

面向事件的地理要素时空回溯研究

赵晓琴¹, 孙毅中¹, 闻 雅²

(1. 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210046)

(2. 镇江市规划信息中心, 江苏 镇江 212001)

[摘要] 以基础地理数据为例, 在研究现实世界 计算机世界 数据库中事件 变更操作 要素之间的逻辑关系的基础上, 通过建立要素信息表、事件信息表以及包含事件关联、事件约束的事件树索引体系, 提出并实现了面向事件的地理要素的时空回溯方法, 为地理要素的时空查询与回溯奠定了基础。

[关键词] 时空回溯, 事件, 要素变更, GIS

[中图分类号] P208 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4616(2009)04-0117-05

Research on the Event Oriented Spatio-Temporal Retrospect of Geographical Features

Zhao Xiaojin¹, Sun Yizhong¹, Wen Ya²

(1. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Nanjing Normal University, Ministry of Education, Nanjing 210046, China)

(2. Zhenjiang Planning Information Center, Zhenjiang 212001, China)

Abstract Taking fundamental geography data as example, the logical relationship among events, changing operations and features that are in real world, computer world and database is analyzed. The feature information table, the event information table and the event-tree with relations and restrictions are constructed. The event oriented spatio-temporal retrospect method of geographical feature is proposed which can contribute to spatio-temporal inquiry and retrospect.

Key words spatio-temporal retrospect, event, feature change, GIS

地理对象的时空回溯问题一直是 GIS 领域关注的热点, 不仅对研究时态 GIS 具有重要意义^[1], 而且在 GIS 应用的各个领域有着迫切的需求。时空对象的回溯从维度上可分为时间维和空间维。时间维划分有基于状态、基于时间的历史回溯; 空间维划分有按整图、按图幅、按区域、单要素的历史回溯。将时空维同时考虑到回溯的过程中, 能动态反映环境变化、交通运输、社会经济、土地变更、天气变化等现实世界。较为典型的有快照模型^[2]、空间-时间组合体数据模型(The space-time composite data model, STC)^[2]、基于事件时空数据模型(event-based spatio-temporal data model, EST-DM)^[3]、三维模型、历史图形模型、对象-关系模型(object relationship model, O-R)、时空面向对象数据模型(spatio-temporal object-oriented data models, O-O)^[4]和移动对象数据模型^[5]。事件大部分基于计算机时间维, 不能够反映真实世界中地理要素变化的时间; 其次, 真正实现数据的时空无缝关联仍是理论研究和应用的技术瓶颈。

因此, 本文研究了面向事件的地理要素的时空回溯, 研究现实世界 计算机世界 数据库中事件 变更操作 要素之间的逻辑关系, 探索将三者进行关联的机制, 实现时间上的连续性, 动态反演地理要素的历史状态, 为促进时空关联技术的进一步发展进行有益的探索。

1 地理要素变更操作分析

时空回溯需要动态地反演地理要素的变更操作过程。以基础地理数据的变更操作为例, 涉及到的操作可以分成: 新建要素、更改属性、图形变化、坐标投影变化、删除要素和要素入库 6 大动作类型, 而每一大类

收稿日期: 2009-02-25

基金项目: 国家自然科学基金(40771164)资助项目。

通讯联系人: 孙毅中, 教授, 博士生导师, 研究方向: 地图学与地理信息系统。E-mail: sunyizhong_c@163.com

动作中又可以细分成多种具体的操作. 归纳地理要素变更操作类型及描述函数, 如表 1 所示.

表 1 变更操作类型表

Table 1 The changing operation types

操作	类型	描述函数	操作	类型	描述函数
新建	创建	Ce(ObjectID)	裁剪	Cu(ObjectID)	
删除	删除	De(ObjectID)	移动	Mo(ObjectID)	
属性变更	增加	AF(Field1, Field2)	拉伸	Ex(ObjectID)	
	修改	CF(Field1, Field2, Field3, Field4)	融合	Me(ObjectID3, ObjectID1, ObjectID2)	
	编辑	At(Field1: Value1, Field2: Value2)	倒角	Fi(ObjectID)	
	继承	AI(ObjectID1, ObjectID2)	删除顶点	DV(ObjectID)	
			增加顶点	AV(ObjectID)	
坐标投影	坐标系修改	CS(Coordinate1, Coordinate2)	平滑	Sm(ObjectID)	
	投影修改	Pr(Projection1, Projection2)	变形	Al(ObjectID)	
要素入库	替换	Re(ObjectID1, ObjectID2)	分割	Sp(ObjectID1, ObjectID2, ObjectID3)	
	更新	Up(ObjectID)	旋转	Ro(ObjectID)	

2 事件树体系及其组织结构

事件是现实世界的具体活动或行为, 引发了地理要素的创建、消亡以及状态的各种变更. 定义 事件的组织结构中的多个属性项, 如图 1 所示. 事件树 是事件的索引体系, 是为实现事件的快速定位查询而建立的一种事件的组织存储机制. 子事件 表示构成事件的小事件, 用头指针指向存储事件树头指针的链, 链上每个节点都存储着事件树的入口地址. 所有的事件都挂接在某棵事件树上, 之间通过属性或者规则关联并约束. 有的事件具有子节点、兄弟节点, 有的事件是独立的, 可以通过对树的先序或后序遍历查找事件.

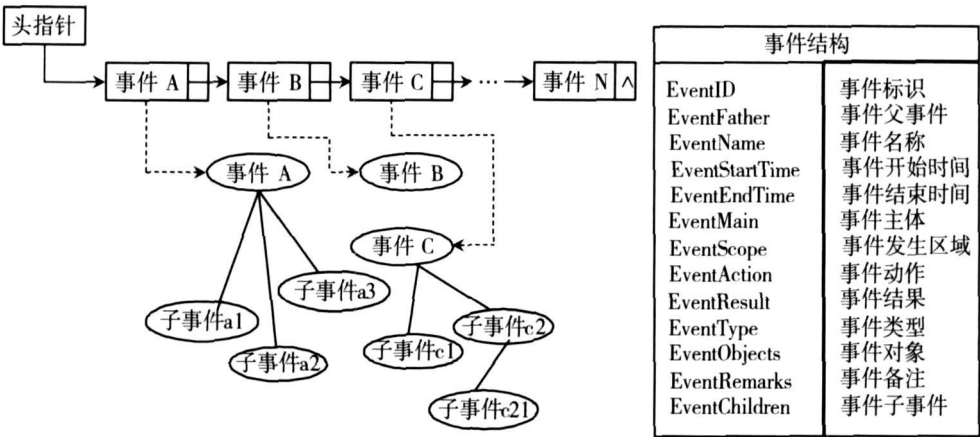


图 1 事件树体系及组织结构

Fig.1 Event tree and organization structure

事件树中, 事件之间存在关联和约束, 从横向和纵向关系上分析, 如表 2 所示. 依据这些关系, 可以更加方便、快捷地进行事件的查询和检索.

表 2 事件之间的关联和约束

Table 2 The relations and restrictions between events

纵向	(1) 通过事件的 EventFather 和 EventChildren 可以查找到父事件和子事件.
	(2) 事件与子孙事件之间存在时间拓扑关系: 期间 (during).
	(3) 事件与子孙事件的发生区域是叠加的, 每两层事件区域之间存在空间拓扑关系.
横向	(1) 同一棵树中的事件可能是亲兄弟, 可能是堂兄弟, 通过查询父事件的 EventChildren 属性项可以获得事件的亲兄弟.
	(2) 如果事件按时间顺序且不交叉发生, 兄弟事件之间的时间拓扑关系只存在: 之前 (before)、邻接 (meets).

3 事件、要素与变更操作的逻辑关联

现实世界中的事件引发了现实世界中地物的变更, 事件通过对地理要素的一系列变更操作实现将其

从原始状态变换成目标状态. 为了保持数据的现势性并将变化存储到计算机上, 需要记录对地物的每一步变更操作, 每一变更操作都有对应的操作时间、操作类型. 每次的变更操作更新要素的状态或者要素的属性. 现实世界 计算机世界 数据库之间的关系反应在事件 变更操作 要素之间的关联上, 如下图 2 所示, 横轴为现实世界 计算机世界 数据库, 竖轴为时间轴.

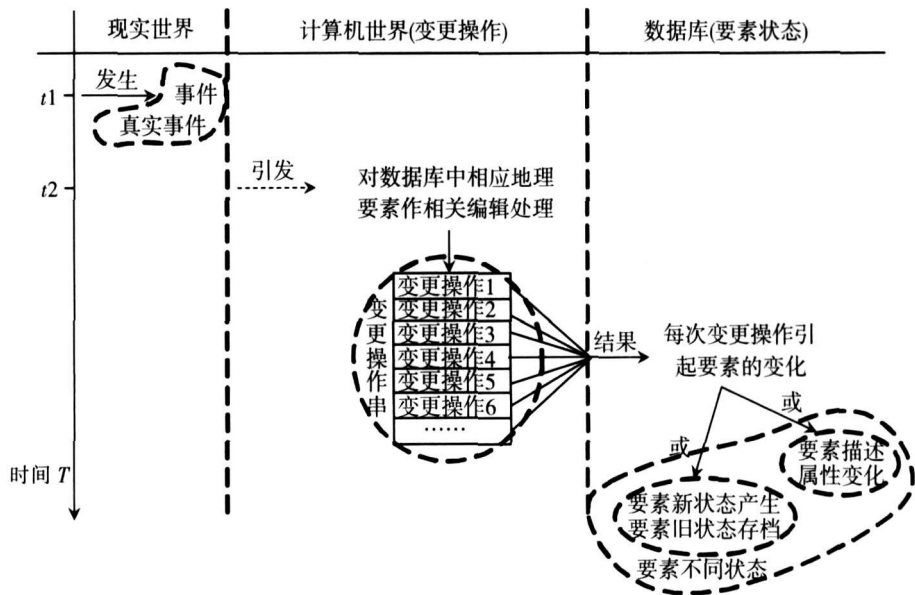


图 2 事件、变更操作、要素三者间关系

Fig.2 The relations among events, changing operations and features

历史回溯过程通过确定事件获得对应的一系列变更操作, 由每一次的变更操作得到相应的变化信息, 形成 事件 变更操作 要素状态 历史回溯的中心路线.

4 事件与要素的时空关联

4.1 要素信息记录表

地理要素具有空间属性、描述属性和时间属性. 空间属性描述了要素在某一时间内确定的形状、位置等空间信息, 随地理要素的延展而变化. 描述属性与空间无关, 不随地理要素的延展而变化. 时间属性记录要素变更的时间信息, 这在一定程度上实现了对地理要素动态的描述. 在模型中, 设计要素变更表 (表 3) 和要素属性表 (表 4), 要素变更表记录地理要素从创建到消亡的所有变更信息.

表 3 要素变更表

Table 3 Feature changing information table

要素 ID	源图层	要素变更事件串	要素所有变更信息
-------	-----	---------	----------

表 4 要素属性表

Table 4 Feature property table

要素 ID	描述属性	活跃描述属性		
		属性值	开始时间	结束时间

4.2 事件信息记录表

事件描述表 (表 5) 记录事件涉及的所有要素, 要素状态事件表 (表 6) 记录驱使地理要素存入现状库和历史库的两个事件, 即产生某一状态的事件和改变某一状态的事件, 同时记录要素状态的父事件状态, 便于回溯.

表 5 事件描述表

Table 5 Event information table

事件标识	事件包含的要素
------	---------

表 6 要素状态事件表

Table 6 Feature state table

要素 ID	入现状库事件 ID	入历史库事件 ID	父对象 ID	在现状库与历史库中的空间拓扑
-------	-----------	-----------	--------	----------------

4.3 事件与要素的时空关联机制

通过要素变更信息表的 ObjectID、Changes、ChangeEventIDs 属性项与事件信息描述表的 EventID、EvenObjects 属性项进行关联, 构成要素与事件之间的关联机制, 如图 3 所示.

(1) 事件对要素的关联
事件信息描述表中的 EventObjects 记录着所有发生变更的要素的 ObjectID, 通过 ObjectID 可以在要素变更信息表中查询到因该事件发生变化的要素.

(2) 要素对事件的关联
要素变更信息表中 Change EventIDs 属性记录一系列按照时间顺序排列的事件 EventID, 通过 EventID 在事件信息描述表中查询要素经历的事件的相关信息.

(3) 要素事件对变更操作的关联
要素变更信息表中的 Changes 属性项的变更操作与 Change EventIDs 属性项中的事件通过 Index 关联. 根据每个 EventID 在 Change EventIDs 中的位置 Index, 可以在 Changes 中查找到该 EventID 对应的要素的变更操作.

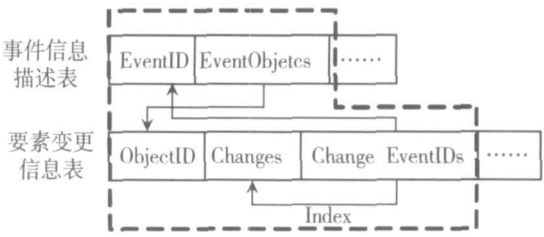


图 3 要素变更信息与事件信息的关联图

Fig.3 The relation between feature changes and events

5 地理要素时空回溯实现

对地理要素的时空回溯, 本质就是查询到符合各个时间点、时间段、空间要求的地理要素, 将它们组合成某一时刻或时间段内某一地理空间区域的现状数据. 设定回溯时间轴, 时间轴是从当前时间开始, 依次为最近发生事件的结束时间、开始时间至最远发生事件的结束时间、开始时间. 事件的开始时间与结束时间之间是按时间逆序排列的变更操作.

5.1 按任意范围回溯

当事件发生后, 事件对应范围内的现状库数据被新的数据更新, 旧的数据被保存到历史库中. 实现任意范围内数据的回溯, 需要从现状库和历史库中分别筛选出符合条件的数据, 组合成回溯时刻的现状. 具体回溯步骤为:

- (1) 确定回溯范围与回溯时间, 筛选与回溯范围相交或包含的事件, 并按时间先后顺序排列在时间轴上. 在事件集合中查询开始时间迟于或等于回溯时间的事件.
- (2) 按时间先后顺序遍历事件. 获取事件在回溯范围内的要素, 若是最早发生的事件, 则根据查询时间与事件的开始、结束时间的关系确定要素状态并存储于 List 中; 反之, 筛选出该事件中要素的最初状态并存储于 List 中. 遍历结束, 转 (3).
- (3) 查询事件之间的重叠区域, 遍历, 提取符合条件的要素状态并存储于 List 中. 至此, 完成历史库中的要素提取.
- (4) 查询出现状库中符合条件的要素, 即从回溯时刻开始到最后没有任何事件的要素.
- (5) 历史库数据与现状库数据合并, 完成任意范围的时空回溯.

5.2 跨范围的单要素回溯

5.2.1 回溯流程

单要素的回溯是对某一地理要素进行整个生命周期的回溯, 一是要素完全在事件发生范围内, 与其在现状库时的状态一致; 二是要素只有部分在事件发生范围之内, 其在历史库中的数据是现状库的一部分. 任一地理要素都有其对应的要素变更信息表, 存储了该地理要素整个生命周期内经历的所有事件以及一系列的变更操作串. 具体回溯步骤为:

- (1) 调出目标要素并显示在临时库中, 获得当前记录的时间串 EventIDs 和变更操作串 Changes
- (2) 逆顺序读取事件串 EventIDs 并在事件信息描述表中获得相关信息, 判断 EventIDs 是否读取完毕, 是则完成回溯过程, 否则转下一步;
- (3) 在 Changes 中逆顺序读取当前事件的每一个变更操作信息, 读取完毕转 (2), 否则转下一步;
- (4) 判断是否为要素属性的变更操作, 是则判断是否为要素属性项的变更操作, 转 (5), 否则获取父对象在现状库时与入历史库时的空间拓扑关系, 转 (6).
- (5) 若为要素属性项的变更操作, 则对临时库要素进行属性项的反机制处理, 否则在要素描述表中查找属性项, 若无多条记录则将临时库中的该属性值设为空, 反之, 根据操作时间确定属性值. 转 (3).

(6) 若 Topology 为 equal 则在历史库中查找父对象并反机制处理临时库中的要素; 否则在历史库中查找父对象并显示于临时库. 转 (3).

5.2.2 实例分析

在现状库中存在一条 ID 为 00352140 的新入库道路, 由于要新建企业厂房, 部分道路被重新修建, 更新之后为了便于管理, 在道路图层增加一个 管理单位 字段, 要素变更信息表 (表 7) 和要素状态事件表 (表 8) 记录下更新变化. 按照上述的流程进行回溯, 整个回溯的过程按照图 4 所示.

表 7 道路要素变更信息表

Table 7 Feature changing information table of the road				
ObjectID	SourceFeatureClass	Change EventIDs	Changes	
352140	TRA_L_L_J	141, 143	[2008040311] Ce(00352140) \[2008040312] At(名称 : 恒飞路 , 材料 : 沥 ,	
			等级 : 公路),	
			[2008040513] Up(01352140) \[2008040514] AF(管理单位)	

表 8 道路要素状态事件表

Table 8 Feature state table of the road				
* ObjectID	InActiveEventID	InH iEventID	FatherID	Topology
00352140	141	143	Null	Contain
01352140	143	Null	00352140	Null

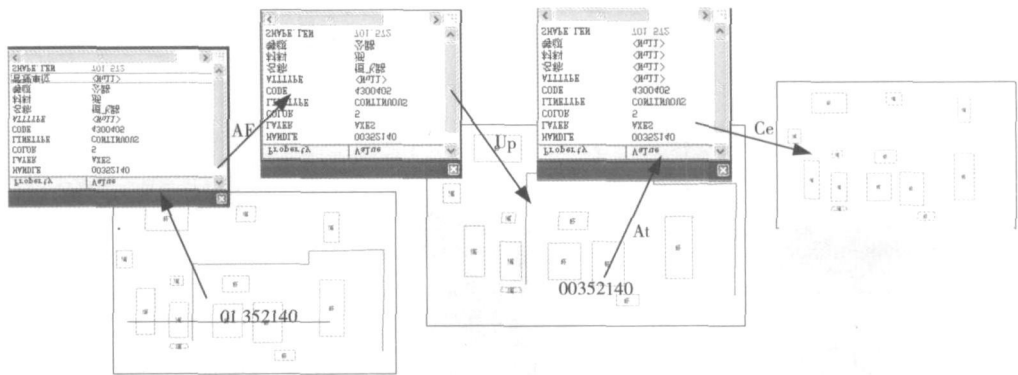


图 4 道路回溯图

Fig.4 The retrospection of the road

6 小结

本文探讨了现实世界 计算机世界 数据库中事件 变更操作 要素之间的逻辑关系, 建立要素与事件信息表, 提出面向事件的地理要素的时空回溯方法. 通过事件树索引机制, 实现了事件与要素变更的关联, 进而实现了地理要素的时空查询和回溯. 针对事件与事件交叉情况, 需要在今后研究中对事件描述进一步精炼和扩展.

[参考文献]

[1] 边馥苓, 张燕江. 基于空间查询的历史数据回溯[J]. 测绘与空间地理信息, 2004, 27(3): 3-6
[2] Langran G. A framework for temporal geographic information systems[J]. Cartographica 1988 25(3): 1-14
[3] Peuquet D, Duan N. An event-based spatio-temporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data[J]. Int Journal of Geographical Information Systems 1995 9(1): 7-24
[4] Wooboy M F. Modeling Changes and Events in Dynamic Spatial Systems With Reference to Socio-economic Units [DB/OL]. [1998-06-09]. <http://citeseer. csail.mit.edu/wooboy98modelling.html>.
[5] Forlizzi L, Guting R H, Nardelli E. A data modal and data structures for moving objects databases[C] //Chen Weidong Naughton Jeffrey F, Bernstein Philip A, et al Proceedings ACM SIGMOD Inter Cony on Management of Data Dallas ACM 2000 2000 319-330

[责任编辑: 陆炳新]