

面向对象的规划道路中线时空数据模型

张保钢¹, 王润生^{2,3}

(1. 北京市测绘设计研究院地理信息中心, 北京 100038 ; 2. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083 ; 3. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要 : 回顾了两种类型的时空数据模型, 发展了面向对象的规划道路中线时空数据模型, 进一步实现了对规划道路中线对象的查询及更新维护。该模型具有充分利用 GIS 已有的空间分析和方便实现时态分析的功能, 同时也具有数据维护和历史数据恢复方便简单, 空间信息没有冗余, 时态信息冗余小, 且能表达变化原因等特点。

关键词 : 地理信息系统 ; 时空数据模型 ; 面向对象

中图分类号 : P 208 ; U 491.1 文献标识码 : A 文章编号 : 1001 - 070X (2006) 04 - 0068 - 05

0 引言

规划道路是相对现状道路而言的“未来”道路。道路中线是指道路的中心线。目前规划路的管理模式大多是静态模式,即用新规划道路数据覆盖旧规划道路数据,造成了历史规划道路数据的损失。建立规划道路的时空数据模型,用时空数据库组织规划道路中线的时空数据,可以解决这个问题。

时空数据模型是一种有效组织和管理时态地理数据,空间(Space)、属性(Attribute)和时间(Time)语义更完整的地理数据模型^[1]。它分为两种:一种是空间模型基础上扩展时间维的时空模型(基于空间的时空模型);另一种是时间模型基础上扩展空间维的时空模型(基于时间的时空模型)。时间模型即变化模型,是用状态和事件来描述的;空间数据模型可分为基于对象的模型(即矢量数据模型)和基于位置的模型(即栅格数据模型)。在栅格数据模型基础上扩展的时空数据模型实际是空间目标的快照模型。在矢量数据模型基础上扩展的时空数据模型的实现方法主要存在时空复合法和基态修正法两种:时空复合法^[2]将空间分割为具有相同时空过程的最大单元(时空单元),每个时空单元在存储时被看成静态的时空单元,时空单元中的时空过程作为属性存储;基态修正法不存储研究区域中每个状态的全部信息,只存储某个时间的数据状态(基态),以

及相对于基态的变化量。某个状态的空间信息可以通过基态加变化量恢复,它可以充分利用 GIS 已有的空间分析功能,但进行时间维上的深层分析,如时空拓扑分析、事件因果关系分析时不够方便^[1]。

面向对象的时空数据模型引入了面向对象的设计思想,基于时间维组织时空数据,时态查询方便,但时空对象间的空间拓扑关系等需要重新建立。舒红等从时空对象类型及其数据结构、时空操作方面定义了一个面向对象时空数据模型的逻辑结构^[3]。该模型的每个时空实体具有单一的时间元素,这对于内聚性好的时空实体是适用的,但时空复杂实体之各子实体的时态信息往往不一致。马劲松^[4]给出了同时基于特征和事件的空间时态概念模型,基于特征和基于事件的模型通过对象的唯一标识符相连接。本文采用面向对象的方法定义了某个时态规划道路中线的时空模型,运用删除目标时空记录表和增加目标时空记录表的方式描述各时空目标空间和属性变化情况。

1 模型定义及时空变化表示

规划道路是由规划道路路段、规划道路交叉点以及规划道路元数据构成的,其中路段和交叉点在空间上具有连接拓扑关系。规划道路路段的两端是道路交叉点,交叉点之间的部分构成规划道路路段。规划道路元数据是规划道路的描述信息,包括路名、

归档号、路宽、路宽注记及交叉点数等。

一条规划道路处于不同的时态时,可用不同的时态版本号表示。某个时态的规划道路中线可用式(1)表示,即

$$\text{PlanningRoad} = \langle \text{PlanningRoad} - \text{id}, \text{Version-No}, \langle \text{RoadSegment Information} \rangle, \langle \text{Road Cross Points Information} \rangle, \langle \text{Planning Road Metadata} \rangle \rangle$$
 (1)

式中,PlanningRoad 为规划道路;PlanningRoad - id 为规划道路标识;Version - No 为时态的版本号;< RoadSegment Information > 为规划道路路段信息;< Road Cross Points Information > 为规划道路交叉点信息;< Planning Road Metadata > 为规划道路元数据信息。

按照式(1)定义的某条规划道路的所有时态版本序列构成了该规划路完整的时空数据模型。规划道路元数据信息、规划道路路段信息及规划道路交叉点信息结构如表 1~3 所示。

表 1 规划道路元数据信息结构

元数据标识	路名	归档号	交叉点数	起始点	终止点	路宽	路宽注释
-------	----	-----	------	-----	-----	----	------

表 2 规划道路路段信息结构

路段标识	首结点	终结点	左半宽	右半宽	路宽备注
------	-----	-----	-----	-----	------

表 3 规划道路交叉点信息结构

点标识	结点坐标	左红线半径	中线半径	右红线半径	点注释	立交	立交待定	道路交叉点名
-----	------	-------	------	-------	-----	----	------	--------

规划道路的时空变化属于间歇性变化,其变化形式有增加新路、废弃旧路、旧路改线、旧路改元数据、旧路路段改属性及旧路道路交叉点改属性 6 种。

如果将旧路路段和旧路道路交叉点改属性也视作路段和道路交叉点目标的更迭,那么,规划道路的时空变化可以视为在某个基态(某一时刻所有规划道路的空间状态)基础上,规划道路交叉点和/或规划道路路段和/或规划道路元数据的增删变化。规划道路的时空变化用增加目标和删除目标 2 个时空变化记录表表示,两个表结构完全相同,如表 4 所示。

表 4 规划道路时空变化记录信息表结构

规划路标识	版本号	变更日期	变更描述	交叉点	路段	元数据
-------	-----	------	------	-----	----	-----

如果新增一条规划道路,则其初始版本号为 1,以后每变更一次,版本号就加 1 一次,变更描述为上

文定义的 6 种变化形式。道路变更时,其交叉点、路段和元数据信息至少有 1 个发生变化(增加、删除、删除旧的之后增加新的),同一类别内目标的标识号是唯一的。

2 数据的组织及维护

时空数据分别存放在现状数据库和历史数据库中,这两个库的结构相同,均按式(1)的结构定义。现状数据库存储变更后的规划道路信息;历史数据库存储每次变更时删除的目标信息。第一次建库时,所有时空目标均在现状数据库中,历史库为空,之后,若在 t_j 时刻某个目标发生了变更,系统维护需做以下工作:

- (1) 将更新目标需要变化的部分($O_{d_{t_j}}$)拷贝到历史库中;
- (2) 将 $O_{d_{t_j}}$ 记录到删除目标时空记录表;
- (3) 在现状库中删除 $O_{d_{t_j}}$;
- (4) 在现状库中增加更新目标已更新的部分($O_{a_{t_j}}$);
- (5) 将 $O_{a_{t_j}}$ 信息记录到增加目标时空记录表。

经过以上 5 个步骤,完成现状库和历史库的维护,同时记录下了相邻两个时态版本相比的变化量。单纯的目标删除或增加可以只执行以上的(1)~(3)步或(4)、(5)步。这样,某个历史时期(t_0)的规划路状态(RS_{t_0})可用式(2)恢复,即

$$RS_{t_0} = RS_{now} + \sum_{i=0}^m \left(\sum_{t_j=t_0}^{now} O_{d_{t_j}} - \sum_{t_j=t_0}^{now} O_{a_{t_j}} \right) \quad (2)$$

式中, RS_{now} 表示现状; m 是指定空间区域的规划道路总数; now 表示当前。

现状数据库是没有时态信息的纯空间数据库,可以利用 GIS 已有空间分析功能,历史数据库只存储数据,不进行空间或时态分析。系统通过表 4 中的交叉点、路段及元数据标识号,提取现状库或历史库中的空间信息或属性信息。式(2)表明,某一历史时期规划道路状态的恢复可通过现状与更新目标变化部分变化前后信息的代数和实现。

3 实例与分析

图 1 是某地 2000 年初的规划道路网,2001 年 8 月 30 日新增了名为北内环路的规划路,2001 年 9 月 19 日对西统路进行了取直改造,2002 年 11 月 22 日西统路道路展宽,由原来的 30 m 扩为 50 m。更新后的规划路现状如图 2 所示。

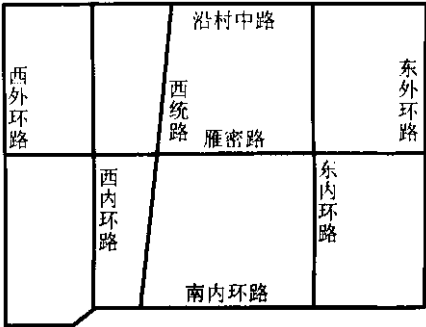


图 1 2000 年规划道路网分布

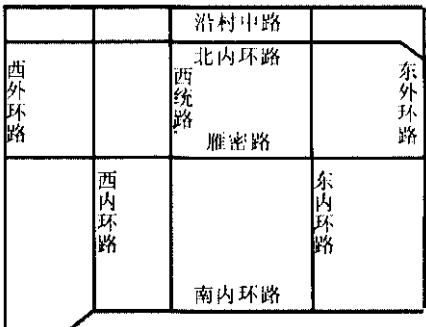


图 2 2002 年规划道路分布

发生这些变更时删除和增加的目标时空记录 如表 5 和表 6 所示。

表 5 删除目标时空记录表

路标识	版本号	删除日期	删除原因	交叉点	路 段	元数据
1	1	2001/08/30	旧路改线		43960501	10001
2	1	2001/08/30	旧路改线		43960801	20001
3	1	2001/08/30	旧路改线		43960701	30001
4	1	2001/08/30	旧路改线		43960401	40001
5	1	2001/09/19	旧路改线	12569	43960818,43960819	
6	1	2001/08/30	旧路改线		43960601	60001
6	2	2001/09/19	旧路改线	12569,12558,12552	43960821,43960822,43960602	60002
6	3	2002/11/12	旧路改元数据			60002
7	1	2001/09/19		12552	43960202,43960203	
8	1	2001/09/19		12558	43960303,43960304	

表 6 增加目标时空记录表

路标识	版本号	增加日期	增加原因	交叉点	路 段	元数据
1	2	2001/08/30	旧路改线	12562	43960810,43960811	10002
2	2	2001/08/30	旧路改线	12566	43960816,43960817	20002
3	2	2001/08/30	旧路改线	12564	43960814,43960815	30002
4	2	2001/08/30	旧路改线	12561	43960808,43960809	40002
5	1	2001/08/30	增加新路	12561,12562,12564,12565,12566,12569	43960803,43960804,43960806,43960818,43960819	50001
5	2	2001/09/19	旧路改线	12563	43960805,43960807	
6	2	2001/08/30	旧路改线	12569	43960821,43960822	60002
6	3	2001/09/19	旧路改线	12563,12567,12568	43960812,43960813,43960820	60003
6	4	2002/11/22	旧路改元数据			60004
7	2	2001/09/19	旧路改线	12567	43960205,43960206	
8	2	2001/09/19	旧路改线	12568	43960306,43960307	

3.1 时空数据库的维护更新

3.1.1 增加新路——北内环路(2001-08-30)

3.1.1.1 本路操作

(1)增加规划道路交叉点。在图 1 基础上,增加北内环路后将产生新的规划道路交叉点(图 2):北内环路与西外环路交、北内环路与西内环路交、北内环路与西统路交、北内环路与东内环路交、折及北内环路与东外环路交。

(2)增加规划道路路段。连接以上各道路交叉点,将产生西外环路—西内环路、西内环路—西统路、西统路—东内环路、东内环路—折及折—东外环路的规划道路路段。

(3)增加元数据。按表 1 的元数据结构,定义北内环路的元数据。

3.1.1.2 相关路操作

(1)废弃西内环路、东外环路、东内环路、西外环

路及西统路的元数据。

(2) 废弃西内环路、东外环路、东内环路、西外环路、西统路在雁密路与沿村中路之间的路段。

(3) 增加北内环路与西内环路、东外环路、东内环路、西外环路及西统路的道路交叉点。

(4) 增加西内环路、东外环路、东内环路、西外环路、西统路在雁密路与北内环路之间的路段以及北内环路与沿村中路之间的路段。

(5) 增加元数据。按表1元数据结构,定义修改后各相关路的元数据。

以上相关路的操作在不考虑与本路的拓扑关系时,也可视为自身旧路改线操作。

3.1.2 西统路旧路改线(2001-09-19)

3.1.2.1 本路操作

(1) 废弃旧路元数据。

(2) 废弃旧路道路交叉点。废弃图1中西统路与北内环路交、西统路与雁密路交、西统路与南内环路交等。

(3) 废弃旧路路段。废弃图1中沿村中路—北内环路,北内环路—雁密路,雁密路—南内环路等路段。

(4) 增加规划道路交叉点。增加西统路与北内环路交新、西统路与雁密路交新及西统路与南内环路交新等(图2)。

(5) 增加规划道路路段。连接(4)中新增加的各规划道路交叉点(图2),增加了沿村中路—北内环路,北内环路—雁密路,雁密路—南内环路等路段(新南北走向的西统路)。

(6) 增加元数据。将终点发生变化后西统路的元数据按表1定义。

3.1.2.2 相关路操作

(1) 废弃旧路道路交叉点。废弃西统路与沿村中路交、西统路与北内环路交、西统路与雁密路交及西统路与南内环路交。

(2) 废弃旧路路段。废弃沿村中路—北内环路—雁密路—南内环路。

(3) 增加规划道路交叉点。增加西统路与北内环路交新、西统路与雁密路交新及西统路与南内环路交新。

(4) 增加规划道路路段。增加了沿村中路—北内环路—雁密路—南内环路(新南北走向的西统路)。

3.1.3 西统路旧路改元数据(2002-11-22)

(1) 废弃西统路旧路元数据。

(2) 增加元数据。按表1元数据的数据结构,定义道路展宽后西统路的元数据。

如果西内环路、东外环路、东内环路、西外环路、北内环路、西统路、雁密路及南内环路的路标识为1~8,以上更新维护的删除目标记录和增加目标记录见表5、表6。

3.2 时间对象生成操作

同类型时间对象运算符包括:加(+)或并(U)、积($\times$)或交(I)、减(-)或差(-)^[3]。如要找出2001年9月1日的规划路至2002年12月31日规划路的变化状况,首先通过表4找出2001/09/01~2002/12/31删除的时空目标集合 S_1 ,再通过表5找出2001/09/01~2002/12/31增加的时空目标集合 S_2 ,最后集合 S_2 与 S_1 的差,即2001年9月1日的规划路至2002年12月31日规划路的变化描述。

3.3 时空对象时态关系操作

时空对象的时态关系操作包括时态拓扑关系操作、时态方向关系操作和时态距离关系操作^[3]。

(1) 时态拓扑关系操作。时态拓扑关系操作包括 disjoint()、meet()、overlap() 和 cross in() 等^[3]。求与北内环路 meet 的规划道路是 meet() 时态拓扑关系操作的一个应用。在表3中查出北内环路是2001/08/30新增的一条道路,之后该路没有废弃旧路的操作,因此,与北内环路 meet 的规划道路就是所有2001/08/30以前已存在且2001/08/30未被废弃的规划道路和2001/08/30以后新增规划道路的和。

(2) 时态方向关系操作。时态方向关系操作包括 last()、next()、before() 和 later() 等^[3]。找出北内环路存在前的规划道路是 before() 时态方向关系操作的一个实例。在表5中找出北内环路的新增时间是2000/08/30,因此基态时(2000年初)存在的所有道路为所求。

(3) 时态距离关系操作。时态距离关系操作包括 earlier() 和 later()^[3]。找出北内环路出现1周后规划路有哪些变化是时态距离关系操作的一个实例。在表3中查询得到北内环路的新增日期是2000/08/30,这个日期1周后的日期是2000/09/06,在表4、表5中查出删除或增加时间晚于2000/09/06的规划道路名称及变更情况:5-北内环路旧路改线(2001/09/19),6-西统路旧路改线(2001/09/19)及旧路改元数据(2002/11/22),7-雁密路旧路改线(2001/09/19),8-南内环路旧路改线(2001/09/19)。

3.4 与时空复合模型的对比

如果采用时空复合法,规划道路中线的时空模型可用不带版本号的形式(1)定义,对应表1~3的结构,应增加各目标的生命区间数据项(起始时间和终

止时间)。表 1 ~ 3 将时间作为空间目标的属性存储,这样表 4 就失去了存在意义。如果时空数据仍用现状库和历史库来组织,则面向对象法与时空复合法的对比如表 7 所示。

表 7 面向对象与时空模型与时空复合模型的对比

方法	完整性	时空表达	表个数	表结构	记录数	空间信息冗余	时态信息冗余	空间查询	时态查询	数据恢复	变化原因	维护
面向对象	好	好	多	属性项少	较少	较少	少	简单	方便	简单	有	简单
时空复合	较差	较差	少	属性项多	较多	较多	多	简单	复杂	较复杂	无	复杂

4 结 论

规划道路中线是由规划道路交叉点、规划道路路段及元数据构成的复杂对象。本文发展了面向对象的规划道路中线时空数据模型,给出了某个时态规划路中线的数据模型定义、组成元素表结构定义以及表示规划道路时空变化记录信息的表结构。该模型既具有充分利用 GIS 已有的空间分析和方便实现时态分析的功能,也具有数据维护和历史数据恢复方便简单、空间信息没有冗余、时态信息冗余小和能表达变化原因等特点。根据文献[3],复杂实体由若干个简单实体聚合而成,本方法完全可以应用于其它类型的空间地物建立时空模型。其方法是:首先,将要建立时空模型的空间地物分解成简单的点、线、面实体元素及元数据信息;然后,定义这些实体元素的空间信息和属性信息,并用这些实体元素取代表 4 中的‘交叉点’、‘路段’和‘元数据’中的一个或多个字段;最后,用文中第 2 节的方法管理组织这些时空数据。

参考文献

[1] 于 峰. 时空数据模型的研究及其在时空地图可视化系统中的应用[D]. 北京 中国地质大学,2003.

[2] Langran G. Time in Geographic Information System[D]. University of Washington, 1989.

[3] 舒 红,陈 军,杜道生,等. 面向对象的时空数据模型[J]. 武汉测绘科技大学学报,1997,22(3) 222 ~ 227.

[4] MA Jing - song. An Object - relational Model for Spatiotemporal Database[A]. Proceedings of CPGIS Conference[C]. Hong Kong, 1998.

[5] Peuquet D J, Duan N. An Event - based Spatio - temporal Data Model (ESTDM) for Temporal Analysis of Geographical Data[J]. Int. J. Geographical Information Systems, 1995,9(1) 7 - 24.

[6] Langran G. A Review of Temporal Database Research and Its Use in GIS Applications[J]. Int. J GIS,1989,3(3) 215 - 232.

[7] Worboys M F. Object - oriented Models of Spatio - temporal Information[J]. The Computer Journal, 1994. 37(1) 26 - 34.

[8] 张保钢,秦秀秀. 北京市规划道路管理查询系统的设计与实现[J]. 国土资源遥感,2004(3) 69 - 72.

[9] 张保钢,王润生,高 莉. 点状地名的时空数据模型[J]. 国土资源与遥感,2005(4) 82 - 85.

AN OBJECT - ORIENTED SPATIO - TEMPORAL DATA MODEL FOR PLANNING ROAD CENTERLINES

ZHANG Bao - gang¹, WANG Run - sheng^{2,3}

(1. Geographic Information Center, Surveying and Mapping Institute of Beijing, Beijing 100038, China ;2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China ;3. China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land & Resource, Beijing 100083, China)

Abstract : This paper has reviewed two kinds of spatio - temporal data models, namely, space based and time based ones. The authors developed an object - oriented spatio - temporal data model for planning road centerlines, and realized querying and updating of objects in the planning of road centerline. This model can make use of exist-ent GIS functions on spatial analysis and extend functions of temporal analysis. It can preserve data and restore his-torical data conveniently. There exists no redundant spatial information and very little redundant temporal informa-tion. The variation reason can also be expressed with the model.

Key words : Geographical Information System ; Spatio - temporal data model ; Object - oriented

第一作者简介:张保钢(1965 -),男,高级工程师,现主要从事地理信息系统研究与开发工作。

(责任编辑:刁淑娟)