

# 基于事务的土地利用时态统计模型研究<sup>\*</sup>

阮淼钎, 刘仁义, 刘 南, 滕龙妹

(浙江大学 浙江省 GIS 重点实验室, 浙江 杭州 310028)

**摘 要:** 通过对比和分析现有的几种时空数据模型在统计分析方面的局限性, 提出了一种基于事务的时态数据统计分析模型和算法; 同时结合土地利用的时空数据特点, 将模型和算法应用于浙江省土地利用管理信息系统 (LandEx), 系统运行表明运用该方法可以有效地对时态数据进行快照统计和对任意土地地类面积进行时态变更统计。

**关键词:** 时态 GIS; 事务; 统计分析; 土地利用管理

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005)07-0031-03

## Research on Land Utilization Temporal Statistic Model Based on Event

RUAN Miao-qian, LIU Ren-yi, LIU Nan, TENG Long-mei

(Zhejiang Provincial Key Laboratory of GIS, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310028, China)

**Abstract:** This paper puts forth a new spatio-temporal data model about statistic and analysis based on event, by contrasting to shortage in some existing spatio-temporal data models. The idea above-mentioned is applied in LandEx through combining with the character of land utilization. The work is testified efficiently in snapshot-statistic and area-change-statistic.

**Key words:** Temporal GIS; Event; Statistic and Analysis; Land Utilization and Management

当前土地利用管理、地籍管理、城市规划管理等对时空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, 而且更重要的是结合历史数据和现状数据进行统计、趋势分析。由于经济的发展带来国土资源开发的复杂化, 土地利用管理中各种数据的变化具有更加复杂的关联性, 因而对于土地利用中的时空数据的处理和统计提出了更高要求。

基于事务的土地利用时态统计模型正是在土地利用管理数据处理复杂多变的情况下应运而生的。本文结合土地利用管理和 GIS 的特点, 摈弃了其他方式下土地利用变更统计分析时间缓慢和不精确的缺点, 在时态 GIS 基态修正模型下, 运用土地利用时态统计模型较好地弥补了上述不足, 达到准确、快速、高效的效果。

### 1 常见时空数据模型和统计分析方法

时态地理信息系统或 TGIS (Temporal GIS) 是随着地理信息系统应用领域的不断扩大而产生的, 它对于时空数据的基本要求是能够保存并有效管理历史变化数据, 以便于进行历史状态重建、跟踪变化、统计分析和趋势分析。TGIS 的组织核心是时空数据库, 时空数据模型则是时空数据库的基础。时空数据模型是一种有效组织和管理时态地理数据、属性、空间和时间语义更完整的地理数据模型。在 TGIS 的研究中, 时空数据模型的优劣, 不仅决定了 TGIS 系统操作的灵活性及功效, 而且影响和制约着 TGIS 其他方面的研究和发展。

常见的时空数据模型有时空立方体模型、时间快照模型、基态修正模型、时空复合模型等。时空立方体模型用连续的时空来表达空间对象, 主要缺点是对象的变化为非连续时将产生极大的数据冗余, 比较适合于连续变化的空间对象。时间快照法管理图形和属性的基本思想就是一个时段一份拷贝, 这时将没有变化的图形和属性数据也重复保存, 造成存储空间大量浪费, 无法反映不同时域下的空间对象及其属性间的关系, 当希望进行不同时域属性值的变更统计时, 就要访问多个数据表。基态修正模型仅修正发生变化的对象, 因而可节省存储空间, 特别适合非连续变化的空间对象, 但不适合连续变化的空间对象, 这一点正和空间立方体模型相反。鉴于这两者的缺点, 又提出了时空复合模型, 但该模型在目前还缺少健全的结构框架和应用典范。

正是由于不同时空数据模型对时空数据不同的组织方式, 导致了对时空数据统计分析的优劣之分。有些数据模型为了方便统计分析和查询, 在属性数据表中进行时间和事件标志, 将发生的事件序列用字段和记录的形式表示, 如在属性数据表中加上事件、发生时间、生成地块、关联地块等字段。这种方法非常适用于简单且不频繁的土地变更, 但是当涉及生成地块和关联地块时, 就不能准确、清晰地反映实际发生的土地变更情况。而有些数据模型通过空间叠加的方法来找出变更前后地块之间的关系及其地类的变化, 这样就需要遍历整个图层的所有对象, 必定占用大量资源而导致统计分析的效率低下, 而且在空间叠加过程中, 线状地物、点状地物的变化以及它们和面层的拓扑关系、地类变更依赖关系并没有完全正确地记录下来。而对于那些在变更过程中将空间变更和属性变更分开存储的时空数据模型来讲, 就不能胜任对一个空间变化和属性变

收稿日期: 2004-07-14; 修返日期: 2004-09-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40271087); 浙江省自然科学基金资助项目(401006)

化并存的变更事务统计分析。

## 2 基于事务的统计模型研究

### 2.1 土地利用数据及数据变更的特点

在土地利用管理中,土地变更比较频繁的有地类图斑(面)、线状地物(线)和零星地物(点)这三类图层。根据土地变更的复杂程度,土地变更可分为简单土地变更和复杂土地变更。简单土地变更主要包括图斑合并(分割)、增加(删除)线状地物、增加(删除)零星地物等;复杂土地变更则是指一块或几块图斑(包括它范围内的零星地物和线状地物)经过连续的图斑分割、删除线状地物、删除零星地物、图斑合并等空间操作和各种非空间的属性变更,生成一系列新的图斑、线状地物和零星地物。在这里关键就是要将这些土地变更和时间有效地结合起来,从而实现统计分析、查询等功能。但是在具体过程中,一系列的变更怎样记录下来,以便于以后做统计、分析、查询实用;另外还有时间因素,在发生土地变更的时候自然应该记录发生时间,存储下来供以后使用。对于这些问题,有人采用二叉树的形式将土地变更的过程存储下来,返回重新调用实现快照式历史统计。但是在处理海量数据时,程序执行效率明显降低,而且效果并不理想。因此在土地利用管理信息系统中组织时空数据模型时,应充分考虑到土地利用管理的实际特征,以事务模型的方式来实时地记录和管理每一次土地变更的详细信息。

### 2.2 基于事务的时空数据组织特点

时空数据的变化都是由于发生某一事件(如土地变更)引起的,而事件发生对应的状态就是事务。因此,时空数据库设计的关键就是如何保存不同的事务状态,这也是时空数据组织的特点。每一事务发生都会引起时空数据库在原有基础上增加一条新记录,如果把每条记录都标记上生成和消亡时间,则可由定义的数据表胜任各属性值的变更统计。只要构造适当的数据访问逻辑,即能抽取出正确的符合要求的数据,因为所有与空间实体有关的属性数据都无冗余地存储在该表中。

在基于事务的时空数据组织中,图形数据通过 ArcSDE 空间数据引擎进行管理,由变更索引表建立起空间/属性、现状/历史的对应关系及亲缘继承关系。主要的数据库设计方案分别由空间对象部分、变更索引部分和属性关系部分组成。其中空间对象部分和属性关系部分通过 ArcSDE 机制耦合起来(对用户来说,空间实体以“Shape”字段同其他非空间属性一起存储),并且都存储有现状数据与历史数据的要素对象表。变更索引部分虽仅由空间属性关系表单独构成,但在整个数据库组织中却起着举足轻重的作用。它不仅记录着空间对象的亲缘继承关系,而且建立了空间对象与属性信息间的对应关系。下面以图斑层数据组织方式来简要地介绍基于事务的时空数据组织特点,并以此作为算法实现和实例的基础。

如表 1 所示的图斑层数据组织结构来说,图斑标码用来标志一个图斑,是确保图斑唯一的身份验证;地类代码和图斑净面积是土地利用管理中分地类面积统计的基础;产生时间和消亡时间分别表示这个图斑对象产生、消亡的时间,注意现状层不同于历史层的是消亡时间的属性值,因为现状图斑层对象还是存在的实体并没有消亡;Shape 字段中存储的正是这个图斑

对象的空间信息。在这里要着重讲述的是变更索引字段,基于事务统计的核心正在于此,变更索引由三部分组成,可用简单的等式表示:变更索引 = 变更发生时间 + 变更所属事务号 + 变更类型,在同一个土地变更事务中,各个变更操作之间除了变更类型不一定相同之外,前两部分应保持一致。

表 1 图斑层数据组织结构

图斑标码	地类代码	图斑净面积	...	变更索引	产生时间	消亡时间	Shape(空间几何对象)
------	------	-------	-----	------	------	------	---------------

变更索引部分的数据结构如表 2 所示。其中前图斑标码、后图斑标码分别对应历史图斑层和现状图斑层的图斑标码;变更索引表将历史图斑层和现状图斑层紧密联系起来,并记录变更前后的亲缘继承关系。根据变更索引表即可统计变更前后的地类代码和面积。

表 2 变更索引表组织结构

变更索引	前图斑标码	后图斑标码	变更时间
------	-------	-------	------

与地类图斑层相同,线状地物和零星地物也具有相似的层结构和变更索引表,只需将图斑标码换作线状地物标码(零星地物标码),不同的是在线状地物层中有左图斑标码和右图斑标码两个字段来标志线状地物和图斑的拓扑联系,在零星地物层中有所在图斑标码字段来标志零星地物和图斑的拓扑联系。因此当一个图斑对象发生变更时(包括空间和非空间),图斑标码必须变动(由图斑标码唯一性决定),跟这个图斑对象有拓扑联系的线状地物和零星地物也同时变更,这些变更操作的记录都将添加在各自的变更索引表中。正如上面所强调的其变更索引的变更发生时间和变更所属事务号一致,仅变更类型不同。

### 2.3 基于事务的统计变更算法实现

获取土地利用现状及变更面积统计是土地时态管理的一项基本任务,在土地利用管理信息系统中对土地数据(空间和属性)的时态统计基本上分两类:快照式统计,包括输入一个时刻点和统计区域范围,要求统计出相应时刻、相应区域范围的静态快照即各个地类的具体面积。土地演变关系的变更统计,以得到具体土地对象在空间形态或属性特征上的变更情况。两种的区别在于后者有时空拓扑分析。根据本文的时空数据模型特征,利用实体的空间相关性和时间相接性约束条件,可快速实现土地数据的时空统计。

(1) 快照式统计。选择某个时刻  $T$ ,统计该时刻下一区域范围内地类面积分布状况。分别从历史数据集和现状数据集的地类图斑层、线状地物层、零星地物层中找出此区域范围内和满足条件“产生时间  $< T <$  消亡时间”的所有记录,并拷贝到临时记录集中,然后根据不同的地类分别加以统计。以地类图斑层为例,算法描述如下:

```

select * from 现状图斑层 where 产生时间 < T and 指定区域范围内
result be inserted into temp
select * from 历史图斑层 where 产生时间 < T and 消亡时间 > T
and 指定区域范围内
result be added into temp
select 地类名称,土地面积 from temp where 满足各种地类

```

(2) 变更统计算法。选择某个区域范围和某个时间段  $[T1, T2]$ ,统计该区域范围内在这个时间段内的地类面积变更情况。具体步骤是先分别从地类图斑、线状地物和零星地物的变更索引表中搜索出变更时间在  $T1$  和  $T2$  之间的变更索引记

录插到各自的临时表中,接着将变更发生时间和变更所属事务号相同的记录行归类,同一类的记录行正是同一个变更事务的所有变更操作,然后根据每个变更记录的前后对象标码分别到历史层、现状层中去搜索相应的地类名称和面积,最后根据变更前后面积和变更类型统计出在某个时间段内由某地类变化到另一地类的面积数量。对于有些简单的地类变更如图斑合并,需要统计的变更地类面积只涉及到图斑这一类图层,算法描述如下:

```
select @ bgindex = 变更索引 from 变更索引表 where T1 < 变更时间 < T2;
```

```
select @ oldarea = 土地面积, @ olddlmc = 地类名称 from 历史图斑层 where @ bgindex = 变更索引;
```

```
select @ newarea = 土地面积, @ newdlmc = 地类名称 from 现状图斑层 where @ bgindex = 变更索引;
```

由此可知土地地类面积的具体变更情况:由地类 @ olddlmc 到地类 @ newdlmc 变化了 (@ newarea - @ oldarea) 个面积单位。

而复杂变更则要涉及到两类或两类以上的图层,如增加线状地物的宽度则是将图斑所属的地类面积的一部分转变为线状地物所属的地类面积,算法描述如下:

```
select @ bgindex_tb = 变更索引 from 图斑变更索引表 where T1 < 变更时间 < T2;
```

```
select right(@ bgindex_xw, 12) = right(@ bgindex_tb, 12) from 线物变更索引表 where T1 < 变更时间 < T2;
```

```
select @ oldarea_tb = 土地面积, @ dlmc_tb = 地类名称 from 历史图斑层 where bgindex_tb = 变更索引;
```

```
select @ newarea_tb = 土地面积 from 现状图斑层 where @ bgindex = 变更索引;
```

```
select @ oldarea_xw = 土地面积, @ dlmc_xw = 地类名称 from 历史线物层 where @ bgindex_xw = 变更索引;
```

```
select @ newarea_xw = 土地面积 from 现状线物层 where @ bgindex = 变更索引;
```

由此可知土地地类面积的具体变更情况:由地类 @ dlmc\_tb 到地类 @ dlmc\_xw 变化了 (@ newarea\_xw - @ oldarea\_xw) 或 (@ oldarea\_tb - @ newarea\_tb) 个(两者相同)面积单位。

### 3 实例

LandEx 是基于 SQL Server 数据库平台,采用 VC++ 6.0 开发语言及 COM 组件技术,以基态修正模型为基础,图形数据的组织、存储和管理则借用功能强大的空间数据库引擎 ArcSDE。系统具有很强的 GIS 图形编辑功能,能够快速地实现土地数据

的变更和统计。笔者利用浙江省某县土地利用部分现状数据作为土地时空数据库模型的试验数据,实践表明,此算法能满足土地数据及时空变更统计要求。图 3 为快照式的地类面积动态分析模块,该模块能对任意时间、地类和区域范围内的地类面积动态统计和分析。图 4 显示一定区域范围和时间段内的地类面积变更情况,用户选择了变更统计的条件后即可得到满足此条件下的所有的地类变更情况。



图 3 快照式地类面积统计分析



图 4 土地在类面积变更统计

### 4 结束语

本文针对土地利用管理中土地变更类型和时空特点,构造了一个适合土地变更和统计的时空数据模型,并设计了土地对象实例表的数据结构和统计算法。本文是在不改变现有 GIS 数据库结构的基础上对土地利用数据时态管理进行的一次有益探索。在实际应用中我们考虑到质量控制、时间索引和可视化等问题;另外土地变更后,现状数据和历史数据的自动更新以及变更类型的自动判别技术也有待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 刘仁义, 刘南, 苏国中. 时空数据库基态修正模型的扩展[J]. 浙江大学学报, 2000, 27(3): 196-200.
- [2] 姚志军, 李满春, 等. 地籍管理信息系统中宗地数据的时空组织与查询研究[J]. 南京大学学报, 2002, 38(6): 787-793.
- [3] 陈秀万, 吴欢, 等. 基于事件的土地利用时空数据模型研究[J]. 中国图像图形学报, 2003, 8(8): 957-963.
- [4] 吴信才, 曹志月. 时态 GIS 的基本概念、功能及实现方法[J]. 地球科学 - 中国地质大学学报, 2002, 27(3): 241-245.
- [5] 徐志红, 边馥苓, 等. 基于事件语义的时态 GIS 模型[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2002, 27(3): 311-315.

#### 作者简介:

阮森钊(1979-), 浙江上虞人, 硕士研究生, 主要从事时态 GIS 和 GIS 应用系统方向的研究; 刘仁义(1960-), 教授, 主要从事时态 GIS 方向的研究; 刘南(1944-), 教授, 博士生导师, 主要从事 GIS 理论研究; 滕龙妹(1980-), 浙江杭州人, 博士研究生, 主要从事 WebGIS、时态 GIS 和 GIS 应用系统方向的研究。

(上接第 30 页) 最后, 利用频谱合成法生成的仿真自然地形对该算法进行测试, 结果表明算法是正确且有效的。

#### 参考文献:

- [1] Gangepain, C Roques-Carmes. Fractal Approach to Two Dimensional and Three Dimensional Surface Roughness[J]. Wear, 1986, 109: 119-126.
- [2] A P Pentland. Fractal-based Description of Natural Scenes[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1984, 6(6): 661-674.
- [3] S Mallat. A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1989, 11(7): 674-693.
- [4] T Lundahl, W Ohley, S Kay, et al. Fractional Brownian Motion: A Maximum Likelihood Estimator and Its Application to Image Texture [J]. IEEE Trans. on Medical Imaging, 1986, 5(3): 152-161.

- [5] N Yokoya, K Yamamoto. Fractal-based Analysis and Interpolation of 3D Natural Surface Shapes and Their Application to Terrain Modeling [J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1989, 46: 284-302.
- [6] B B Mandelbrot, J W Van Ness. Fractional Brownian Motions, Fractional Noises and Applications[J]. SIAM Review, 1968, 10(6): 422-437.
- [7] 赵歆波, M Petrou, 张定华. 基于频谱合成的自然地形生成方法 [J]. 机械科学与技术, 2004, 23(3): 263-265.

#### 作者简介:

邹晓春(1980-), 女, 陕西西安人, 硕士, 主要从事计算机视觉方面的研究; 冯燕(1963-), 女, 陕西西安人, 陕西省信号与信息处理专业委员会委员, 教授, 主要从事信号处理与测控技术等方面的研究; 赵歆波(1970-), 男(满族), 辽宁岫岩人, 中国航空学会信号与信息处理专业委员会委员, 副教授, 博士, 主要从事计算机视觉、CBVCT 技术及其应用方面的研究。