

一种基于过程的动态时空数据模型*

张 丰^{1,2}, 刘仁义¹, 刘 南², 齐同军^{1,3}

(1. 浙江大学地理信息科学研究所, 浙江 杭州 310027;

2. 浙江省资源与环境重点实验室, 浙江 杭州 310028;

3. 杭州市城市管理行政执法信息中心, 浙江 杭州 310003)

摘 要: 通过对土地利用时空对象变更的考察, 指出纯粹以事件或事件序列方式构建的时空数据模型在时空要素关联和事件因果关系表达上存在的不足, 提出以过程为核心的时空数据模型 PBSTDM。该模型能反映时空对象的演变过程, 以及在这个过程中产生的事件因果联系。给出了该模型的数据组织体系, 以及基于此模型在土地利用更新调查中的应用系统实例, 表明该模型能减少数据访问的复杂度, 提高时空数据处理的效率。

关键词: 时空数据模型; 事件; 时空过程; 土地利用

中图分类号: P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2008) 02-0123-04

时空数据建模是针对如何合理、有效地表达、记录和管理现实世界时空变化实体及其关系与行为的研究, 是 GIS 数据建模的前沿研究领域, 也是建立 TGIS 的重要基础。一个有效的时空数据模型必须具有数据存储冗余度低、支持各种复杂时空对象的构造、表达丰富的时空语义、兼顾检索效率和用户的应用要求等特点。数据模型的优劣将直接影响到空间数据库的数据查询、检索方式、速度和效率。

基于事件的时空数据模型是一种以时间作为组织基础的时空数据模型^[1], 一个对象在其生命周期里有不同的状态, 对象从一个状态变化到另外一个状态的过程产生事件, 事件不但是时空目标状态开始或终结的标志, 而且还是状态变化的原因。文献 [2-3] 提出了基于地理事件时变序列的时空数据模型, 文献 [4] 采用事件驱动的数据更新方式, 对原子事件进行语义抽取和编码、在事件表中定义事件之间的连锁关系和事件对实体的改变方式。文献 [5] 融入了空间对象的亲缘继承关系进行时空建模。Worboys^[6] 从本体论角度讨论了动态地理现象, 提出了一个空间和时间的纯过程理论, 为动态地理系统的面向事件和面向过程模型建立了基础。

然而, 现有时空数据模型主要基于时空笛卡尔积和事件认知理论, 缺乏完整的时空语义基础^[7]。

基于事件序列或时空变化序列的时空过程建模方法, 在一定程度上仍等同于事件序列建模。事件之间没有建立关联关系, 给事件的历史回溯和动态反演带来不便。本文将从土地利用要素变更出发, 建立一个基于过程的时空数据模型, 以弥补现有基于事件的时空数据模型在历史动态反演中存在的不足。

1 事件描述时空变化的局限性

在地理信息系统中, 真实世界通常被分离成独立的专题层表达, 每个层都对应诸如土地利用、土壤类型、植被带、宗地等专题。然而, 在地理空间中各类事物并不是孤立的, 而是彼此之间有联系的^[8]。

图 1 示意了土地利用要素变更中的征地事件, 在征地过程中引发了多个事件的发生。征地是这一系列事件发生的起源, 这里称之为源发性事件。由这一源发性事件引发了地类图斑、线状地物、零星地物的变更。对于图 1 中所显示的变化, 如果将这一变化静态地描述成地类图斑分割、线状地物分割、地类图斑合并、线状地物删除以及零星地物属性变化等多个独立事件, 虽然能记录所发生的所有变化, 但是因为没有体现这些事件之间的时空拓扑联系, 难以实现历史回溯和相关要素的动态反演。

* 收稿日期: 2007-08-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40571123); 国家 863 基金资助项目 (2007AA12Z182, 2007AA12Z200); 博士后基金资助项目 (20070421161); 浙江省重大攻关基金资助项目 (2007C23G20102); 浙江省教育厅基金资助项目 (20070004)

作者简介: 张丰 (1977 年生), 女, 博士后; E-mail: zfcarnation@zju.edu.cn

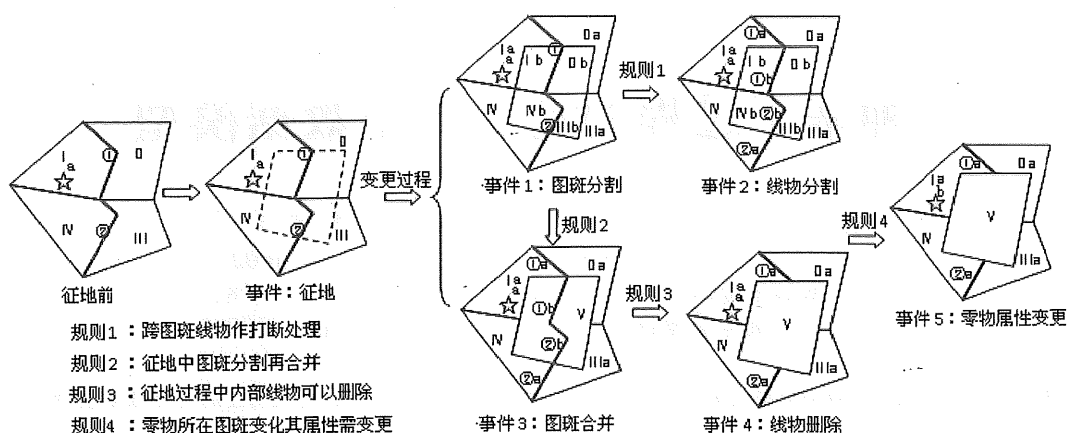


图 1 征地事件

Fig. 1 Land Expropriation

2 基于时空过程的动态时空数据模型

基于过程的动态时空数据模型 (Process-based Spatio-temporal Data Model PBSTDM) 将过程作为时空对象, 设计和实现时空过程、时空对象特征和时空行为的动态数据组织和管理技术。

2.1 时空过程

现实世界的实体变化, 如一次街道的整体拆迁工程、污染的扩散、城市道路的变迁皆为相关实体演变发展的时空过程。时空是物质、能量、信息的数量、强弱及过程在地理范畴中的存在形式。过程是虚拟物质能量的形态、结构、过程、关系、功能的分布方式和分布格局在时空中抽象的动态图景, 或信息在时空的消演化^[9]。时空过程反映着对象状态变化的因果序列, 时空数据建模既要表达空间实体及实体间的空间关系, 也要表达实体间的事件关联关系。

变化是时空过程的核心, 对地理现象的研究要着眼于时空过程而不是当前所重点研究的对象集合及对象之间的关系。时空过程是由基于分类或抽象所得到的逻辑上相连的事件序列, 对事件的定义依赖于不同的空间、时间和属性尺度。时空过程实质上是一系列沿时间轴的时空目标的演变过程, 包括量变和质变, 而时空变化包括沿时间轴的空间变化、拓扑变化和属性变化。

2.2 物理存储模型

PBSTDM 以时空过程为核心, 对时空对象、时空因果联系、时空约束关系和时空演变关系进行表达。物理存储模型表达了数据在数据库中的存贮和组织方式, 是构建时空对象数据模型的基础。

图 2 显示了基于过程的时空数据物理存储方式, 通过这 6 张表说明如何存储时空变化过程。这

6 张表分别是: ① 过程表, 记录时空过程基本信息; ② 事件表, 记录时空变化过程中所发生的事件; ③ 关系表, 建立事件中发生变化要素的变化前后关系, 该关系表维系着事件和要素特征表之间的关联; ④ 特征类基表记录了各类要素的现状, 即变化后的信息; ⑤ 特征类历史表记录要素历史信息, 即变化前信息; ⑥ 时空索引表, 建立整个数据库的时空索引。

时空索引是时空数据结构的重要组成部分, 为基于位置、形状、时间相关参数的时空对象的信息提取提供了有效手段。将整个数据按时空分布聚集状态划分为不同的时空分区, 不同的对象归入到不同的时空分区内, 一般规则为生命周期相近、空间上聚集于同一区域的所有时空对象归入某一时空分区, 并标识每一对象的时空分区编码。特征类基表和历史表中均有时空索引码。时空索引码对应于时空索引表中的索引键, 每个索引键是由空间索引码和事件索引码组成的唯一索引码。

3 应用实例

在 PBSTDM 的时空过程表达中, 时空对象与事件紧密联系, 时空对象某个状态的起始时刻和终止时刻都可间接地由引起该对象状态变化的事件对象发生时刻来表达。因此, 该模型适合于地理事件与空间对象状态因果关系的推理, 例如空间对象发生变化前后父子对象关系的双向查询。

PBSTDM 在浙江省土地利用现状管理信息系统 (LandEx) 中得到了实现。系统基于 Oracle 数据库平台, 采用 VC++6.0 开发语言及 COM 控件技术, 内置时空数据模型, 采用自主开发的数据库引擎 Dblink 和 ArcSDE 双引擎机制, 动态管理土地利用数据。全面实现所有地理要素的历史管理, 实时追

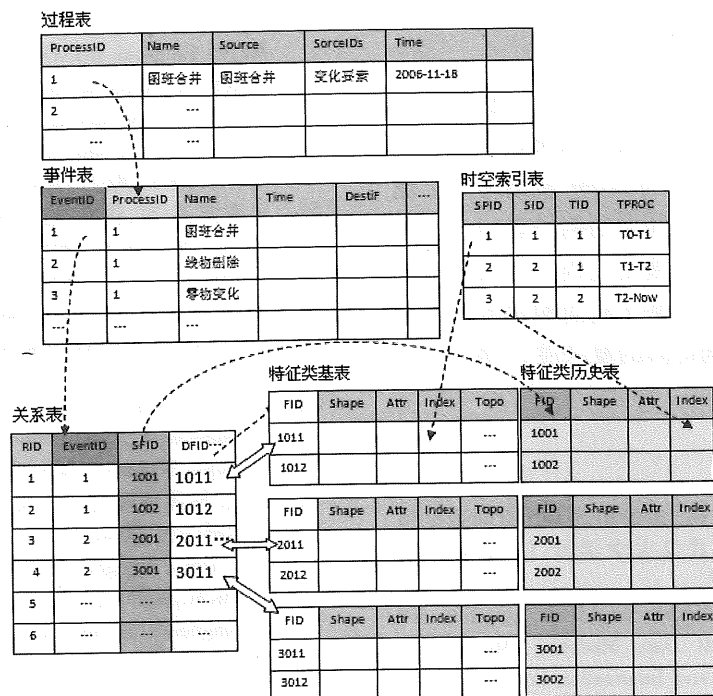


图2 物理组织图

Fig. 2 Physical organizations of feature classes

踪地类图斑、权属单位、线状地物等要素特征类的历史变迁。

图3显示LandEx系统打印1:10000土地利用现状分幅图。图4为某区域土地利用现状要素的符号化显示。

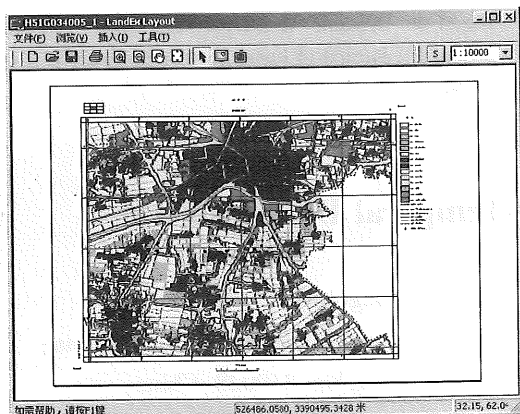


图3 土地利用现状分幅图

Fig. 3 Sheet cartography of land use

时空过程设计和时空数据结构是处理土地利用管理信息系统中各类地理要素间时空拓扑关系的关键。PBSTDm是提高时空数据存储、检索效率的有效方法。

图5显示某图斑要素从子对象回溯父对象的“族谱”式回溯:图斑060010010002-3由历史图斑060010010002-1和060010010002-2合并而成。而060010010002-1又由图斑060010010002

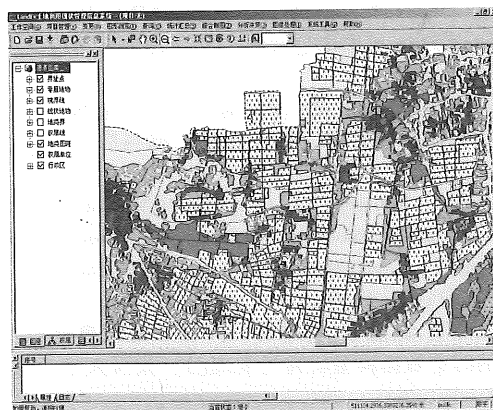


图4 土地利用现状要素符号化显示

Fig. 4 Symbolization of land use features

分割而成,图中选择显示了历史图斑060010010002-1的图形和属性信息。

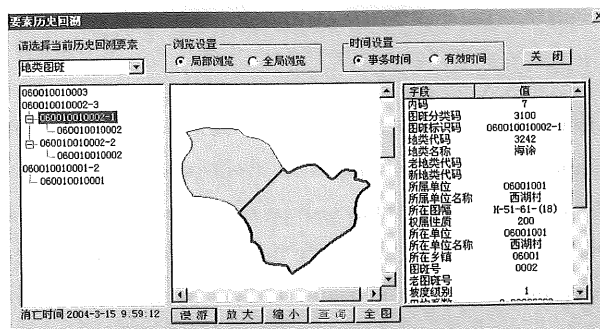


图5 地类图斑历史回溯

Fig. 5 History trace of land parcel

4 结 论

本文研究以时空过程为核心的时空现象表达,重点是时空过程、时空对象、时空因果联系、时空约束关系和时空演变关系。PBSTDM模型用于土地利用数据库设计及应用系统开发的例子表明,该模型能够全面反映时空对象的演变过程,以及这个过程中产生的各种因果关系。基于此而构建的时空数据组织体系可以减少数据访问的复杂度,提高时空数据处理的效率。

参考文献:

- [1] 陈军,李志林,蒋捷,朱庆. 多维动态 GIS 空间数据模型与方法的研究[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2004,29(10):858-862.
CHEN Jun, LI Zhi-lin, JIANG Jie, et al. Dynamic and Multi-dimensional Spatial Data Modeling: Models and Methods[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2004, 29(10):858-862.
- [2] 林广发,冯学智,王雷. 以事件为核心的面向对象时空数据模型[J]. 测绘学报, 2002,31(3):71-76.
LIN Guang-fa, FENG Xue-zhi, WANG Lei. An Event-centric Object Oriented Spatio-temporal Data Model[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2002, 31(3):71-76.
- [3] 郑扣根,谭石禹,潘云鹤. 基于事件对象的时空数据模型的扩展与实现[J]. 计算机工程与应用, 2001:45-61.
ZHENG Kou-gen, YU Qing-yu, PAN Yun-he. Extension and Implementation of Spatio-temporal Model Based on Event[J]. Computer Engineering and Applications, 2001, 37(3):45-47, 61.
- [4] 孟令奎,赵春宇,林志勇,等. 基于地理事件时变序列的时空数据模型研究与实现[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2003,28(2):202-207.
MENG Ling-kui, ZHAO Chun-yu, LIN Zhi-yong, et al. Research and Implementation of Spatio-temporal Data Model Based on Time-varying Sequence of Geographical Events [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2003, 28(2):202-207.
- [5] 王春波,张军,蒋涛. 基于事件的时空数据模型应用研究[J]. 测绘科学, 2005,30(2):67-70.
WANG Chun-bo, ZHANG Jun, JIANG Tao. Application and research of an event-based spatio-temporal data model [J]. Science of Surveying and Mapping, 2005, 30(2):67-70.
- [6] WORBOYS M F. Event-oriented approaches to geographic phenomena[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2005,19(1):1-28.
- [7] 舒红. 整体地理时空语义[J]. 黑龙江工程学院学报:自然科学版, 2006,20(4):10-13.
SHU Hong. Integrated spatio-temporal semantics of geographical position, motion, and dynamics[J]. Journal of Heilongjiang Institute of Technology, 2006, 20(4):10-13.
- [8] MATTHEW Y, PANG C, SHI W Z. Development of a process-based model for dynamic interaction in spatio-temporal gis[J]. GeoInformatic, 2002, 6(3):323-344.
- [9] 苏奋振,周成虎. 过程地理信息系统框架基础与原型构建[J]. 地理研究, 2006,25(3):477-484.
SU Fen-zhen, ZHOU Cheng-hu. A framework for Process Geographical Information System [J]. Geographical Research, 2006, 25(3):477-484.
- [10] 张丰,刘仁义,刘南. 基于动态多级基态修正模型的 TGIS 研究[J]. 中国图象图形学报, 2004,9(11):1369-1375.
ZHANG Feng, LIU Ren-yi, LIU Nan. A Study on TGIS Based on Dynamic Multilevel Base State with Amendments[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(11):1369-1375.

A Process-Based Dynamic Spatio-Temporal Data Model

ZHANG Feng^{1,2}, LIU Ren-yi¹, LIU Nan², QI Tong-jun³

(1. Department of Geographic Information Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Zhejiang Provincial Keylab of GIS, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China;

3. Hangzhou Urban Management Administrative and Law Enforcement Information Centers, Hangzhou 310003, China)

Abstract: An inspection of the change of landuse features was performed to evaluate the deficiencies of the spatio-temporal data models based on event or sequence of events. It is difficult to describe the relations of spatio-temporal objects and causal relationships of events with these models. A Process-Based Spatio-Temporal Data Model (PBSTDM) is established to satisfy this demand. The model can retain the evolution characteristics of spatio-temporal objects and reflect the cause and effect events involved in the process. An organization frame work of PBSTDM and a land use change management system -LandEx are worked out. It is proved that PBSTDM can facilitate the data access and advance the efficiency of spatio-temporal data processing.

Key words: spatio-temporal data model; event; spatio-temporal process; land use