γ	α r C 3	p D β 3
B r q	B γ α	β p D 1	q B α 1
C r p	C α δ	β s E 2	q A β 2
C p r	C δ α	β t F 3	q F γ 3
...	...	...	...

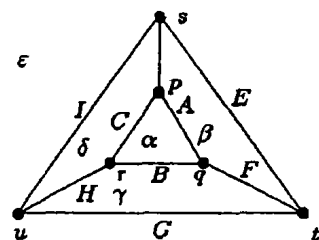


图9 关系 R_1, R_2, R_3, R_4 所示

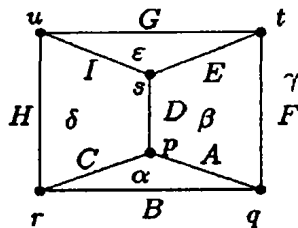


图10 具有和图9相同 R_1, R_2, R_3, R_4 的数据库

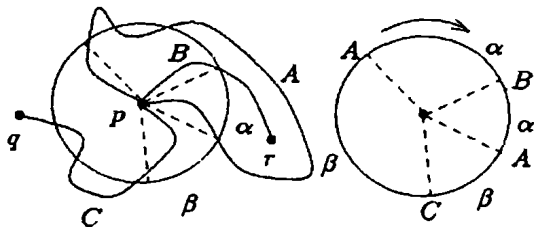


图11 数据库点 P 的视野

结束语 前面提到的四种模型可以分成两部分,一方面区域模型和匹诺模型主要针对应用,而多项式模型和拓扑模型比较注重理论基础,却不怎么关心效率和可运行性如何。由于区域模型采纳了拓扑模型的思想,并引入了 ROSE 代数这一理论基础,使得该模型能克服空间分析中的数值健壮性和拓扑正确性问题,所以针对目前国内空间数据库研究的情况,我们可以将 ROSE 集成到现有的 DBMS 中以生成空间数据库,这样可以缩短研究空间数据库的周期,因而 ROSE 代数具有很好的应用前景。但是我们希望数据模型不仅仅只考虑实际运行的效率,个人认为能将具有良好理论基础的多项式模型更好地应用于实际,将会是一个很完美的模型。

(上接第129页)

·当商家提供电子支持(售前或售后),他们的知识也就被暴露。如果知识是外在的、并被用于外部销售,这些知识可以被很好地理解。提供更多的企业知识给广大的顾客,这种需求将增加,因此,支持内部用户的知识管理程序可能需要扩展到基于贸易伙伴和客户的外部用户。这包含了很宽的范围,从安全性到基于知识交互的内容提供。

结论 第一代电子贸易注重于通过 Internet 进行商品的买卖,第二代则注重于企业从收集到的交易数据中获取知识。因此,可以更有效地生产和销售产品及服务,以优化客户和供应商关系,从而,增加客户的忠诚度,并通过收入的增长提高利润。这种电子商务知识管理正在迅速发展,其集中于“个性化的决策支撑、建模、信息检索、数据仓库、报告”等。采用去除条件和重复调度作触发器,电子商务知识管理可以定制关键信息的内容、格式和媒体形式,其可以被个性化,然后通过不同的客户设备,以一种有效的方式传递给终端用户,如:纸、电话、电子邮件系统、传真机等。

当一个机构更完全地集成电子商务到它的运行和管理中,有效的知识管理就变得越来越至关重要。

参考文献

- 1 Norris G, et al. E-business and ERP, PricewaterhouseCoopers LLP, John Wiley & Sons, Inc

参考文献

- 1 Tarski A. A Decision Method for Elementary Algebra and Geometry. University of California Press, 1951
- 2 Kuijpers B, et al. Lossless Representation of Topological Spatial Data. In: Proc. of the 4th Intl. Symposium on Spatial Databases. volume 951 of Lecture Notes in Computer Science, Berlin. Springer-Verlag, 1995
- 3 Kuijpers B, et al. Semantics in Spatial Database. In: L. Libkin and B. Thalheim, editors, Semantics in Databases, Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, 1997
- 4 Greene D, Yao F. Finite-resolution computational geometry. In: Proc. of the Twenty-seventh IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, Toronto, 1986
- 5 Samet H. The Design and Analysis of Spatial Data Structures. Addison-Wesley, 1990
- 6 Paredaens J, et al. Towards a theory of spatial database queries. In: Proc. of the 13th ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART Symposium on Principles of Database Systems, New York: ACM Press, 1994. 279~288
- 7 Egenhofer M J, et al. A Topological Data Model for Spatial Databases. In: Proc. of the 1th Symposium on the Design and Implementation of Large Spatial Databases (SSD'89). Lecture Notes in Computer Science, Berlin, Springer-Verlag, 1990. 271~286
- 8 Guenther O, Buchmann A. Research Issues in Spatial Databases. SIGMOD Record, 1990, 19(4): 61~68
- 9 Kanellakis P C, et al. Constraint query languages. In: Proc. 9th ACM Symposium on Principles of Database Systems, 1990. 299~313
- 10 Güting R. An Introduction to Spatial Database Systems. The VLDB Journal, 1994, 3(4)
- 11 Güting R, Schneider M. Realm-based Spatial Data Types: The ROSE Algebra. [TR 141-3-93 of Fern Universität]. Hagen, 1993
- 12 Ramakrishnan R, Gehrke J. Database Management Systems, Second Edition. McGraw-Hill, 2000. (清华大学出版社影印版)
- 13 秦小麟. 空间分析数据库的研究方法及技术. 中国图象图形学报, 2000, 5(9): 711~715

- 2 IBM. E-business: Your Roadmap to Success. 1999. <http://www.ibmuser.org.hk/ibm/Presentations/MeeWong/HKI-UG9909-e-BizRoadmaptoSuccess.html>
- 3 IBM. IBM Application Framework for e-business: e-business Application Services. 1999. <http://www-4.ibm.com/software/ebusiness/AppServices.html>
- 4 Harris K. The GartnerGroup E-Business Glossary: Version 1.0. Commentary, The Gartner Group Inc. 1999
- 5 Boey P, et al. Architecting E-business solutions Distributed Computing Architecture/e-Business Advisory Service, 1999, 11(7), The Cutter Consortium. <http://cutter.com/consortium/freestuff/dcas9907>
- 6 Kalakota R, Robinson M. e-Business: Roadmap for Success. Addison Wesley Longman, Inc., 1999
- 7 Hayward S, Harris K. Is Knowledge Management Needed for E-Business? Research Note Strategic Planning Assumption, Gartner Group, Inc. 1999. 10. 8
- 8 Richardson T. Summary of Gartner E-business Seminar on May. 2000. <http://www.tim-richardson.net/professional/Summary-of-Gartner-Seminar.html>
- 9 Frick V, et al. E-Business: Opportunities, Threats and Paper Tigers. [Strategic Analysis Report]. Gartner Group, Inc. 1999
- 10 Kalil T A. Information Technology for the Twenty-First Century: Implications for E-business. 1999. iMP Magazine. <http://www.cisp.org/imp/april-99/04-99kalil.html>