

# 基于加权图的地籍时空数据描述模型研究

雷起宏<sup>1,2</sup> 刘耀林<sup>1,2</sup> 尹章才<sup>3</sup> 何建华<sup>1,2</sup>

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)  
(2 武汉大学教育部地理信息系统重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)  
(3 武汉理工大学资源与环境工程学院, 武汉市珞狮路 122 号, 430070)

**摘要:**以计算机通用的数据结构——图为基础, 研究了基于加权图的时空数据组织策略, 为表达时空语义提供了一种形式化的描述方法, 并分析了以该模型为中间件实现不同时空模型转换的应用前景。

**关键词:**时空数据模型; 宗地变化; 加权图

**中图法分类号:** P208; P273

时态地理信息系统组织的核心是时空数据库 (spatio-temporal database), 其概念基础则是时空数据模型<sup>[1]</sup>。当前, 时空数据模型的研究主要是在传统 GIS 矢量与栅格数据模型的基础上扩展时间维, 如快照序列模型、时空立方体模型、时空复合模型、基态修正模型、基于事件的时空数据模型等。同时, 结合具体的应用派生出了许多时空数据模型, 如地籍信息系统中基于宗地变化的扩展基态修正模型。由于时空数据的复杂性, 目前的时空数据模型难以兼顾时空语义表达与计算机组织存储, 规范化的时空数据模型还处在探索阶段。本文以计算机的通用数据结构——图为基础, 采用加权图描述时空数据。

## 1 地籍时空数据的特点

GIS 所产生的问题在很大程度上受数据模型的设计与数据表现方法的影响<sup>[2]</sup>。GIS 业界在时空数据模型上存在很大的分歧<sup>[3,4]</sup>, 这主要是因为: 各人对抽象语义的理解有所不同, 不同的现实世界观会导致不同的数据模型; 到目前为止, 人们对时空信息本身的认识还是分散的、经验性的和非形式化的, 这严重影响了数据模型的完备性。

目前, 规范化的时空数据模型还处在探索阶

段, 在时态框架下, 处理空间数据的方法很多, 但由于时态问题的复杂性, 针对不同的实际应用有不同的最佳方法<sup>[5]</sup>。大多数时空数据模型是传统数据模型的扩展, 难以表达时空语义。时态 GIS 的关键问题是建立合适的时间与空间联合的数据模型, 时空数据模型的建立依赖于时间的表示方法<sup>[6]</sup>。时间与空间有许多相似之处, 它们都可以分为对象与关系, 即空间包括空间对象与空间关系, 时间包括时间对象与时间关系。本文以地籍信息系统中的宗地变化为例(图 1)进行分析。

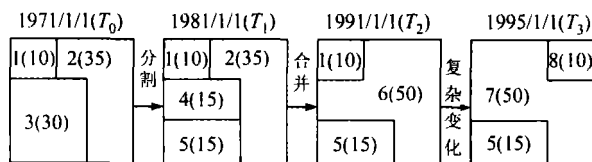


图 1 宗地变化过程

Fig. 1 Change Process of Land Parcel

如图 1 所示, 在  $T_0$  时刻, 数据库中保存有三个时空对象: Land1、Land2 与 Land3, 对应的面积分别为 10、35、30; 在  $T_1$  时刻, Land3 分割为 Land4 和 Land5, 其对应的面积分别为 15、15; 在  $T_2$  时刻, Land4 和 Land2 合并为 Land6, 面积为 50; 在  $T_3$  时刻, Land1 和 Land6 复杂变化为 Land7 和 Land8, 其对应的面积分别为 50、10。时空对象 Land3 与时空对象 Land4、Land5 之间存

在时空关系, 在空间上表现为相交关系, 在时间上表现为相遇关系, 可用时空链接图来描述其发展过程(图 2, 由文献[7]修改而来)。

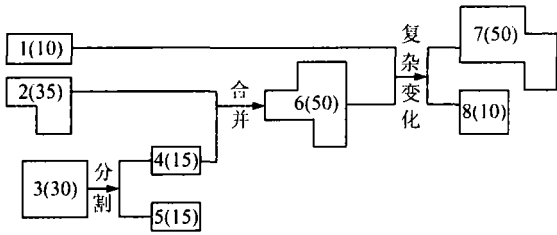


图 2 时空链接图

Fig. 2 Chart of Spatio-Temporal Link

## 2 基于加权图的时空模型

时空数据库系统是 GIS 中存储、管理与时空过程有关数据的基本子系统, 是模拟、分析和研究时空过程的基本设施条件, 而时空数据模型是时空数据库的基础, 是地理信息科学中的基本研究对象。加权图是在图论的基础上增加了权值, 基于加权图的时空数据模型是在基于图论的时空数据模型的基础上进行了扩展<sup>[8]</sup>。加权图的节点描述时空对象, 边描述时空关系, 边的权值表示边连接的两个宗地的面积比值, 权值为大于零的实数。时空数据模型是一种有效地组织和管理时态地理数据的属性、空间和时间语义更完整的地理数据模型<sup>[9, 10]</sup>。

图的节点所表示的时空对象由空间对象与时间对象复合而成, 其中, 空间对象表示在指定时间点或时间区间上有效的地物, 包括位置、形状、属性等(表 1); 时间对象描述空间存在的时间点或时间区间。图的边所表示的时空关系由空间关系与时间关系复合而成, 其中, 空间关系表示两个空间对象之间的联系, 时间关系表示两个时间对象之间的联系。

表 1 图的点与边的意义

Tab. 1 Signification of Point and Border in Map

时空图的元素	时空模型成分	时间上的意义	空间上的意义
节点	时空对象	时间点、时间区间	空间地物
边	时空关系	时态关系	空间关系

以地籍信息系统为例, 时空对象的空间成分表示宗地, 时间成分表示宗地变化的时间; 时空关系的空间成分表示宗地之间的空间相交关系, 时间成分表示宗地之间的时间相遇关系。由于每次空间变化都有新多边形对象的产生, 旧对象的消失, 新对象产生的时间就是旧对象消失的时间, 新

旧对象具有时间上的相遇关系, 同时在空间上具有相交关系, 因此, 每个多边形对象的生命周期可形式化描述为: 生命周期 = 后继多边形的开始时间 - 该多边形的开始时间。

一个多边形对象分割成多个新的多边形对象, 则新的多边形对象具有相同的开始时间, 并等于分割前的多边形对象的结束时间。同样, 几个多边形合并成一个多边形对象, 则这几个多边形具有相同的结束时间, 并等于合并后的多边形对象的开始时间。复杂变化是合并与分割的组合, 变化前的多边形对象具有相同的结束时间, 并等于变化后多边形的开始时间。

空间分析包括空间与非空间的查询, 时态分析包含时态与非时态查询<sup>[11]</sup>。基于图论的时空信息拓扑分析可直接通过查询图的拓扑边, 避免耗时的叠置分析, 提高了数据获取的速度。同时, 历史数据与现势数据易于分离, 便于数据的组织与存储。另外, 数据结构简单、统一, 便于不同模型之间的数据转换。

## 3 基于加权时空图的数据转换模型

当前, 不同部门、不同应用、不同历史时期积累的时空数据, 由于采用不同的时空数据模型, 因此难以实现时空数据的共享, 严重限制了政府部门对土地变化预测的分析能力。基于加权时空图的时空数据描述模型既能表达时空语义, 又兼顾数据的统一组织与管理。因此, 加权图时空模型能作为数据交换的中间结构, 实现不同时空模型数据的有效转换。将加权时空图隐式表达的事件进行显式表达, 能转换为基于 Petri Net 的时空数据模型<sup>[12]</sup>, 实现加权时空图与 Petri Net 时空模型之间数据的相互转换; 将加权时空图的状态按照一定的时间序列进行查询, 生成不同时间序列的快照, 构成基于快照的时空模型, 实现加权时空图与快照模型之间的数据转换; 在快照模型的基础上, 通过查询快照之间的变化, 能生成基态修正时空模型等。

## 4 时空数据的形式化描述

以地籍信息系统中的宗地变化为对象, 用集合论的方法来描述、表达、分析基于加权图的时空数据模型。

图包括顶点与边, 顶点表示历史与活动的多边形对象, 边连接具有时空拓扑关系的顶点。历

史多边形对象集合用  $SetOh$ (set of historic objects) = {1, 2, 3, 4, 6} (对应于图 3) 表示, 活动多边形对象集合用  $SetOa$ (set of active objects) = {5, 7, 8} 表示。所有多边形的对象集合  $SetO = SetOh + SetOa$ , 即  $SetO = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$ 。集合的每个元素表示多边形对象, 多边形的形状属性可从数据库中根据标识符获得。

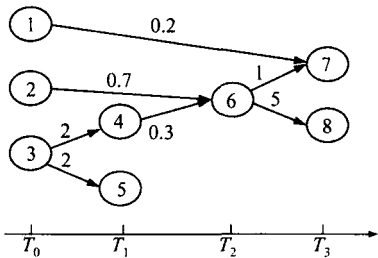


图 3 基于加权图的时空模型

Fig. 3 Spatio-Temporal Model Based on Graph Theory

边的有序偶表示两个具有给定次序的客体组成的序偶, 记为  $\langle x, y \rangle$ , 其中  $x, y$  分别表示边连接的两个时空对象。边的序偶集合 = {  $\langle 1, 7 \rangle$ ,  $\langle 2, 6 \rangle$ ,  $\langle 3, 4 \rangle$ ,  $\langle 4, 6 \rangle$ ,  $\langle 3, 5 \rangle$ ,  $\langle 6, 7 \rangle$ ,  $\langle 6, 8 \rangle$  }。活动多边形对象在边集中, 只有序偶右端点, 没有左端点, 如活动多边形 7 有序偶  $\langle 1, 7 \rangle$ 、 $\langle 6, 7 \rangle$ 。历史多边形对象在边集中, 既有序偶左端点, 又有右端点, 如历史多边形对象 6 有序偶  $\langle 2, 6 \rangle$ 、 $\langle 4, 6 \rangle$ ;  $\langle 6, 7 \rangle$ 、 $\langle 6, 8 \rangle$ 。如果增加边的权值, 则形成边的三元组  $(x, y; w)$ , 其中  $w$  表示边  $\langle x, y \rangle$  的权值。

快照是在某时刻  $t$  有效的多边形对象的集合, 用形式化的时空图表示为:

$$SetO(t) = \{ Polygon(i) \mid Polygon(i), ST < t < Polygon(i), ET, i \in N \}$$

其中,  $ST$  与  $ET$  为宗地的开始时间与结束时间。如活动快照集合  $SetO(a) = \{5, 7, 8\}$ ;  $SetO(T_0) = \{1, 2, 3\}$ ;  $SetO(T_1) = \{1, 2, 4, 5\}$ ;  $SetO(T_2) = \{1, 5, 6\}$ ;  $Polygon(i)$  表示第  $i$  个多边形对象。任何快照的  $SetO(t)$  是  $SetO$  的子集, 是  $SetO$  中在  $t$  有效的时空对象的集合。

基于加权图时空数据模型的时空信息查询, 由于时空数据的复杂性与海量特征, 需要建立起如快照-增量等的时空索引机制<sup>[13]</sup>。考虑到时空对象同时具有时间与空间成分, 可采取两种方法:

先按照时间  $t$  确定对应的快照集合  $SetO(t)$ , 然后在该对象集中根据空间特性查找所需的对象; 先根据空间位置计算出对象集, 然后根据时间特征比较出所需的对象。

## 5 结 语

本文方法能显式地表达与存储时空实体与时空拓扑关系, 既便于时空语义的表达与描述, 又避免了已有图方法用快照序列进行数据存储与表达的不足。同时, 数据结构简单、统一, 便于对宗地变化的时空数据进行有效的查询与管理, 减少了数据库的访问次数, 提高了数据获取的效率。本文只是在地籍信息系统中的宗地变化方面进行了分析, 还需要进一步扩展到事件具有持续期的地理现象中。

## 参 考 文 献

- [1] 张祖勋. 时态 GIS 数据结构的研讨[J]. 测绘通报, 1996(1): 19-22
- [2] Peuquet D J. A Conceptual Framework and Comparison of Spatial Data Models[J]. Cartographica, 1984(21): 66-133
- [3] 陆锋, 李小娟, 周成虎, 等. 基于特征的时空数据模型: 研究进展与问题探讨[J]. 中国图像图形学报, 2001, 6(9): 830-835
- [4] 杜清运. 空间信息的结构、表达及其理解机制[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(9): 388-392
- [5] Raafat H, Yang Z, Gauthier D. Relational Spatial Topologies for Historical Geographical Information [J]. Int J of GIS, 1994(8): 163-173
- [6] 郑扣根. 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(3): 45-47
- [7] 常征. 顾及地块时空特点的地籍数据组织及查询[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1997, 22(3): 153-164
- [8] 尹章才, 李霖, 艾自兴. 基于图论的时空数据模型研究[J]. 测绘学报, 2003, 32(2): 168-172
- [9] 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): 229-233
- [10] 张保钢, 王润生, 高莉. 点状地名的时空数据模型[J]. 国土资源遥感, 2005, 66(3): 82-85
- [11] Langran G. Analyzing and Generalizing Temporal Geographic Information[J]. GISLIS, 1993(1): 379-388
- [12] 尹章才, 李霖. 基于 Petri 网的时空数据模型研究[J]. 武汉大学学报 · 信息科学版, 2004, 29(8): 740-743
- [13] 尹章才, 李霖. 基于快照-增量的时空索引机制研究[J]. 测绘学报, 2005, 34(3): 284-261

第一作者简介: 雷超宏, 博士生。现从事土地资源管理、土地可持续利用、土地信息系统研究。

E-mail: leiqihong@163.com

(下转第 652 页)

- [8] Gregory K W. The JPEG Still Picture Compression Standard[OL]. <http://www.gischina.com/main-do/simchin/gisforum/format/jpg.pdf>, 1991

第一作者简介:张立亭,教授,博士生。现主要从事GIS和LIS的理论与应用研究。

E-mail: ltzhang@ecit.edu.cn

## Data Quantity Experiments of Different Spatial Data Formats

ZHANG Liting<sup>1,2,3</sup> ZHU Guorui<sup>1,2</sup> ZHOU Shijian<sup>3</sup> CHEN Zhu'an<sup>3</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(3 Survey Department of East China Institute of Technology, 14 Xuefu Road, Fuzhou 344000, China)

**Abstract:** The spatial data quantity of different formats for a map are compared by experiments. Storing map by raster format, its spatial data quantity is equal to the other of same size map if not be compressed. If only be compressed, the raster format data quantity has relation to chart speckle area size. .bmp file spatial data quantity is the most large in several raster formats, .jpg file and .gif file data quantity are less. But storing map data quantity by vector format has relation to spatial data attribute. .e00 file spatial data amount is the most large in several vector formats.

**Key words:** data format; data amount; raster data; vector data

**About the first author:** ZHANG Liting, professor, Ph.D candidate, engaged in theory and applications of GIS and LIS.

E-mail: ltzhang@ecit.edu.cn

(上接第642页)

## Spatio-Temporal Data Model in Cadastral Information System Based on Weighted Graph

LEI Qihong<sup>1,2</sup> LIU Yaolin<sup>1,2</sup> YIN Zhangcai<sup>3</sup> HE Jianhua<sup>1,2</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(3 School of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology, 122 Luoshi Road, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** A new spatio-temporal data model based on graph theory is presented, the organizing strategy of spatio-temporal data based on weighted graph is studied, and a formalized method to describe spatio-temporal semanteme is provided. The application foreground of transformation between different spatio-temporal data models is analyzed with the model.

**Key words:** spatio-temporal data model; change process of land parcel; weighted graph

**About the first author:** LEI Qihong, Ph.D candidate, majors in land resource management, land sustainable use and land information system.

E-mail: leiqihong@163.com