

一种平面移动对象的时空数据模型*

易善桢, 张 勇, 周立柱

(清华大学 计算机科学与技术系, 北京 100084)

E-mail: ysz@mail.tsinghua.edu.cn; sizey@263.net

http://www.tsinghua.edu.cn

摘要: 提出了一种平面移动对象的时空数据模型——OPH 模型. 在该模型中, 平面移动对象由 3 种几何表示, 即平面对象的观测几何 O , 目前存在的几何 P 以及平面移动对象的历史几何 H . 通过几何点集的差、并、交, 研究并得出 OPH 的递归计算和更新策略. 通过分析对象之间的空间拓扑关系和时间关系, 得出两个平面移动对象在重叠时间区间上的时空拓扑关系. 利用 OPH 模型, 定义了平面移动对象的速度、方向、影响范围等空间方法; 利用时空拓扑关系和空间方法, 确定时空查询和空间触发事件.

关键词: 时空数据模型; 空间数据库; 移动对象; 地理信息系统

中图法分类号: TP311 文献标识码: A

时空数据模型是时空数据库、时态地理信息系统(TGIS)和多媒体系统的关键问题. 在地理信息系统中, 空间对象通常表示为矢量图形的点、线和多边形, 这些矢量图形数据模型表示了地理空间现象的空间分布, 没有表示空间现象的时间演化. 目前的遥感等传感器观测技术可以获取大量不同时间空间现象的位置数据, 为了充分使用不同空间和时间的资料, 研究和解决空间过程的相互作用, 回答有关时空的查询, 需要研究和设计时空数据模型和时空数据库.

对时空数据模型的研究, 目前的状况是在时间数据库和空间数据库两个方面分别进行, 还没有将两个方面有效地结合起来^[1]. 目前对动态变化的平面空间现象的研究主要有: David J. Wilcox 的动态多边形对象的建模^[2], 提出时空图模型(STGM)和时空图数据结构, 结点表示多边形, 有向边表示多边形演化关系, 但此模型的时间信息只表示整个多边形对象的变化, 没有表示多边形对象的生长、存在和消失; Donna J. Peuquet 的基于事件的时空数据模型(ESTDM)^[3], 一个时刻平面对象快照的变化部分作为一个事件, 对象在一系列时刻上的变化作为一个事件列表, 记录变化后的值, 这个模型是基于栅格的, 用游程长度编码记录变化值, 但是没有对对象的历史部分进行表达; Kathleen Hornsby 和 Max J. Egenhofer 提出的基于标识的变化^[4], 引入了当前存在的空间对象、目前不存在的具有历史的空间对象, 以及目前不存在也不具有历史的空间对象, 提出了连续存在的、新建的、销毁的、重建的空间对象等等, 但没有给出数据模型和结构.

本文针对二维欧氏空间的平面移动对象(MO)的变化, 提出与上述研究完全不同的 OPH 时空数据模型, 考虑平面对象时空动态变化和历史, 并给出能反映动态演化特征的时空数据几何表示, 以及时空拓扑关系及其有关方法.

* 收稿日期: 2001-02-02; 修改日期: 2001-05-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69833010)

作者简介: 易善桢(1965 -), 男, 河南信阳人, 博士, 主要研究领域为空间数据库技术, 地理信息系统; 张勇(1973 -), 男, 河南郑州人, 博士, 主要研究领域为空间数据库, 地理信息系统; 周立柱(1947 -), 男, 江苏连云港人, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为数据库, 信息系统, 计算机软件.

1 平面移动对象的 OPH 模型

在空间数据库中,二维平面对象用几何多边形或几何函数表示,称为平面对象的空间几何,表示对象的空间分布.对于移动平面对象,要表示它的时空演化系列,需要记录和表示它在各个观测时刻的空间几何,我们定义了 OPH 模型来对移动平面对象进行表示.

1.1 平面移动对象的空间几何和时间表示

在平面移动对象的空间几何表示中,需要考虑移动对象的空间分布和时间两个方面的信息.包括时间因素在内,将空间几何分为两种类型:

```
class1(Geometry,instant);
```

```
class2(Geometry,period).
```

其中 Geometry 为传统空间数据库中不包括时间因素的空间几何类型,对应空间数据库中 polygon, circle, rectangle 等平面几何; instant 和 period 为两个时间因素,分别表示时刻和时间区间.

空间数据库中表示平面对象的几何都是拓扑封闭的,即平面几何 A 包括它的边界(∂A)和内部(A°).对于两个平面几何的基于集合的运算(并、交、差),特别是对于集合差,其结果也要求是封闭的,以便正确表示数据库中的空间实体.对于两个平面空间几何 A, B ,基于几何点集的差、并和交定义为

A 与 B 的差: $A-B = \{p | p \in A \text{ and } p \notin B\}$ 属于 A 且不属于 B 的内部的点集;

A 与 B 的并: $A \cup B = \{p | p \in A \text{ or } p \in B\}$ 属于 A 或属于 B 的点集;

A 与 B 的交: $A \cap B = \{p | p \in A \text{ and } p \in B\}$ 属于 A 且属于 B 的点集.

两个平面几何的点集运算将产生低维的几何体,包括零维的点和一维的线,在作两个平面几何的空间拓扑关系判断时,这些几何体是有用的.但是在作两个平面几何体的运算以派生新的平面几何体时,这些退化为低维的几何体将被忽略而不被记录为平面几何体,类似空间数据库中多边形的悬点或悬边的处理.

平面对象空间几何存在的时间用时刻和时间区间表示,时刻是一个时间参考系统中的时间点.平面对象生命周期内一系列观测时刻表示为 $\{t_0, t_1, \dots, t_n\}$. 一个时间区间 period 是两个时刻的闭区间: $period = \{[t_i, t_j] | t_i, t_j \in \{t_0, t_1, \dots, t_n\} \text{ and } t_i < t_j\}$. 对于平面移动的地理空间现象,其变化方式为离散变化和连续变化^[5],离散变化是在时刻上空间分布发生变化.连续变化是在时间区间上空间现象分布的连续变化.对于连续变化的平面空间现象,假设其观测时间间隔满足取样要求,即假定规定的取样时刻的观测能够反映空间现象的动态变化规律.

平面移动对象的观测时刻表示为 $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$, 其中 t_0 是第 1 次观测时刻, t_n 是最近一次观测时刻.表示两个相邻观测时刻 t_i, t_{i+1} 之间的任一非观测时刻用 $t_i + \delta$ 表示, δ 为时间参考系统的时间粒度增量.平面空间对象的当前时刻(c)的空间分布用最近一次观测时刻 t_n 平面对象的空间分布来表示,当前时刻表示为 $c = t_n + \delta$.在将要进行下一次时刻 t_{n+1} 的观测时,当前时刻 $c = t_n + \delta$ 将被更新,把将要被更新的当前时刻 c 计为 c^* ,即 $c^* = c = t_n + \delta$,当前时刻 c 更新为 $t_{n+1} + \delta$,即 $c = t_{n+1} + \delta$.

1.2 OPH模型的定义

利用平面移动对象的空间几何和时间表示,在包括时间因素的两类空间几何(class1 和 class2)上,定义移动平面对象的 OPH 时空数据模型.模型中有 3 个空间几何变量,分别为观测时刻平面对象的快照 O ,即某一观测时刻平面对象被观测到的平面区域分布的几何表示;平面对象过去时刻形成的在当前时刻仍然存在的几何部分 P ;平面对象在过去时间区间存在的历史几何部分 H .根据移动对象的各个时刻的观测几何分布 O ,可以对 P 和 H 进行计算和更新.

定义 1. 观测时刻 t_i 平面对象的空间几何表示为 O_i ,是时刻 t_i 平面对象的几何快照.

$$O_i(\text{Geometry}, t_i) \in \text{class1}.$$

例 1:时刻 t_0, t_1 观测的平面对象的空间几何 $O_0(\text{Geometry}, t_0)$ 和 $O_1(\text{Geometry}, t_1)$.如图 1 中的 和 所示.图 1 中的 表示对象在时刻 t_0 的观测几何 O^0 ; 表示对象在时刻 t_1 的观测几何 O_1 ; 表示对象在时刻 t_0, t_1 产生并且当前时刻仍然存在的几何 P_0, P_1 ; 表示对象在时刻 t_0 ,产生并且当前时刻消失的几何 $H_{0,1}$.

定义 2. 观测时刻 t_i 平面对象产生的并且目前时刻 c 仍然继续存在的空间平面几何表示为 P_i .

$$P_i(\text{Geometry}, t_i, c) \in \text{class2}.$$

例 2: 观测时刻 t_0, t_1 平面对象产生的并且目前时刻 c 仍然继续存在的空间几何 $P_0(\text{Geometry}, t_0, c)$ 和 $P_1(\text{Geometry}, t_1, c)$, 如图 1 中的 所示.

定义 3. 在时间区间 $[t_i, t_j]$ 内存在的平面对象的空间几何部分, 即观测时刻 t_i 平面对象新产生的持续到观测时刻 t_j 消失的空间几何, 表示为 $H_{i,j}$.

$$H_{i,j}(\text{Geometry}, t_i, t_j) \in \text{class2}.$$

例 3: 在时间区间 $[t_0, t_1]$ 内存在的、在 t_1 时刻成为历史的平面对象空间分布的几何部分 $H_{0,1}(\text{geometry}, t_0, t_1)$, 如图 1 中的 所示.

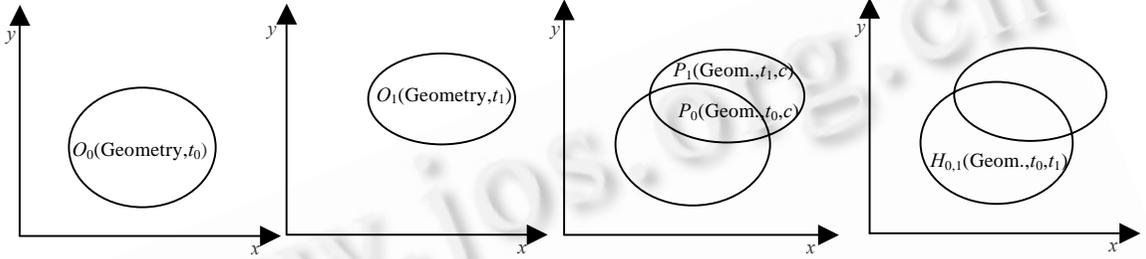


Fig.1 OPH representation of moving area object at instants $\{t_0, t_1\}$

图 1 观测时刻 $\{t_0, t_1\}$ 平面移动对象的 OPH 表示

这样, 一个平面移动对象 MO 可以表示为 3 个部分:

$$MO = \{\cup O_i(\text{Geometry}, t_i), \cup P_i(\text{Geometry}, t_i, c), \cup H_{i,j}(\text{Geometry}, t_i, t_j)\}.$$

其中 $\cup O_i(\text{Geometry}, t_i)$ 为各个时刻观测快照几何的并, $\cup P_i(\text{Geometry}, t_i, c)$ 为各个时刻出现到当前时刻仍然存在的 P 的并, $\cup H_{i,j}(\text{Geometry}, t_i, t_j)$ 为各个时间期间的历史 H 的并.

平面移动对象 MO 的 3 个构成可以表示为 $MO.O, MO.P$ 和 $MO.H$. 在下面的计算中, 只简单地表示为 O, P 和 H .

1.3 OPH 的递归计算和更新策略

(1) 在第 1 次观测时刻 t_0 , 将第 1 次观测到平面对象的出现作为初始条件, 当前时刻 $c=t_0+\delta$, 有 $P_0=O_0$, 因为平面对象只有一个时刻的观测, 不存在新生产的和消失成为历史的几何部分. t_0 时刻平面移动对象 MO 为

$$MO = \{O_0(\text{Geometry}, t_0), P_0(\text{Geometry}, t_0, c), \emptyset\}.$$

其中 $P_0(\text{Geometry}, t_0, c) = O_0(\text{Geometry}, t_0)$.

(2) 在 t_1 时刻进行的下一次观测, 当前时刻 $c=t_0+\delta$ 被更新为 $t_1+\delta$, 并且 $c^*=t_0+\delta$, 根据平面对象在 t_1 时刻的观测几何分布 O_1 来计算 P 和 H .

(a) t_1 时刻新出现的部分, 是 t_1 时刻观测 (O_1) 中出现的而 t_0 时刻不存在的几何部分, 用 $P_1(\text{Geometry}, t_1, c)$ 表示, 其计算为观测几何 $O_1(\text{Geometry}, t_1)$ 与 $P_0(\text{Geometry}, t_0, c^*)$ 的集合差.

$$P_1(\text{Geometry}, t_1, c) = O_1(\text{Geometry}, t_1) - P_0(\text{Geometry}, t_0, c^*).$$

(b) 在 t_0 时刻出现的、而在 t_1 时刻消失的历史部分, 用 $H_{0,1}(\text{Geometry}, t_0, t_1)$ 表示, 是 $P_0(\text{Geometry}, t_0, c^*)$ 与 $O_1(\text{Geometry}, t_1)$ 的集合差.

$$H_{0,1}(\text{Geometry}, t_0, t_1) = P_0(\text{Geometry}, t_0, c^*) - O_1(\text{Geometry}, t_1).$$

(c) t_0 时刻出现的当前时刻仍然继续存在的部分 P_0 , 实际上是对 P_0 的更新, 是 $P_0(\text{Geometry}, t_0, c^*)$ 与 $O_1(\text{Geometry}, t_1)$ 的交.

$$P_0(\text{Geometry}, t_0, c) = P_0(\text{Geometry}, t_0, c^*) \cap O_1(\text{Geometry}, t_1).$$

t_1 时刻移动平面对象 MO 为

$$MO = \{\cap_{i \in \{0,1\}} O_i(\text{Geometry}, t_i), \cup_{i \in \{0,1\}} P_i(\text{Geometry}, t_i, c), H_{0,1}(\text{Geometry}, t_0, t_1)\}.$$

(3) 在 t_k 时刻进行的观测,即在当前时刻 $c=t_k+\delta, c^*=t_{k-1}+\delta$,平面对象的观测几何分布为 $O_k(\text{Geometry}, t_k), P$ 和 H 的计算为:

(a) t_k 时刻新出现的部分,是 t_k 时刻观测 (O_k) 中出现的而 t_0, t_1, \dots, t_{k-1} 时刻不存在的几何部分,用 $P_k(\text{Geometry}, t_k, c)$ 表示,是平面点集几何 $O_k(\text{Geometry}, t_k)$ 与 $P_0 \cup P_1 \cup \dots \cup P_{k-1}$ 的差.

$$P_k(\text{Geometry}, t_k, c) = O_k(\text{Geometry}, t_k) - \cup_{i \in \{0, 1, \dots, k-1\}} P_i(\text{Geometry}, t_i, c^*)$$

(b) t_0, t_1, \dots, t_{k-1} 时刻出现,而在 t_k 时刻成为历史的那些部分,用 $H_{0,k}, H_{1,k}, \dots, H_{k-1,k}$ 表示,其计算为

$$\begin{bmatrix} H_{k-1,k}(\text{Geometry}, t_{k-1}, t_k) \\ H_{k-2,k}(\text{Geometry}, t_{k-2}, t_k) \\ \vdots \\ H_{0,k}(\text{Geometry}, t_0, t_k) \end{bmatrix}_{k \times 1} = \begin{bmatrix} P_{k-1}(\text{Geometry}, t_{k-1}, c^*) \\ P_{k-2}(\text{Geometry}, t_{k-2}, c^*) \\ \vdots \\ P_0(\text{Geometry}, t_0, c^*) \end{bmatrix}_{k \times 1} - \begin{bmatrix} O_k(\text{Geometry}, t_k) \\ O_k(\text{Geometry}, t_k) \\ \vdots \\ O_k(\text{Geometry}, t_k) \end{bmatrix}_{k \times 1}$$

(c) t_0, t_1, \dots, t_{k-1} 时刻出现,而在 t_k 时刻仍然存在的那些部分,实际是对 P_0, P_1, \dots, P_{k-1} 的更新表示,其计算为

$$\begin{bmatrix} P_{k-1}(\text{Geometry}, t_{k-1}, c) \\ P_{k-2}(\text{Geometry}, t_{k-2}, c) \\ \vdots \\ P_0(\text{Geometry}, t_0, c) \end{bmatrix}_{k \times 1} = \begin{bmatrix} P_{k-1}(\text{Geometry}, t_{k-1}, c^*) \\ P_{k-2}(\text{Geometry}, t_{k-2}, c^*) \\ \vdots \\ P_0(\text{Geometry}, t_0, c^*) \end{bmatrix}_{k \times 1} \cap \begin{bmatrix} O_k(\text{Geometry}, t_k) \\ O_k(\text{Geometry}, t_k) \\ \vdots \\ O_k(\text{Geometry}, t_k) \end{bmatrix}_{k \times 1}$$

t_k 时刻移动平面对象 MO 计算和更新后为

$$MO = \{ \cup_{i \in \{0, 1, \dots, k\}} O_i(\text{Geometry}, t_i), \cup_{i \in \{0, 1, \dots, k\}} P_i(\text{Geometry}, t_i, c), \cup_{i \in \{0, 1, \dots, k-1\}} (\cup_{j \in \{i+1, i+2, \dots, k\}} H_{i,j}(\text{Geometry}, t_i, t_j)) \}$$

各个时刻 O, P, H 的计算和更新的步骤见表 1.

Table 1 Calculating and updating of P, H at instants

表 1 各个时刻 P, H 的计算和更新

Instant	t_0	t_1	t_2	t_3	t_k
Observation O	O_0	O_1	O_2	O_3	O_k
Calculating P, H	P_0	P_1	P_2	P_3	P_k
Updating P		$H_{0,1}$	$H_{1,2}$	$H_{2,3}$	$H_{k-1,k}$
		Updating P_0	$H_{0,2}$	$H_{1,3}$	$H_{k-2,k}$
			Updating P_1	$H_{0,3}$	
			Updating P_0	Updating P_2	$H_{0,k}$
				Updating P_1	Updating P_{k-1}
				Updating P_0	
					Updating P_1
					Updating P_0

时刻, 观测几何 O , 计算 P 和 H , 更新 P .

1.4 用 P 和 H 反演观测几何 O

移动对象目前存在的部分 P 与成为历史的部分 H 是通过不同时刻的观测对象的分布几何 O 计算的, P 与 H 和 O 有构成关系.

对于时刻 t_n 的平面对象的观测几何 O_n 可以表示为

$$O_n(\text{geometry}, t_n) = \cup_{k \in \{0, 1, \dots, n\}} P_k(\text{geometry}, t_k, c)$$

对于当前观测时刻以前的任意时刻 $t_{n-k} (k=1, 2, \dots, n)$, 平面对象的观测几何 O_{n-k} 可以表示为

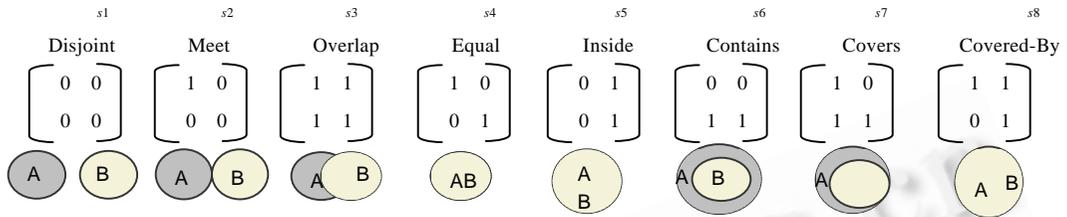
$$O_{n-k} = (\cup_{i \in \{0, 1, \dots, n-k\}} P_i) \cup (\cup_{i \in \{0, 1, \dots, n-k\}} (\cup_{j \in \{n-k+1, \dots, n\}} H_{i,j}))$$

2 平面移动对象拓扑关系保持一致的时空拓扑模型

根据 Max.J.Egenhofer 的四交模型^[6], 可以确定两个平面对象几何的空间拓扑关系. 平面对象 A 的几何(根

据 OPH 模型,移动对象 A 的几何为 O, P , 或 H 的边界为 ∂A , 几何的内部为 A° , 表示两个平面区域的几何 A 和 B 的空间拓扑关系的四交模型 $V4I: V4I = \begin{bmatrix} \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^\circ \\ A^\circ \cap \partial B & A^\circ \cap B^\circ \end{bmatrix}$.

矩阵中的元素 1 为取真值, 0 为取假值, 四交模型表示的平面对象的 8 种空间拓扑关系, 如图 2 所示.



相离, 相会, 相交, 相等, 位于内部, 包含, 覆盖, 被覆盖.

Fig.2 Spatial topological relation between area objects

图 2 平面对象的空间拓扑关系

两个平面对象发生的时间, 根据 Allen 的关于事件的时间关系, 有 13 种情况^[7]. 平面对象存在的时间区间为 $[t_s, t_e]$, 设平面对象 A 的产生时间 t_s 为 As , 结束时间 t_e 为 Ae , 平面对象 A 和 B 的时间关系, 如图 3 所示.

Θ_{t_1} Equal	Θ_{t_2} Before	Θ_{t_3} After	Θ_{t_4} Meets	Θ_{t_5} Met-By	Θ_{t_6} During	Θ_{t_7} Contains
aaaaaa bbbbbb	aaa bbb	bbb aaa	aaa bbb	aaa bbb	aaa bbbbbb	aaaaaa bbb
$As=Bs \ \& \ Ae=Be$	$Ae<Bs$	$As>Be$	$Ae=Bs$	$As=Be$	$As>Bs \ \& \ Ae<Be$	$As<Bs \ \& \ Ae>Be$

Θ_{t_8} Starts	Θ_{t_9} Started-By	$\Theta_{t_{10}}$ Finishes	$\Theta_{t_{11}}$ Finished-By	$\Theta_{t_{12}}$ Overlaps	$\Theta_{t_{13}}$ Overlapped-By
aaa bbbbbb	aaaaaa bbb	aaa bbbbbb	aaaaaa bbb	aaaaaa bbbbbb	aaaaaa bbbbbb
$As=Bs \ \& \ Ae<Be$	$As=Bs \ \& \ Ae>Be$	$As>Bs \ \& \ Ae=Be$	$As<Bs \ \& \ Ae=Be$	$As<Bs \ \& \ Ae<Be$	$As>Bs \ \& \ Ae>Be$

相等, 之前, 之后, 相会, 被相会, 位于其间, 包含, 开始, 被开始, 完成, 被完成, 相交, 被相交.

Fig.3 Temporal relation between area objects

图 3 平面对象的时间关系

对于平面移动对象, 在其演化过程中相互之间的拓扑空间关系是变化多样的, 在不同的时刻和时间区间内, 两个平面移动对象的空间拓扑关系的变化反映了平面对象的相互作用关系, 但是只有有规律的空间拓扑关系的变化才能反映两个移动平面对象有意义的空间相互作用关系. 我们根据移动平面对象的空间拓扑关系和时间关系, 确定两个平面对象在其演化过程中它们的拓扑空间关系保持一致 (即在它们演化过程重叠的时间区间 $[t_m, t_p]$ 上拓扑空间关系不变) 时才有意义. 在时间关系 t_i 中, 在 before, after, meets 和 met-by 这 4 种情况下, 平面对象没有时间区间重叠, 其他情况都有时刻或时间区间的重叠.

定义两个平面移动对象 A 和 B 在重叠的时间区间内空间拓扑一致的关系 Θ_{t_i} 为在重叠的时间区间的任意两个时刻 t_i, t_j, A 的观测几何 $O_{(A)t_i}$ 和 B 的观测几何 $O_{(B)t_j}$ 的空间拓扑关系 $s_{(t_i)}$ 和 $s_{(t_j)}$ 保持不变, 这些时空拓扑关系 $\Theta_{t_i} = s_{t_i} \times s_{t_j}$, 可见表 2.

在这种模型中平面移动对象的时空拓扑关系查询可以表示为 $A \Theta_{t_i} B$ 和 $A s_{t_i} B$.

例 4: 在移动对象 B 的时间区间内存在并在空间上位于 B 的内部的所有对象 A :

```
SELECT A FROM MO
WHERE A during B
AND A inside B
```

对应时空拓扑关系 (Θ_{t_i}, s_{t_j}) , 表达式为 $(As>Bs \ \& \ Ae<Be) \ \& \ (\partial O_{(A)t_i} \cap \partial O_{(B)t_j} = 0 \ \& \ \partial O_{(A)t_i} \cap O_{(B)t_j} = 1 \ \& \ O_{(A)t_i}$

$$\cap \partial O_{(B)i} = 0 \ \& \ O_{(A)i} \cap O_{(B)i} = 1).$$

对于平面对象的非一致时空拓扑关系,例如在时刻 t_i 两个平面移动对象观测几何(O)之间的空间拓扑关系为 s_i , 在时刻 t_j 它们的空间拓扑关系为 s_j , $s_i \neq s_j$, 这种情况变化多样,可以根据具体查询来构造表达式.

Table 2 Spatial-Temporal topological relation model based on consistent topological relation

表 2 平面移动对象在重叠时间区间拓扑关系保持一致的时空拓扑关系模型

Θ_t	Θ_s	Θ_{s1} meet	Θ_{s2} disjoint	Θ_{s3} overlap	Θ_{s4} contains	Θ_{s5} inside	Θ_{s6} equal	Θ_{s7} covers	Θ_{s8} covered by
Θ_{t1} equal									
Θ_{t6} during									
Θ_{t7} contains									
Θ_{t8} starts									
Θ_{t9} started-by									
Θ_{t10} finishes									
Θ_{t11} finished-by									
Θ_{t12} overlaps									
Θ_{t13} overlapped-by									

空间拓扑关系, 时间关系.

3 基于 OPH 模型的操作方法和查询

利用平面移动对象的 OPH 模型,可以对移动对象进行现在和历史的查询,以及平面移动对象的运动速度、运动方向、波及范围的计算,并可以定义空间移动对象之间的相互影响(触发)关系.

3.1 平面移动对象模型的方法

定义 3 种平面移动对象的方法,即平面移动对象的速度、方向和波及范围.

平面移动对象在时间区间 $[t_{i-1}, t_i]$ 的运动速度 Speed 定义为一个平面移动对象在两个时刻观测几何的距离与时间区间长度的比:

$$Speed(t_{i-1}, t_i) = Distance(O_i, O_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}).$$

平面移动对象的运动方向 Direction 定义为一个平面移动对象在两个时刻之间观测几何中心的矢量差:

$$Direction(t_m, t_p) = \overrightarrow{Center(O_p) - Center(O_m)}.$$

平面移动对象波及范围 Range 定义为一个平面对象在生存期间内所覆盖的平面区域,即各个观测时刻观测几何的并: $Range(t_0, t_n) = \cup_{i \in \{0, 1, \dots, n\}} O_i$.

3.2 查询

利用平面对象的 OPH 模型,可以构造反映空间移动对象之间的各种相互关系的时空查询.

例 5:找出在一个地区 B 持续停留时间大于时间长度 timelength 的平面对象 A :

```
SELECT A FROM MO
WHERE ((A.P_i inside B
        OR A.P_i overlap B
        OR A.P_i equal B) AND (c-t_i > timelength))
        OR ((A.H_i,j inside B
```

OR $A.H_{i,j}$ overlap B
 OR $A.H_{i,j}$ equal B) AND $(t_j - t_i > \text{timelength})$

A 在 B 中持续停留表示为 A 与 B 交不为空的所有情况,包括 3 种空间操作:inside,overlap 和 equal.

3.3 触 发

我们利用平面移动对象的时空拓扑关系和方法可以定义满足确定条件的平面移动对象,我们把这种相互影响关系定义为触发(trigger).

例 6:在平面移动对象 A 上定义一个触发报告 Eventreport,说明在 A 的期间内存在,并在 A 的区域的内部发生,其速度和方向与 A 的速度和方向相同的所有的平面对象 B .报告 A 触发了平面对象 B 的发生,其定义为

```
DEFINE trigger Eventreport
ON A
WHERE B during A AND inside A
AND B.speed=A.speed
AND B.direction=A.direction
DO report B is triggered by A.
```

例 7:一个平面移动的降雨带 A ,在 A 上定义一个触发 Areareport,当在一个地区降雨到目前已经连续超过时间长度 tlength 的降雨带地区,报告该降雨带地区.

```
DEFINE trigger Areareport
On A
WHERE EXIST  $A.P_i(\text{Geometry}, t_i, c)$  AND  $c - t_i > \text{tlength}$ 
Do Report  $A.P_i$ 
```

4 结 论

移动平面对象的 OPH 时空数据模型定义了基于观测几何的平面对象随时间变化的空间几何分布,利用基于集合的几何的并、交、差来计算 P 和 H .模型综合考虑了平面对象的空间分布和时间变化因素,反映了平面移动对象的产生、演化和消失的空间和时间信息,定义了具有现实意义的时空拓扑关系,定义和例证了基于 OPH 模型和时空拓扑关系的时空操作方法以及时空查询和触发.目前,其他模型还不能定义时空拓扑关系和表达时空演化,而 OPH 模型可以很好地满足离散变化和连续变化的平面时空现象的拓扑关系和演化的建模.

References:

- [1] Frank, A., Grumbach, S., et al. CHOROCHRONOS: a research network for spatiotemporal database systems. SIGMOD Record, 1999,28(3):12~21.
- [2] Wilcox, D.J., Harwell, M.C., Orth, R.J. Modeling dynamic polygon objects in space and time: a new graph-based technique. Cartography and Geographic Information Science, 2000,27(2):153~164.
- [3] Peuquet, D.J. An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data. International Journal of Geographical Information Systems, 1995,19(1):7~24.
- [4] Hornsby, K., Egenhofer, M.J. Identity-Based change: a foundation for spatial-temporal knowledge representation. International Journal of Geographical Information Science, 2000,14(3):207~224.
- [5] Yattaw, N.J. Conceptualizing space and time: a classification of geographic movement. Cartography and Geographic Information Science, 1999,26(2):85~98.
- [6] Egenhofer, M.J., Franzosa, R. Point-Set topological spatial relations. International Journal of Geographical Information Systems, 1991.5:61~174.
- [7] Allen, J.F. Maintaining knowledge about temporal intervals. Communications of the ACM, 1983,26(11):832~843.

A Spatial-Temporal Data Model for Moving Area Objects*

YI Shan-zhen, ZHANG Yong, ZHOU Li-zhu

(Department of Computer Science and Technolog, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

E-mail: ysz@mail.tsinghua.edu.cn; sizey@263.net

http://www.tsinghua.edu.cn

Abstract: A spatial-temporal data model, named OPH model, for moving area object is presented, which considers spatial distribution and temporal evolvement of the moving object. In this model, the feature geometry of moving area object described by three kinds of spatial-temporal geometries, which are observation geometry, named O ; currently present geometry, named P ; and history geometry, named H . The definition of OPH is given, and then by using the union, the intersection, and the difference of set theory to populate and calculate the value of O , P and H is populated and calculated. The spatial-temporal topological relation is defined between moving area objects, then three spatial temporal operators based on OPH, Speed, Direction and Range of moving object, are given, and the examples of spatial-temporal query and trigger based on OPH are provided.

Key words: spatial-temporal data model; spatial database; moving object; GIS

* Received February 2, 2001; accepted May 18, 2001

Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.69833010

中国计算机学会系统软件专业委员会 2002 年学术年会

征文通知

中国计算机学会系统软件专业委员会定于 2002 年 10 月在杭州召开中国计算机学会系统软件专业委员会 2002 年学术年会。会议将由南京大学计算机软件新技术国家重点实验室主办, 浙江省计算机学会协办。

一、征文范围(征文范围以下列专题为主, 但又不限于此)

软件自动化与形式化	操作系统
软件语言及其处理	分布对象技术和软件中间件
嵌入式系统	软件安全性
对象与软件 agent	分布与并行处理

二、征文要求

论文应未曾在国内外杂志上或会议上发表过。字数一般不超过 6000。

论文应包括题目、作者姓名、单位、通讯地址、邮编、Email 地址、中英文摘要、关键词、正文、参考文献以及文章联系人及主要联系方式。

论文一律为 A4 打印稿, 一式三份, 用 Word 排版。同时也接受电子投稿, 电子稿只接受 PDF 文件。

征文请寄: 南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 陶先平 (210093)

电子稿投稿: txp@softlab.nju.edu.cn

三、关键日期

截稿日期: 2002 年 8 月 10 日

录用通知日期: 2002 年 9 月 15 日

四、联系方式

陶先平, 025 - 3593694 (O), 025 - 3593670 (Fax)

txp@softlab.nju.edu.cn