

基于事件语义的时态 GIS 模型

徐志红¹ 边馥苓¹ 陈江平¹

(1 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘要: 针对 GPS 中历史数据的处理, 提出了基于事件语义的时态地理信息系统模型; 应用该模型进行了历史数据的查询及历史数据的回溯和再现。

关键词: 事件语义; 时态地理信息系统; 模型; 时刻; 时间段

中图法分类号: P208; TP311.13

当前, 地籍管理、土地利用管理、城市规划管理、人口管理等对历史数据处理提出了更高的要求, 它不仅要求可以实现历史数据的回溯、恢复, 也可针对历史数据进行查询、统计分析。随着遥感及 GPS 技术的发展, 可以提供给 GIS 更多的实时信息, 而传统 GIS 处理的基本上都是相对一个静止点的信息, 因此, 如何接收、利用这些实时数据, 保存对象发展的变化, 并在必要时恢复这种变化, 是 GIS 迫切要求解决的问题。

目前时空数据模型主要有以下几个方式:

①时间标记的独立层, 如时间标记层(快照)模型、时间标记属性(时空复合)模型。快照模型通常会大量的数据冗余, 而时空复合模型在空间地物发生任何变化的时候都需要对专题和时态属性数据表格进行重建。②基于事件驱动的时空模型。③面向对象的时空数据模型。④三域模型。②③模型由于随对象的连续变化而不断更新对象的标识, 因此很难保持对象的连续性; 三域模型保持了对象的连续变化, 但对事件的发生、发展过程未能记载, 同时不能解决仅仅由于属性变化而引起的对象变化的历史回溯及再现。

针对上述模型, 本文提出了适用于历史查询、历史回溯的基于事件语义的时空 GIS 模型。该模型中, 针对时态 GIS 中涉及的各要素划分为 5 个域, 即属性域、时间域、空间域、动作域及关系域, 各域通过对象标识进行关联。GIS 各对象在不断的历史变化中保持唯一的标识符, 以便于空间信息在不同历史时段的提取。下面结合地籍管

理信息系统中宗地的变更来描述该模型。

1 事件语义描述

通常采取时间、地点、人物、事件的方式对事件进行详细的描述。从概念上, 时间可分为时间点(基于点的时间)和时间段(一个时间间隔)。当描述固定时间发生的事件时, 时间是一个固定点的值, 所描述的事件是一个时间点的事件。当记录事件的发生、发展的过程时, 记录离散的时间点、地点、人物及重要的事件, 从而达到记录事件发生、发展过程的目的。据波粒二象性理论, 在宏观世界, 时间是连续的; 在微观世界, 时间也是由时间粒子组成的, 也就是说, 连续的时间是由时间点组成的。相应地, 对于地理对象可以用对象标识、时间点、空间定位、对象属性、动作及其关系进行描述, 而且整个描述可由对象标识进行关联。这样, 通过对象标识, 可以记录一个对象在某时刻发生的动作、空间位置及属性信息变化, 该模型中各信息联系如图 1 所示。

在该模型中, 属性信息可由属性域描述, 该域信息包括对象的属性及专题信息; 时间信息由时间域来描述, 记录发生变化的时间点; 空间信息由空间域来描述, 记录对象的空间位置、空间关系(包括平面拓扑关系、时态拓扑关系及对象变更的空间链接关系)、空间属性(如长度、面积)等空间信息; 动作信息由动作域来描述, 记录导致变更发生的动作。这三个域间的联系则通过关系域来描

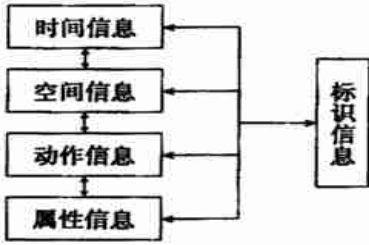


图1 事件语义模型中时空信息描述
Fig. 1 Spatio-temporal Information of Event Semantic Model

述。关系域中对时间、空间、属性和动作进行统一关联的是该对象的标识,也就是说通过对象标识把对象的各个不同方面联系在一起,构成进行查询、统计、处理的主表。该模型既可通过扩充的关系数据库来实现。也可通过面向对象的数据建模来实现。下面就以地籍管理信息系统为例,以简

洁的表格形式来描述基于事件语义的GIS时态模型。

2 时态GIS模型

在该模型中,设定 T 为时间,用 T_1 标识初态,用 $T_2、T_3、T_4、T_5、T_6$ 标识宗地在不同时刻的变更过程;对象标识为 OBJID,在这里可以理解为地块或宗地号;属性标识为 ATTRID,标识宗地属性的变化;时间标识为 TIMEID,标识发生变化的时刻(时间点)信息;空间标识为 SPACEID,标识宗地的空间变化;动作标识为 ACTID,标识发生变化的原因。以一个行政区划为例,把宗地变更过程用图2进行表示。图中,字母表示对象标识;数字表示空间标识。

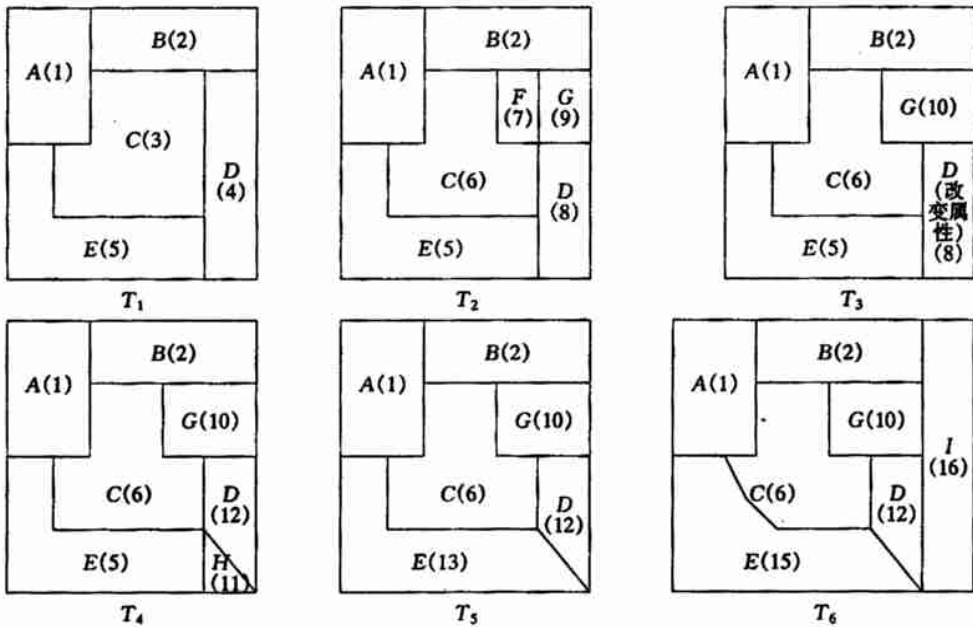


图2 宗地变更过程
Fig. 2 Procedure of Land Parcel Change

根据图2,可写出属性表(见表1)、时间表(见表2)、动作表(见表3)。

表1 对象属性表
Tab 1 Attribute Table

ATTRID	1	2	3	4	5	6	7	8
OWNER	张三	李四	王五	赵华	张生	钱军	黄丽	伍思
ATTRID	9	10	11	12	13	14	15	...
OWNER	李军	陈实	罗炎	周笛	金悦	于凯	谢开	...

属性表、时间表、动作表仅仅记录了对象的一个方面,涉及到的操作仅仅是添加相关属性项及

与关系表进行关联,相对来说比较简单。而对象的空间表要记录对象间的平面拓扑关系、时态拓扑关系及对象变更的空间链接关系,因此相对而言较复杂。根据图2宗地变更关系,可得到用树表示的空间链接关系,如图3所示。在图3中,可以清晰地看出宗地的空间变更关系,如空间位置3分解为6、7,而7、9两块空间合并为10,可以在空间表中通过记录父结点来记录空间变更关系,而时态拓扑关系则通过平面拓扑关系与对象变更的空间链接关系来实现,因此,据图3可以得出如表4所示的空间表。

表5是关系表,与用事件语义描述事件的要

表 2 时间表

表 3 动作表

Tab. 2 Time Table

TIMEID	ST	TIME
1	T_1	1999-10-10
2	T_2	1999-10-20
3	T_3	1999-10-31
4	T_4	2000-05-04
5	T_5	2000-06-01
6	T_6	2000-07-01
...

Tab. 3 Action Table

ACTID	ACTNAME
1	分割
2	合并
3	调整边界
4	新增
5	属性变化
...	...

素相同, 通过该表利用对象的对象标识的不变性, 把对象、时间、空间、事件(动作)及属性联系起来, 从而记录对象的变化。该表的一大特点就是它不仅记录对象的空间位置改变, 同时记录对象的属性(专题)信息变化。也就是说, 不论是对象的空间信息发生变化还是对象的属性信息发生变化, 都可以进行记录、查询、回溯、统计及分析。这就克服了仅仅基于空间位置变化记录变更信息的模型属性信息变化不容易记载的缺点, 同时它也满

足人们对于查询的要求, 即对 Who、When、Where、How、How Many 和 What 的查询。各表间的关系可由表 5 来定义。

表 5 关系表

Tab. 5 Relation Table

OBJID	TIMEID	SPACEID	ACTID	ATTRID
A	1	1	0	1
B	1	2	0	2
C	1	3	0	3
D	1	4	0	4
E	1	5	0	5
C	2	6	1	3
F	2	7	1	6
D	2	8	1	4
G	2	9	1	7
G	3	10	2	8
D	3	8	5	9
D	4	12	1	9
H	4	11	1	10
E	5	13	2	5
C	6	14	3	11
E	6	15	3	5
I	6	16	4	12
...

注: 0 表示初态。

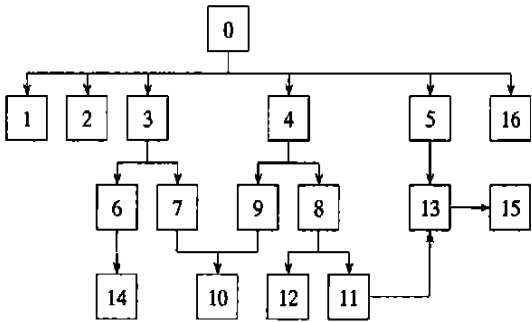


图 3 宗地变更过程树

Fig. 3 Tree of Land Parcel Change

表 4 空间表
Tab. 4 Space Table

SPACEID	LOCATION	AREA	...	TOPOLOGY	FATHERID
1	L_1	S_1	...	TOPO ₁	-1
2	L_2	S_2	...	TOPO ₂	-1
3	L_3	S_3	...	TOPO ₃	-1
4	L_4	S_4	...	TOPO ₄	-1
5	L_5	S_5	...	TOPO ₅	-1
6	L_6	S_6	...	TOPO ₆	3
7	L_7	S_7	...	TOPO ₇	3
8	L_8	S_8	...	TOPO ₈	4
9	L_9	S_9	...	TOPO ₉	4
10	L_{10}	S_{10}	...	TOPO ₁₀	7, 9
11	L_{11}	S_{11}	...	TOPO ₁₁	8
12	L_{12}	S_{12}	...	TOPO ₁₂	8
13	L_{13}	S_{13}	...	TOPO ₁₃	5, 11
14	L_{14}	S_{14}	...	TOPO ₁₄	6
15	L_{15}	S_{15}	...	TOPO ₁₅	13
16	L_{16}	S_{16}	...	TOPO ₁₆	-1
...

注: -1 表示无父结点。

3 时空查询

类似于事件语义中的查询, 时间在概念上可分为基于离散的瞬间(即时间点)和基于连续的时间间隔(即时间段), 相应地, 可把基于时间的查询分为基于时间点的查询和基于时间段的查询。

3.1 基于时间点的查询

该项查询包括 Who、When、Where、How (or What happened)、What。

- Who 指对于特定时间点的对象查询, 如

Q₁: 谁在 2000 年 5 月 4 日实施了宗地变更?

Select TIMEID from Table2 where TIME=2000-05-04

得到答案: 4。

Select OBJID from Table5 where TIMEID=4

得到答案: D, H。

- When 指对特定时间点的查询, 如

Q₂: 什么时候周笛成为宗地的土地使用者?

Select OBJECTID from Table1 where OWNER=周笛

得到答案: 12。

Select TIMEID from Table5 where OBJECTID=12

得到答案: 6。

Select TIME from Table2 where TIMEID=6

得到答案: 2000-07-01。

● Where 指对指定时间点、指定对象的空间位置的查询, 如

Q_3 : 1999年10月10日赵华的宗地在什么位置?

Select TIMEID from Table2 where TIME=1999-10-10

得到答案: 1。

Select ATTRID from Table1 where OWNER=赵华

得到答案: 4。

Select SPACEID from Table5 where TIMEID=1 AND ATTRID=4

得到答案: 4。

Select LOCATION from Table4 where SPACEID=4

得到答案: L_4 。

● How (What happened) 指对在指定时间点发生动作的查询, 如

Q_4 : 在1999年10月31日D宗地发生了什么变化?

Select TIMEID from Table2 where TIME=1999-10-31

得到答案: 3。

Select ACTIONID from Table5 where OBJID=D AND TIMEID=3

得到答案: 5。

Select ACTIONNAME from Table3 where ACTIONID=5

得到答案: 属性变化。

● What 指对相关专题、属性信息等的查询。

3.2 基于时间段的查询

与基于时间点的查询相同, 仍包括 Who、When、Where、How (or What happened)、What 查询, 但该处的时间是指一个时间间隔(interval)。相应地, 这些查询分别为一个时间间隔内的对象及其变化, 发生变化的一个时间间隔, 变化过程中地点的变化, 实施变化的过程及属性的变化等。下面举例说明。

Q_5 : 在1999年9月10日到2000年7月8日这个时间段内, C宗地发生了怎样的变化?

Select TIMEID from Table2 where TIME > 1999-9-10 AND TIME is closest to 1999-9-10

得到答案: 1。

Select TIMEID from Table2 where TIME < 2000-7-8 AND TIME is closest to 2000-7-8

得到答案: 6。

Select ACTID from Table5 where OBJID=C AND TIMEID ≥ 1 AND TIMEID ≤ 6

得到答案: 1, 3。

Select ACTNAME from Table3 where ACTID=1 OR ACTID=3

得到答案: 分割, 调整边界。

4 历史回溯及历史重现

4.1 单宗地历史回溯及历史重现

由于该模型是在保持对象标识不变的前提下进行时间点的空间、属性变更, 因此, 根据表5中时间的顺序按升序及降序即可得到单宗地的历史重现和历史回溯。举例如下。

Q_6 : 对C宗地进行历史重现。

Select TIMEID, SPACEID, ACTID, ATTRID from Table5 where OBJID=C

得到答案: 1 3 0 3

2 6 1 3

6 14 3 11

从空间表中查找出SPACEID分别为3、6、14的空间位置(即 L_3 、 L_6 、 L_{14})进行显示, 同时显示属性变化及导致变化发生的动作。

4.2 整个行政区划历史回溯及历史重现

Q_7 : 对整个行政区划进行历史回溯。

首先, 获得整个行政区划的最后时刻的全貌, 如图2中 T_6 , 得到该状态的时刻。根据表5可以知道, 在 T_6 时刻有3块宗地进行了变更, 分别为C、E、I宗地, 其相应的空间标识为14、15、16, 对应的动作标识为3、3、4。若ACTID=5, 则该宗地空间位置不发生改变; 若ACTID≠5, 则在空间表(表4)中查找相应的FATHERID, 找到其父结点的空间状态, 得到 T_5 时刻的状态, 如图2中的 T_5 。在 T_5 时刻, 从表5中可以得到, 有E宗地发生变更, 其空间标识为13, 动作标识为2, 从表4中可得到其父结点的标识为5、11, 至此可得到 T_4 时刻的状态, 如图2中 T_4 。依次类推, 可直接回溯到 T_1 时刻的初态, 从而完成整个行政区划的历史回溯。

5 结 语

该时态GIS模型从历史数据的应用角度出

发, 讨论了基于事件语义信息描述的时态 GIS 模型, 该模型通过对对象的惟一标识对对象发生的时间、空间位置、发生原因及属性或专题等信息进行关联, 从而达到记录空间信息、属性信息发生变化的过程及原因的目的。由于该模型采用基于事件语义描述事件的方式, 因此, 对于历史信息进行常用的简单查询及各种组合查询非常方便, 同时还可实现历史的回溯及再现。本文仅讨论了模型的本身, 对于时空数据的存储尤其是时态拓扑关系的建立、时间点的选择、时态信息的分析利用等还需进一步研究; 同时针对像海岸线等变更频繁且细密的时态信息的采集、时态信息变更的过程的记录、时间点或时间区段的选择、各域间的关联方式及关联函数的确定等都有待进一步探讨。

参 考 文 献

1 柴晓路, 曹 晶, 施伯乐. 时空信息的层次存储和管

理. 计算机科学, 2000, 27: 47 ~ 49

2 王 珊. 数据仓库技术与联机分析处理. 北京: 科学出版社, 1998

3 Shu H, Chen J. Semantic Logical and Physical Temporal Geo-data Model. GIS AM/ FM ASIA ' 97 & Geoinformatics ' 97, Taipei, 1997

4 Yuan M. Representing Geographical Information to Support Spatio-temporal Queries. GIS AM/ FM ASIA ' 97 & Geoinformatics ' 97, Taipei, 1997

5 Langran G. States, Events, and Evidence: the Principle Entities of a Temporal GIS. GIS/ LIS ' 92, Atlanta-GA, 1992

6 Armstrong M P. Temporality in Spatial Databases. GIS ' 88, San-Antonio, 1988

作者简介: 徐志红, 博士生。研究方向为 GIS 功能集成、时态 GIS 及知识挖掘。主要参加项目: 温州市地籍管理信息系统; 诸暨市资源管理信息系统查询子系统; 三峡库区管理信息系统总体设计; 中山市基础地理信息系统等。

E-mail: xzh-xzh@163.net.

Spatio-Temporal GIS Model Based on Event Semantic

XU Zhihong¹ BIAN Fuling¹ CHEN Jiangping¹

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering Wuhan University,
129 Luoyu Road, Wuhan, China 430079)

Abstract: There are mainly four kind of models to record and deal with historical information. Taking them as reference, the spatio-temporal model based on event semantic is proposed in this paper. In this model, according to the way describing an event, all the information are divided into five domains. This paper describes the model by using the land parcel change in the cadastral information system, and expounds the model by using five tables corresponding to the five domains. Based on this model, seven examples are given on historical query, rollback and recurrence. This model can be implemented either in the extended relational database or in the object-oriented database.

Key words: event semantics; temporal GIS; model; instant; interval

About the author: XU Zhihong, Ph D candidate. Her research orientations are GIS function integration, temporal GIS and data mining. Items that she took part in include: Wenzhou Cadastral Management Information System Query Subsystem of Zhujiaji Land Resource Management Information System General Design of the Three Gorges Management Information System, Zhongshan Fundamental Geographic Information System, etc.

E-mail: xzh-xzh@163.net