



博士文库

# 时空数据模型及其在 土地管理中的应用研究

宋玮 著

39



黄河水利出版社

# 时空数据模型及其在土地 管理中的应用研究

宋 玮 著

黄河水利出版社

图书在版编目(CIP)数据

时空数据模型及其在土地管理中的应用研究/宋玮著.  
郑州:黄河水利出版社,2007.11

ISBN 978-7-80734-313-4

I.时… II.宋… III.空间测量-数据模型-应用-  
土地管理 IV.F301.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 177259 号

---

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:850 mm×1 168 mm 1/32

印张:6

字数:150 千字

印数:1—2 000

版次:2007 年 11 月第 1 版

印次:2007 年 11 月第 1 次印刷

---

书号:ISBN 978-7-80734-313-4/F·83

定价:15.00 元

## 前 言

人们生存的地理空间是不断变化发展的,地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是模拟和表达地理空间的有效工具。但传统的地理信息系统是“静态的”,只能存储管理单一时刻或少数几个时刻的空间数据。地理空间发生变化后,新的数据进入系统覆盖掉旧的数据,导致历史数据丢失。由于缺乏历史空间数据的保存与建模,因此传统的 GIS 无法或很难进行历史状态的重建、时空变化跟踪、未来发展的预测,难以准确模拟复杂多变的地理空间中的各种现象。

要模拟和表达不断变化发展的地理空间,必须将时间概念引入到传统的地理信息系统中。时态地理信息系统(Temporal Geographic Information System, TGIS)就是将时间概念引入到传统的地理信息系统中,使之能够处理地理要素随时间的变化,更加完整地表达和模拟地理世界。将时间作为与空间同等重要的因素引入到 GIS 中,便产生了 TGIS,其组织核心是时空数据库,概念基础是时空数据模型。1992 年 Gail Langran 撰写的博士论文《地理信息系统中的时间》标志着 TGIS 研究的开始。此后 GIS 界和计算机科学界等有关领域的专家、学者都分别从不同方向对与此相关的问题进行了大量研究并取得了许多成果,但成熟的 TGIS 模型与商品化的时空分析模块仍未出现,归根结底在于缺乏一个通用的时空数据模型的支持。

土地是我们人类活动的平台,是最基础和最重要的资源与资产。土地信息既包含空间信息,又包含属性信息,土地的空间信息和属性信息是随时间不断发生变化的。一方面土地是资源,土地

的自然形态会随着土地自身的运动和人类改造自然的过程而发生变化,“沧海桑田”正是描述了土地的自然演变。由于地表水热条件、地貌过程、土壤和动植物群落等都是随时间而变化的,某一时间的土地特征只是反映了某一时间的特定状况。另一方面,土地是资产,土地作为一种社会综合体,在社会和经济生活中会发生转让、置换等经济活动,在这些活动中,土地或分割或合并会引起土地空间形态发生变化;其权利人、用途等变化会引起土地的属性发生变化。城市国有土地作为我国最大的国有资产,变化日益频繁。而对变化前后的土地数据进行管理和分析能更好地辅助土地管理;通过地籍现状和历史数据的分析,能完整地描述某一时间段的土地权属和利用状况;通过记录地块的来龙去脉,可以为解决土地权属纠纷、确定土地产权提供准确的法律依据;通过对地籍历史数据的分析,能够预测未来土地利用需求趋势,为政府决策提供帮助。

随着土地管理工作的深入,土地的各类历史数据尤其是地籍管理、土地利用历史数据的查询与检索越来越频繁,土地管理者对于土地时空数据管理的要求也越来越高。作为土地管理的辅助工具,土地信息系统(Land Information System, LIS)必须能够表达、存储土地的变化情况。而时空数据模型正是建立此类系统的基础。因此,解决土地信息系统的历史数据管理问题归根结底在于建立一个适当的时空数据模型。

综上所述,对时空数据模型的研究不但具有理论意义,而且颇具应用价值;对时空数据模型在土地管理中的应用研究不但丰富了 TGIS 时空建模技术的应用实例,而且有助于解决土地管理领域中时空数据管理的难题。基于以上的考虑,本书针对 TGIS 时空数据模型的有关问题进行了探讨,并结合我国土地管理中的地籍管理进行了研究。

本书主要从以下几方面进行了研究和探讨:

(1)时间语义和空间语义的研究。时间语义和空间语义是时空数据建模的首要问题。本书在对空间和时间的基本概念辨析的基础上,形成了四种时空概念模型:域过程时空概念模型、域时间时空概念模型、对象过程时空概念模型和对象时间时空概念模型。

(2)面向对象的时空数据建模的研究。面向对象技术在支持复杂对象处理和表达能力等方面的优势已经在计算机辅助制图(Computer-Aided Drafting, CAD)、计算机辅助制造(Computer-Aided Manufacturing, CAM)、计算机辅助软件工程(Computer-Aided Software Engineering, CASE)和办公自动化(Office Automation, OA)等领域中得到证明,许多专家、学者也运用这种方法针对时空数据模型进行了研究。本部分主要运用面向对象技术,针对面向对象的时空概念模型进行了研究,将地理空间抽象表达为由时空属性对象(STAO)组成,指出 STAO 是空间类、时态类、属性类的聚合,深入分析了空间类、时态类、属性类以及时空对象类等的构成,并用 UML 表达了各个类之间的关系,形成了面向对象的时空属性概念模型(OOSTACM);并从概念层面对时空对象的约束条件和操作进行了分析,指出在 TGIS 中的动态操作可分为建立(Create)、存档>Delete)和永久删除(Destory)等。

(3)时空数据模型在土地管理中的应用研究。结合土地管理中的地籍管理的实际需求,运用面向对象的思想深入分析了地籍领域中存在的地籍调查区、宗地、界址线、界址点和权利人等各个对象及其之间的关系;然后将通用的面向对象的时空属性模型(OOSTACM)扩展到地籍领域中,形成了面向对象的地籍时空属性概念模型(Objected-Oriented Cadastral Spatial-Temporal-Attribute Conceptual Model, OOCSTACM)。针对地籍时空变化进行了深入研究,分析了地籍对象的时空关系,研究了宗地、界址点、界址线之间的关系。结合面向对象的地籍时空属性概念模型和地籍管理实际要求,采用扩展时空复合模型、基于对象-关系空间数

据模型、把时间作为宗地的属性,形成了地籍时空逻辑数据模型。基于地籍逻辑时空数据模型针对地籍时空操作进行了深入研究,保证了逻辑数据模型的完整性。

时空数据建模问题是一项非常基础、技术综合性极强的研究,要形成一个真正的 TGIS 还有很多工作要做,要完整地解决土地管理领域的时空数据管理任务也非一日之功。限于本人学识水平、研究时间等诸多原因,本书对于许多内容的研究还不够深入,有些方面甚至没有触及。如果本书的有关内容能够对同行的进一步研究起到一点借鉴作用,那将给本人以莫大的鼓励。

对于书中的错误和不足,希望专家和同行不吝指教。

作者

2007年8月

# 目 录

前 言	
第 1 章 绪论	(1)
§ 1.1 研究意义	(1)
§ 1.2 国内外研究现状	(4)
§ 1.3 本书的主要内容及组织	(10)
第 2 章 时空建模基础	(13)
§ 2.1 地理空间的建模步骤	(13)
§ 2.2 时间和空间的基本语义	(18)
§ 2.3 GIS 中的时空观	(21)
§ 2.4 时空概念模型	(26)
§ 2.5 地理实体建模的三种成分	(28)
§ 2.6 时空数据库概念	(36)
§ 2.7 空间关系、时间关系与时空关系的描述和表达	(39)
§ 2.8 本章小结	(44)
第 3 章 面向对象的时空属性概念模型	(46)
§ 3.1 时空数据模型的分类	(46)
§ 3.2 已有时空数据模型的分析与评价	(49)
§ 3.3 面向对象的时空建模方法	(60)
§ 3.4 面向对象的时空属性概念模型	(68)
§ 3.5 本章小结	(83)
第 4 章 面向对象的地籍时空属性概念模型	(85)
§ 4.1 土地和土地管理	(86)
§ 4.2 地籍与地籍信息	(90)



§ 4.3	地籍对象	(96)
§ 4.4	面向对象的地籍时空属性概念模型	(104)
§ 4.5	地籍变更事件	(105)
§ 4.6	地籍对象时空变化	(107)
§ 4.7	地籍对象时空关系	(110)
§ 4.8	本章小结	(113)
<b>第 5 章</b>	<b>地籍时空逻辑数据模型的设计</b>	<b>(115)</b>
§ 5.1	逻辑数据模型	(115)
§ 5.2	时空逻辑数据模型设计的有关问题	(119)
§ 5.3	地籍时空逻辑数据模型	(121)
§ 5.4	地籍对象时空操作	(128)
§ 5.5	本章小结	(132)
<b>第 6 章</b>	<b>系统实现</b>	<b>(134)</b>
§ 6.1	功能框架和体系结构	(135)
§ 6.2	主要功能实现	(140)
§ 6.3	本章小结	(152)
<b>第 7 章</b>	<b>结论与展望</b>	<b>(153)</b>
§ 7.1	本书所做的主要研究工作	(154)
§ 7.2	本书的创新点	(159)
§ 7.3	进一步研究的方向	(160)
<b>参考文献</b>		<b>(162)</b>

# 第 1 章 绪 论

## § 1.1 研究意义

时态地理信息系统 (Temporal Geographic Information System, TGIS) 是能够处理地理要素随时间的变化, 更加完整地表达和模拟地理世界的系统。TGIS 的关键问题在于如何高效地管理空间、属性和时间三维一体化数据, 即建立一种合适的时空数据模型, 以便有效地组织管理及表达地理实体的空间、属性和时态语义关系。另一方面, 在土地管理的过程中产生了大量的历史数据, 表达、存储、管理这些历史数据需要时空数据管理功能的支持。因此, 对时空数据模型的研究不但具有理论意义, 而且颇具应用价值; 对时空数据模型在土地管理中的应用研究不但丰富了 TGIS 时空建模技术的应用实例, 而且有助于解决土地管理领域中时空数据管理的难题。

### 1.1.1 理论意义

传统的地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 只存储管理单一时刻或少数几个时刻的空间数据。变化发生后, 新的数据入库覆盖掉旧的数据, 导致历史数据丢失。由于缺乏历史空间数据的保存与建模, 因此无法或很难进行历史状态的重建、时空变化跟踪、未来发展的预测, 难以准确模拟复杂多变的地理空间中的各种现象。TGIS 能够处理地理要素随时间的变化, 更加完整地表达和模拟地理世界。1992 年, Gail Langran 发表了博士

论文《地理信息系统中的时间》，标志着时态 GIS 研究的开始，虽然此后 GIS 界和计算机科学界都分别从不同方向对与此相关的问题进行了大量研究并取得了许多成果，但成熟的 TGIS 模型与商品化的时空分析模块仍未出现(Egenhofer, 1999)，归根结底在于缺乏一个通用的时空数据模型的支持。

地理实体具有空间、属性和时间三个基本特征。空间特征决定了地理实体的位置、形状，属性特征用于表达地理实体的本质特征并对地理实体的语义定义，时间特征则指地理实体空间特征和属性特征的时变信息，三个方面共同标识地理实体。将时间作为与空间同等重要的因素引入到 GIS 中，便产生了 TGIS，其组织核心是时空数据库，概念基础是时空数据模型(张祖勋, 1996)。时空数据模型是在时间、空间和属性语义方面更加完整地模拟客观地理世界的数据库(舒红, 1997)。数据模型描述了地理实体与地理实体之间的关系，数据模型的好坏直接影响到空间数据库的数据查询检索的方式、速度和效率。时空数据模型的关键问题在于时间和空间如何集成，分开来看，空间数据模型理论逐步完善，技术得到广泛应用，部分方案被制订为规范(如美国国家空间数据传输标准 SDTS)。时态数据模型理论正在逐步从实验室向应用系统过渡，但时空数据模型的研究仍然很不成熟，这极大地阻滞了 TGIS 的实现。

### 1.1.2 应用意义

土地是人类活动的平台，是最基础和最重要的资源和资产。土地是有限的、不可再生的资源，而随着人口增长、资源枯竭、环境污染等全球性问题的出现，使人类必须加大土地管理的力度，高效合理地利用土地，实现可持续发展目标。而我国作为世界上人口最多的国家，人均土地资源尚不及世界人均的 1/3，根据联合国 1999 年“世界人口预测”报道，2040 年我国人口将达到 15 亿，届时

平均每平方公里土地将承载 157 人。基数巨大并日益剧增的人口与有限土地资源的矛盾,经济高速增长带来的各种建设用地向农田争地的矛盾使我国的土地管理工作难度更高,土地供给矛盾更为突出,形势更加严峻。有限的资源与无限的需求之间的矛盾使得我们只有强化土地管理,高效合理地利用土地。这一切工作离不开土地信息系统(Land Information System, LIS)的支持。在《中华人民共和国土地管理法》中,将土地信息系统的建设列在其中,表明了我国在土地管理中对土地信息系统建设的重视。

土地问题的复杂性在于其复杂变化的自然条件、海量的独立使用单元、变化的使用方式、复杂多变的经济关系以及多种多样的制约条件,因此缺少高技术的支持必然难以准确把握土地的基本情况,必然难以做出正确的决策。所幸的是测绘、计算机、地理信息系统(Geographic Information System, GIS)等技术的高速发展使得我们有条件定量、定位、可视化地研究土地问题。土地信息系统就是高技术在地管理中的应用的具体体现,是定性、定量、定位以及可视化研究土地的重要手段。土地信息系统(LIS)是包含土地数据的 GIS(Deuker, Kjerne, 1989),它不仅需要管理土地的现势数据,而且需要存储土地的历史数据。土地信息既包含空间信息,又包含属性信息,土地的空间信息和属性信息是随时间不断发生变化的。一方面土地是资源,土地的自然形态会随着土地自身的运动和人类改造自然的过程而发生变化,“沧海桑田”正是描述了土地的自然演变;另一方面,土地是资产,在社会和经济生活中土地会发生转让、置换等经济活动,在这些活动中,土地或分割或合并,引起土地空间形态发生变化;其权利人、用途等变化引起土地的属性发生变化。在这个过程中产生了大量的历史数据,目前在我国即使一座中等规模的城市,每天土地使用权的交易量平均都达 10 宗以上,如何存储并使用这些与日俱增的大量历史数据,对土地信息系统的时空数据管理功能是一个巨大的挑战。尤其是随

随着土地管理工作的深入,土地的各类历史数据尤其是地籍管理、土地利用历史数据的查询与检索越来越频繁,土地管理者对于土地时空数据管理的要求也越来越高。作为土地管理的辅助工具,土地信息系统必须能够表达、存储土地的变化情况。而时空数据模型正是建立此类系统的基础,因此解决土地信息系统的历史数据管理问题归根结底在于建立一个适当的时空数据模型。

## § 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 时空数据模型研究现状

自从1992年 Gail Langran 提出 TGIS 概念以来,时空数据模型就引起了众多 GIS 专家和计算机学者的极大兴趣,他们分别从不同的角度开始了时空数据模型的研究。分开来看空间特征和时间特征数据建模研究,空间数据模型理论逐步完善,时态数据模型理论有一定积累,正在逐步从实验室向应用系统过渡(Richard T. Snodgrass, 1995)。但至今时空数据模型的研究仍处在一个幼年阶段,一个基本概念理解、零碎实践经验积累的起步阶段,未形成完整的时空建模理论和技术体系,更未达到实际应用系统建立的地步(Martin Erwig, Ralf Harmut Guting, M. Vazirgiannis, 1997)。时空数据模型研究的关键问题是时间和空间的集成,或者说如何将时间引入空间数据库。因此,时空数据模型的研究是与时间特征建模分不开的。数据时间特征建模的研究主要体现在两个方面:时态数据库研究和时空数据模型研究。时态数据库的研究主要包括时态关系数据库的研究和时态关系研究。

#### 1.2.1.1 时态数据库的研究

##### 1) 时态关系数据库研究

20世纪70年代末、80年代初,一方面应人事或案情档案、病

历、金融数据管理和分析的强烈应用需求,另一方面数据库技术的日渐成熟和大容量高速存储设备的发展为时态技术和数据库技术的融合创造了条件,数据库专家开始对事务数据的时态特征建模与时态数据管理进行了大量的研究。主要的研究成果为:提出了关系表、元组和属性字段时间标记的时态关系数据库模型,提出了有效时间(Valid Time)和事务时间(Transaction Time, Database Time)两种不同含义的标记时间,提出了时刻(Instant, Time Point)、时间区间(Time Period, Time Interval)和间隔时间区间集合(Time Element)3种类型的时间标记。基于特定的时态关系数据库模型,发展了相应的数据库理论基础:时态关系代数与时态关系演算、时态关系关键字定义、时态依赖、范式定义与规范时态关系分解原则。同时还初步探讨了时态关系数据库管理系统的实现机制:时态数据的物理存放策略、时间索引、时态数据库查询语言。1982年,J. Ben Zvi在其博士论文中提出了时态数据库模型,提出了时间区间、有效时间和事务时间的双时态概念,对非一范式的时态数据库进行了研究。1983年,J. Clifford在其博士论文及相关的一组文章中,对历史数据库进行了开创性的研究,他注意到了被管理对象的生命周期(Lifespan),研究了在关系、元组、字段值上加时间信息的技术细节,引入了历史关系模型、历史关系代数,研究了历史数据库中投影、选择、连接的特殊要求和规律。S. Ginsburg教授于1983年提出了对象历史数据模型,深入分析了基于可计算元组的对象历史的特殊要求和规律,提出了基于记录、事件驱动的代数结构模型。Snodgrass提出了有效时间和事务时间的概念,并将数据库按对时间概念的处理能力分为快照数据库、回滚数据库、历史数据库和时态数据库。1985年,Richard Snodgrass开发了时态查询语言TQUEL。1986年,Sharshi K. Gadia建立了同时性关系模型。1987年,Jame Clifford等学者提出了历史关系数据库模型(HRDM)。

## 2) 时态关系研究

数据模型通过描述实体与实体间的关系来抽象表示客观现实世界。时态关系是实体间的一类重要关系,是时态数据模型的重要语义内容。从自然语言中时态词语(过去、现在、将来;在……之前、在……之后)的机器理解,自动控制中动作执行的先后时间约束应用角度,人工智能专家对事件间的时态关系进行了深入的研究。典型的代表有:James F. Allen 于 1983 年基于时间区间提出了 13 种事件间的时态关系,M. Viliain 和 H. Kautz 于 1986 年基于时间点提出的时间点代数,Ma Jixin 和 Brain Knight 于 1993 年同时基于时间点和时间区间提出了 30 种事件间的时态关系,而张师超于 1995 年基于间隔时间区间集合提出了 21 种事件间的时态关系。事实上,如果将 James F. Allen 的时间区间视为简单的时间对象,张师超的间隔时间区间集合可看做由若干满足某种约束条件(集合里时间区间有序排列,且任意两时间区间无重叠部分)的基本时间对象构成的复杂时间对象。基于复杂时间对象的时态关系可转化为基于简单时间对象间的时态关系。而 M. Viliain、H. Kautz、Ma Jixin 和 Brain Knight 提出的时间点对象解释为微观、高速运动世界里事件间时态关系的刻画。

### 1.2.1.2 时空数据模型研究

时空数据模型的研究约出现于 20 世纪 90 年代初期,是空间数据模型的一个重要分支。时空数据模型的关键问题就是时间和空间集成的问题,空间数据库的发展经历了 3 个阶段:70 年代的基于文件系统的空间数据模型,80 年代的基于混合系统(管理图形数据的文件系统和属性数据的关系数据库系统)的空间数据模型,90 年代的基于数据库系统(对象—关系数据库系统)的空间数据模型。对应于这 3 个层次的空间数据模型,时空数据模型的研究也经历了不同的阶段。

从时变空间数据存储管理的角度,Gail Langran 提出了文件

系统支撑下的 4 种时空数据模型:时空立方体模型、快照序列模型、基态修正模型和时空复合模型(Gail Langran, 1992)。而 Michael F. Worboys 建议使用面向对象数据库技术支持时空数据建模(Michael F. Worboys, 1992, 1994)。从时空语义理解的角度, Donna J. Peuquet 将时间的语义理解为时间序列,提出了事件驱动的时空数据模型 TRIAD(Donna J. Peuquet, 1995, 1997)。另外, Agnar Renolen(1997)、Ale Raza(2000)、Bonan Li(2002)等对面向对象的时空数据模型进行了研究。

虽然我国的时空数据模型方面的研究相对滞后,但对时空数据模型的完善和 in 应用型 GIS 中考虑时空组织方面做了大量的工作。主要表现在关系数据库环境下,陈军(1995)和黄明智(1997)研究了非一范式关系数据库方法支撑下的非一范式关系时空数据模型。龚健雅(1997)提出了面向对象时空数据模型。杜道生等(1997)提出了基于同步数据项和碎分拓扑弧段时间标记的时态空间数据模型。另外,林辉(1993)、舒红(1997)、马劲松(1995)、黄杏元(1995)、李小娟(1999)、王晓栋(1999)、郑扣根(2001)、曹志月(2002)、林广发(2002)、尹章才(2003)、张山山(2003)、金培权(2004)等也提出了一些数据模型或对模型进行了修正,大大推进了 TGIS 与时空数据模型在中国的应用和进展。

对时空数据模型的研究主要有两种方法:一是在现行的空间数据模型上添加时态管理功能,二是一体化的时空数据模型。第一种方法又称为“双重结构(dual-architecture)”(Van Oosterom, 1993),其中 Gail Langran(1992)、Yuan(1994)、Peuquet(1994)、Claramunt 和 Theriault(1995)、陈军(1997)和 Raza(1998)提出的时空数据模型属于这种类型,主要的时空数据模型有快照序列模型、基态修正模型、时空复合模型、事件驱动的时空数据模型等。第二种方法是通用的时空数据模型,它将时间作为等同于空间的一维来处理,关于这种数据模型的研究主要有 Pigot 和 Hazelton



(1992)、Worboys(1994)、龚健雅(1997)、舒红(1997)、Ale Raza(2000)、曹志月(2002)等。

迄今为止,时空数据模型已得到了专家学者们的广泛关注并做了大量卓有成效的工作,但目前所看到的各种方法中,理论层面的研究居多,在实现时还存在着一定困难。

### 1.2.2 LIS 中时态问题研究现状

土地信息系统是综合运用计算机技术尤其是 GIS 技术来实现土地数据的输入、输出、编辑、存储、查询和统计分析的信息系统,是土地管理工作的辅助手段,是信息技术在土地管理领域应用的最高形式,它利用信息技术为土地管理者提供定性、定量、定位以及可视化的工作条件,不仅可以大幅度地提高土地管理的工作效率,而且可以全方位地考虑土地问题的方方面面,为科学决策提供基础信息,有效地提高土地管理的工作质量。

土地信息系统随着计算机技术、数据库技术的发展而发展。土地信息系统在土地管理中的重要性早已被世界各国认识到,西方发达国家早在 20 世纪 70 年代就进行了土地信息系统的探索 and 开发。在我国,将土地管理纳入各级政府的一个专项职能始于 1986 年,从这时开始,各级土地管理部门就将土地信息系统建设作为部门的一项基础设施来抓。截至 1995 年,全国各级政府相继累计投资 5 亿元资金进行土地信息系统软硬件建设。1995 年 5 月,原国家土地管理局组织了土地信息系统演示会,有 40 项成果参加演示。现在国土资源部正在向基层管理部门推广土地信息系统,与此同时,作为“数字国土”项目组成部分之一的国土资源大调查工作也在全国大规模地展开,土地信息系统也将在这—宏伟的信息工程中发挥重要的作用。在我国 1998 年颁布的《中华人民共和国土地管理法》中,将土地信息系统的建设列在其中,表明了国家对土地信息系统建设的重视。近期“金土工程”也正式启动,这