

技术方法

交通地理信息系统中的时空动态分段模型研究

董传胜¹, 郑伟安¹, 凌晓春¹, 张拥军¹, 钟全宝¹, 孟大鹏², 张金营¹

(1. 山东省国土测绘院, 山东 济南 250102; 2. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250013)

摘要: 动态分段技术是交通地理信息系统(GIS-T)中一项重要的线性要素动态显示与分析技术, 该文提出了一种时空动态分段模型, 使动态分段系统的组成成分融入时态因素, 并将属性的时态信息作为属性信息表的字段存储, 通过时态地理信息系统技术完成物理段的时态变化。利用统一建模语言(UML)的类图设计方式开发了物理模型, 描述了时空动态分段模型中对象之间的关系, 并定义了必要的属性和操作; 同时基于线性参照系统(LRS)表达空间实体的方法, 概括了模型中所涉及到的主要拓扑关系。实验表明, 时空动态分段模型弥补其他模型将时空参考分为时间参考和空间参考所产生的不足, 而且更明确地将多重属性和物理实体有机结合起来。

关键词: 时空动态分段; 交通地理信息系统; 统一建模语言; 线性参照系统; 拓扑关系

中图分类号: P208; U12

文献标识码: B

引文格式: 董传胜, 郑伟安, 凌晓春, 等. 交通地理信息系统中的时空动态分段模型研究[J]. 山东国土资源, 2017, 33(5): 73-77. DONG Chuansheng, ZHENG Wei'an, LING Xiaochun, etc. Study on Spatio-temporal Dynamic Segmentation Model Research in Traffic Geographic Information System[J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(5): 73-77.

0 引言

随着智能交通系统(ITS)研究的不断深入, 交通地理信息系统(GIS-T)已成为地理信息系统应用研究的一个热点。作为关系数据模型的弧段-节点模型, 其对交通地理信息系统的线状要素的静态分段表达存在着许多明显的缺陷^[1-2]; 基于现实交通实体和逻辑的交通实体之间关系的动态分段思想^[3], 本质是建立在弧段-节点数据结构上的一种抽象方法, 形成动态段与弧段-节点模型的映射关系^[4-5]。在GIS-T中还存在另外一种模型, 即面向对象的数据模型, 例如线性参照模型(LRS)和GIS-T企业数据模型^[5-8], 但是利用面向对象数据模型实现动态分段的研究却很少。

以上对动态分段的研究都是空间形态基础上的模型实现, 并未考虑时态因素, 兼顾线性参考模型与时态数据模型的时空动态分段模型研究较少^[9]。有的研究者在符合对象数据库管理组标准的对象数据库中, 利用参数多态性机制, 建立了时空动态分段方法, 并且在GIS环境利用面向对象语言实现了该

模型和查询机制^[10-12]; 有的研究者针对对象关系数据库特性, 依据作为事件存储的路径的分段属性在时间上也是分段的特性, 设计了一种实现支持对象关系模型的时空动态分段模型^[13]; 有的研究者将时间维加到传统的GIS坐标维中, 在三维地理信息系统下应用动态分段技术^[14]; 也有研究者提出利用分解时间区段的方法实现时空动态分段^[15-21]。

该文在已有研究的基础上, 充分考虑了交通信息特点和目前的GIS技术以及时空数据库技术, 通过提供一种解决常规动态分段中时态问题的方法, 利用UML语言建立了一种时空动态分段模型, 表达了模型中的时空拓扑关系, 通过实验验证时空动态分段模型的可靠性和优越性。

1 时空动态分段模型

在对象-关系数据库里, 时空动态分段技术是在线性参考模型的技术上, 动态地计算出属性数据的空间位置并进行显示、分析, 这里涉及的时态因素主要是保证路网要素(例如: 弧段、结点)空间拓扑关系的时态一致性, 同类属性信息(例如: 路面状况、

收稿日期: 2016-10-17; 修订日期: 2017-02-03; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 董传胜(1966—), 男, 山东济宁人, 工程师, 主要从事海洋测量与应用、GPS数据获取与处理工作; E-mail: 1748822484@qq.com

路面速度)的时态一致性,属性信息与路网空间拓扑的时态一致性。基于以上原则,扩展 Arc/Info 动态分段数据模型——由 arc, route 和 event 构成,提出一种时空动态分段模型。

1.1 概念模型

在 GIS-T 中,线性参照模型将空间表达由二维坐标系统降解为移位的参照点-位移表达系统。时间作为一维,结合一维的空间维形成新的二维表达系统。对于空间对象(路段)的时态一致性可以借鉴时态 GIS 技术(例如时间快照或基图修正模型)实现,对于属性数据,可以将时间作为属性数据的一个字段进行存储与表达。

时空动态分段的概念模型如图 1 所示,每个时刻存储当前时刻的动态分段状态,图中所示不同物理路段,在 T1~T4 不同时段显示的物理路段基于某属性变量的动态分段情况:T1~T2 时刻,物理路段不变但参照属性发生了变化,故动态分段的结果产生了变化;T2~T3 时刻,参照属性没有发生变化,但是物理路段发生了变化;T3~T4 时刻,不仅参照属性发生了较大变化,而且物理路段也发生了变化。图 1 示例了不同时刻动态分段的情况。时空动态分段物理模型所表示的二维表达系统符合目前流行的关系型数据库结构,便于存储和管理。

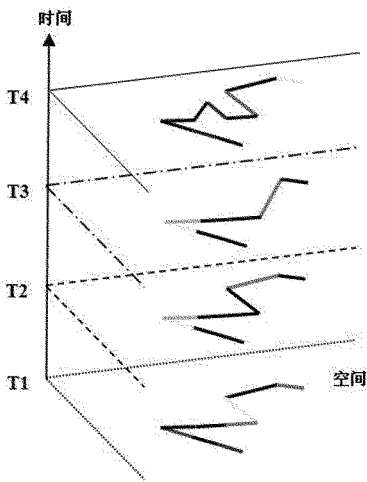


图 1 概念模型示意图

时空动态分段中空间、属性和时间之间的细化组成逻辑关系,如图 2 所示,由属性系统、空间系统和测量系统组成。属性系统根据事件的特点并结合时态特征分为时态点事件、时态线事件和时态连续事件。空间系统具体包括符合线性参照系统的节点

和弧段,顾及时间的空间实体表达可以借鉴时态地理信息系统模型,该文采用基图修正时空数据模型。结合属性系统和空间系统的测量系统由时空段、时空路径和时空路径系统组成;其中时空路径由时空段组成,时空路径系统由时空路径组成。

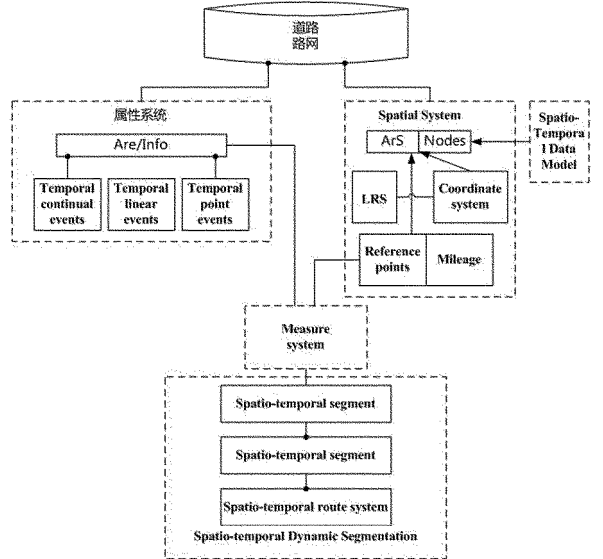


图 2 时空动态分段图

1.2 逻辑模型

逻辑模型是介于概念模型和物理模型之间的中间层,主要是根据概念模型中定义的数据实体及其相互关系,为物理模型的数据组织提供确定的逻辑表达。基于对象关系数据库“直接支持空间对象的定义和存储”的特点,利用 UNL 设计了时空动态分段模型,如图 3 所示。在概念模型中的连续时态事件(其在笛卡儿坐标系内表示为面而在 LRS 内表现为连续的线)在逻辑模型中同样表示为时态线事件,并在某些数据集中定义了必需的属性字段和操作。

时空动态分段模型中的各路径通过关键字(ID)关联与区分,长整型(long),各路径共同构成路径系统,一个路径系统由多于 1 个的时空路径组成。1 个时空路径又由多于 1 个的时空路段组成,每个时空路段利用关键字(ID)进行区分,长整型(long);此外,时空路段还包括起始和终止里程和里程点等,4 个属性均为双精度型(double),路段的相交、相差、合并、叠置和连接等方法。时空路段和时态点事件、时态线事件和时态连续事件分别是 1 对 1 的关系。时态点事件包括关键字(ID)、位置(Location)、属性信息和时间标识(Date);时态线事件以及表示

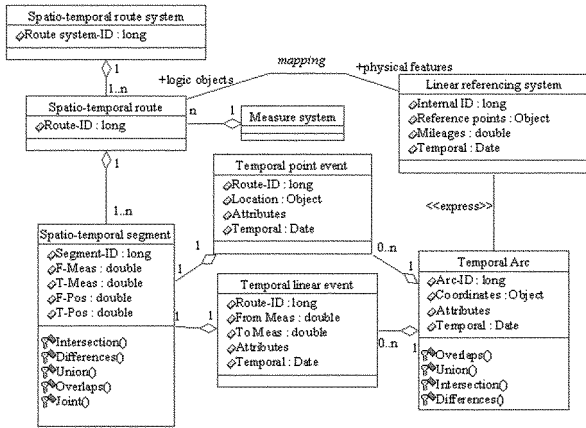


图 3 逻辑模型示意图

时态连续事件的时态线事件包括关键字 (ID)、起始里程 (double 型)、终止里程 (double 型) 属性信息和时间标识 (Date)。时态事件 (大于等于 0 个) 最终要落实在时态物理路径上, 物理路径基于线性参照系统与时空路径进行关联, 动态分段中的物理路段映射包括关键字 (ID)、空间坐标、属性信息和时间标识 (Date); 此外还包括叠置、合并、相交、相差等操作。线性参照系统包括关键字 (ID)、参照点、里程和时间标识 (Date); 通过地图映射, 将物理的线性参照系统和逻辑的时空路段关联起来, 形成完整的时空动态分段系统。

1.3 拓扑关系

模型设计过程中, 考虑到时空动态分段中的拓扑关系不同于 GIS 中空间数据的拓扑关系, 动态分段技术主要是显示和分析空间实体上的多重数据, 因此主要是指逻辑上的属性段之间的关系, 而空间物理段可以有 LRS 系统表达。此处所指的拓扑关系就可简化为 2 个或者多个逻辑线段之间的空间关系, 它除了形象的描述相对关系外, 在许多分析中例如查询分析中也显得很重要, 如图 4 所示。

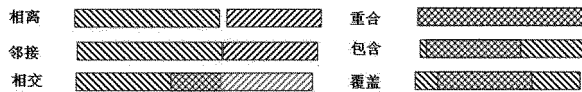


图 4 模型空间拓扑关系示意图

图中表示的空间拓扑关系是指某时刻的 2 个或多个逻辑段之间具有的空间关系, 各时刻间的空间关系通过时间标识进行区分。借鉴 GIS 拓扑关系的组织结构进行逻辑组织和物理存储。相离是指 2 个逻辑段之间不存在交集, 即期间具有一个或多个其

他逻辑段; 重合是指 2 个或多个逻辑段的空间范围完全一致, 其空间范围存在等于的关系; 邻接表示 2 个逻辑段具有空间上的相邻边, 这种拓扑关系是最常用的空间关系; 包含是指一个逻辑段在另一个逻辑段以内, 其空间范围存在大于或小于的关系; 相交表示 2 个逻辑段存在部分空间范围重合情况; 覆盖是一种特殊的包含关系, 其含义表示一个逻辑路段的部分被另一逻辑路段取代。

上述总结的时空动态分段是存在的可能基本情况, 复杂的空间关系可以通过基本拓扑关系组合。拓扑关系不仅能够分析某时刻逻辑段标示的属性分布情况, 而且能够获得不同时刻的属性变化情况, 其利用实例较多, 诸如实时道路车流量显示。

2 实例分析

以某城市道路为例构建基于交通车流量的时空动态分段, 车流量密度等级分为畅通、缓行、拥挤 3 个等级。该实例中仅涉及时态线事件, 即逻辑时空路段关系表只和时态线事件表呈一一对应关系, 所构建的逻辑关系如表 1、表 2、表 3 所示。

表 1 逻辑时空路段关系

Segment - Id	Arc - Id	F - Meas	T - Meas	F - Pos	T - Pos
30001	00010	0	200	N0001	N0010
30002	00010	200	500	N0011	N0026
30010	00011	0	300	NT001	NT013
30011	00011	300	800	NT014	NT033
.....

表 2 时态线事件

Event - Id	Segment - Id	F - Meas	T - Meas	Attributes	Date
203500	30001	0	200	畅通	20161010
203501	30002	200	500	缓行	20161010
204500	30010	0	300	缓行	20161015
204501	30011	300	800	拥挤	20161015
.....

表 3 物理路段关系

Arc - Id	RoadName	Date	Coordinate - Id
00010	北 1 路	201610100800	10025
00011	北 2 路	201610151700	10026
.....

从上述描述可以看出,北1路在2016年10月10日8:00时刻,距离NO001节点200m范围内道路处于畅通状态,距离NO001节点200~500m路段道路处于缓行状态,且该道路只有2个动态段。北2路在2016年10月15日17:00时刻,距离NT001节点300m范围内道路处于缓行状态,距离NT001节点300~800m路段道路处于拥挤状态,且该道路只有2个动态段。

3 结论

(1)在GIS-T中,LRS使空间数据表达更符合现实交通要素的特点,而动态分段技术是在LRS的基础上彻底解决了多属性的显示和分析。充分分析了当前动态分段研究的现状和存在的不足,进一步指出了时态信息在GIS-T的必要性,在已有研究基础上,设计了一种新的时空动态分段模型,阐述了其概念模型和逻辑模型,简要描述了所涉及到的拓扑关系。

(2)在概念模型中,利用动态分段系统的组成成分融入了时态因素,并通过动态分段系统将物理弧段和逻辑弧度(属性信息)有机的结合,提出空间实体和属性信息分别融入时态表,将属性的时态信息作为属性信息表的字段存储,而物理段的时态变化通过TGIS技术完成。这种设计模式能够高效的应用于GIS-T的导航地理空间数据库,因为实际应用过程中物理路段的时态变化相对变化频率较少,而属性信息的变化较频繁。在物理模型中,利用UML的类图设计方式,描述了时空动态分段模型中的对象之间的关系,并定义了必要的属性和操作,给予LRS的一维表达空间实体的方法,概括了模型中所设计的拓扑关系。

(3)相比BO GUO,BO HUANG,SHEN等人的研究,该文克服了纯关系型和纯面向对象性数据模型的限制,设计的基于对象-关系型时态动态分段模型更符合目前数据库的技术,模型充分将时态信息融入传统的动态分段模型,将多重属性和物理实体有机结合起来。

参考文献:

[1] 乔彦友,武红敢.地理信息系统中动态分段技术的研究[J].环

境遥感,1995,10(3):211-216.

- [2] 沈婕,闫国年.动态分段技术及其在地理信息系统中的应用[J].南京师大学报(自然科学版),2002,25(4):105-109.
- [3] FLETCHER D. Modeling GIS transportation networks [A]//In Proceedings of the URISA Annual Conference [C]. Washington, D.C.,1987,(2):84-92.
- [4] 张青年.线状要素的动态分段与制图综合[J].中山大学学报(自然科学版),2004,43(2):104-107.
- [5] DUEKER K J, BUTLER J A. GIS - T enterprise data model with suggested implementation choices [J]. Portland: Portland State University, 1997.
- [6] 赵玲,谢树春,汤井田.动态分段思想在 MapInfo 中的实现[J].测绘学报,2005,34(2):175-178.
- [7] 李军利,查良松,王中.动态分段思想在公路地理信息系统中的实现[J].测绘与空间地理信息,2006,29(1):67-70.
- [8] 王超,王泉,秦前清,等.动态分段技术在GIS-T中的应用研究[J].测绘信息与工程,2008,33(2):41-42.
- [9] 李清泉,左小清,谢智颖. GIS - T 线性数据模型研究现状与趋势[J].地理与地理信息科学,2004,20(3):31-35.
- [10] HUANG B. An object model with parametric polymorphism for dynamic segmentation [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2003, 17(4): 343-360.
- [11] GUO B, KURT C E. Towards temporal dynamic segmentation [J]. GeoInformatica, 2004, 8(3): 265-283.
- [12] 郭鹏,陈晓玲. GIS - T 中时空动态分段及其对交通事件的表达[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2008, 33(4): 422-425.
- [13] 申排伟. 多模式城市交通网络智能化 GIS 模型与实现 [D]. 北京: 中科院地理科学与资源研究所, 2005: 90-110.
- [14] YU Hong-bo. Spatio-temporal GIS design for exploring interactions of human activities [J]. Cartography and Geographic Information Science, 2006, 33(1): 3-19.
- [15] LIU Yue-feng, ZHANG Xin, ZHENG Jiang-hua. Data model for moving objects to support intelligent vehicle navigation [A]// 2006 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium [C]. USA, 2006, (6): 2892-2894.
- [16] 余江峰,冯学智,都金康.时空数据模型的研究进展评述[J].南京师大学报(自然科学),2005,14(3):259-267.
- [17] 蒋捷,韩刚,陈军.导航地理数据库[M].北京:科学出版社,2003:63-80.
- [18] 郑伟安,陈传河,孟大鹏.全数字摄影测量方法在地理信息数据更新中的应用[J].山东国土资源,2012,28(6):37-40.
- [19] 仇海玲,杨立国,初晓炜. ArcGIS10.1 地理信息系统在地理国情普查项目中的应用[J].山东国土资源,2015,31(9):82-85.
- [20] 张鹏,韦通,李庆永,等.省市级基础地理信息框架数据联动更新探究[J].山东国土资源,2016,32(11):65-69.
- [21] 沈雪华,姚春彦.基于 Google Earth 的地质调查数据管理和三维显示[J].地质学刊,2015,39(2):243-246.

Study on Spatio – temporal Dynamic Segmentation Model Research in Traffic Geographic Information System

DONG Chuansheng¹, ZHENG Wei'an¹, LING Xiaochun¹, ZHANG Yongjun¹, ZHONG Quanbao¹, MEMG Dapeng², ZHANG Jinying¹

(1. Shandong Land Surveying and Mapping Institute, Shandong Jinan 250102, China; 2. No.1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250102, China)

Abstract: Dynamic segmentation is an important technique in the dynamic analysis, displaying of linear features in Geographic Information System for transportation. In this paper, a spatio – temporal dynamic segmentation model has been put forward. Dynamic segmentation system will be merged into temporal factor, and the temporal information in the attribute tables as a field will be restored, and the temporal maintenance of physical arcs by temporal GIS techniques will be reconciled. In the logic model, the relationships between objects in spatio – temporal dynamic segmentation model are provided and the necessary attribute fields and operations are defined according to the class diagram in Unified Modeling Language. The topologic relations related to the spatio – temporal dynamic segmentation model are also introduced based on the one – dimension expression of the linear reference system. Experimental results show that the spatio – temporal dynamic segmentation model make up the other models defects of divided spatio – temporal segmentation mode into time reference and space reference, and combine the multiple attributes with physical entities.

Key words: Spatio – temporal dynamic segmentation; traffic geographic information system; unified modeling language; linear reference system; topological relations