

基于特征的时空数据模型:研究进展与问题探讨

陆 锋¹⁾ 李小娟²⁾ 周成虎¹⁾ 尹连旺³⁾

¹⁾(中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室,北京 100101)

²⁾(北京大学环境科学研究中心,北京 100871) ³⁾(中国科学院遥感应用研究所,北京 100101)

摘 要 首先分析了时空数据模型的不同层次,指出了当前时空数据模型存在的主要问题,认为目前的时空数据模型缺少对地理现象的显式定义和基础关系描述,不能在语义层次上实现数据共享.传统的基于专题地理分层的空间数据表达思想,和单一图层内以矢量或栅格数据结构基本单元作为地理实体或现象基本建模单元的表达方式,对于复杂地理实体或现象的描述及地理过程分析存在严重不足,提出发展基于特征的时空数据模型是新一代地理信息系统的核心所在;讨论了基于特征的概念模型要素及相互关系;提出了基于特征的时空数据模型所面临的关键技术.

关键词 时空数据模型 图层 特征 新一代地理信息系统

中图法分类号: P208 TP311.12 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2001)09-0830-06

Feature-Based Temporal-Spatial Data Modeling: State of the Art and Problem Discussion

LU Feng¹⁾, LI Xiao-jun²⁾, ZHOU Cheng-hu¹⁾, YIN Lian-wang³⁾

¹⁾(LREIS, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101)

²⁾(Research Center for Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871)

³⁾(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstracts With the analysis of hierarchies of temporal-spatial data models, it is argued that current temporal-spatial data models lack explicit definition for the geographical phenomena and description for the elementary relations and are unsuitable for data sharing on semantic levels. Traditional theme map layer based spatial data abstraction frameworks and the representation methods taking the elementary units of vector or raster data structures as the elementary units for modeling are deficient in describing complex geographical entities and phenomena and analyzing the geographical procedures. It is set forward that developing feature based temporal-spatial data models is the core for the new generation geographical information systems. The conceptual modeling elements and mutual relations between them are discussed and some key technical problems are identified in the development of feature based temporal-spatial data models.

Keywords Temporal-Spatial data model, Map layer, Feature, New generation GIS

0 引 言

面对信息流调控人流、物流与能量流的信息社会,市场的需求和产业化的进程引出大量关键技术和应用基础理论问题,迫切需要开拓高屋建瓴的科学解决方案.目前,中国的地球信息科学正迈向一个

新的目标:建立理论、方法与技术体系的知识创新^[1].可以预见,地球信息科学的发展将会掀起新一轮的理论与技术热潮.

时空数据库是地理信息系统(GIS)的应用基础,而时空数据模型是时空数据库的理论基础.然而,在现有的GIS中,时空数据模型的重要性并未

引起足够的重视,很多应用系统均预先设定数据模型,在此基础上完成系统建立,而不是按照应用系统特征设计出有效的数据模型,这显然会对GIS应用系统的进一步发展与完善产生极大的不利影响。

数据模型是通过数据手段对现实世界的抽象,是操作与完备性规则经过形式化定义的目标集合^[2]。数据模型包括3方面内容:目标类型集合、目标操作集合及目标操作应用结果和完备性约束规则集^[3]。定义数据模型的结构与内容的过程称为数据建模(data modeling)。从数据库系统的观点看,数据模型是连接现实世界和计算机世界的桥梁,是对数据库框架的一种描述工具,而数据库系统是数据模型的计算机实现。数据库管理系统的作用主要就是将数据模型的抽象操作映射为数据结构的具体操作。

时空数据模型是以概念方式对客观世界的抽象,是一组由相关关系联系在一起的具有动态特性的实体集,包括几何数据模型和语义数据模型^[4,5]。几何数据模型用于描述空间实体或现象的包括与时态变化相关的几何分布与空间关系,语义数据模型用于描述空间实体或现象的包括非空间关系在内的专题信息及部分时态信息。时空数据库中表现的世界并非如计算机学科数据库那样由一系列逻辑单元所组成,因此,在时空数据建模过程中必须运用抽象、概括、逼近等手段。

1 时空数据模型的不同层次

时空数据模型反映了现实世界中空间实体及其相互间的动态联系,为时空数据组织和时空数据库模式设计提供了基本的概念和方法。它由概念数据模型、逻辑数据模型与物理数据模型三个层次组成^[6]。概念数据模型是关于实体及实体间联系的抽象概念集,其目标是确定需要处理的时空对象或实体,明确时空对象或实体之间的相互关系,从而决定数据库的存储内容。逻辑数据模型是概念数据模型所确定的空间实体及关系的逻辑表达,而物理数据模型通过一定的数据结构,来完成时空数据的物理组织、存取及索引方法的设计,实现对专题信息的操作,完成几何数据模型与专题、语义数据模型的关联。

按照人类对客观世界的感知方式,有两种认识空间现象的观点,即离散目标观点(object view)与连续场观点(field view)。离散目标观点把空间看作被明确的离散空间目标所干扰的区域,连续场观点把空间看作由明确的区块组成的空间顺序集^[7]。

将object/field形式的表达方法转化为平面单值方程的过程称为平面强化(planar enforcement)。平面强化进一步将人们对空间现象或实体的理解简化为平面形式,以便于描述与表达,这样就产生了目前普遍采用的基于平面图的离散目标点、线、面数据模型与基于连续铺盖的镶嵌数据模型。

基于平面图的离散目标点、线、面数据模型将现实世界的空间实体抽象为平面上离散分布的点、线、面空间目标,这些空间目标之间存在一定的空间关系,基于连续铺盖的镶嵌数据模型将连续空间离散化,即用二维铺盖或面片覆盖整个连续空间。

GIS业界在时空数据模型上存在很大的分歧,这主要是因为一方面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,另一方面,到目前为止,我们对空间信息本身的认识还是分散的、经验性的和非形式化的,这就严重影响了数据模型的完备性^[8]。特别是针对GIS的需要,各种几何数据模型与语义数据模型往往交织在一起,共同完成对客观世界的描述,于是造成在时空数据模型上的混乱和不完备性。

2 当前时空数据模型存在的主要问题

GIS所产生的问题很大程度上受到数据模型设计与数据表现方法的影响^[4,9]。由于现有的时空数据模型多是从计算机表达的角度出发,而不是面向地学问题的,所以缺少对地理实体或现象的显式定义和基础关系描述^[10],不能在语义层次上实现数据的共享^[11]。传统的基于专题地理分层的空间数据表达思想和单一图层内以矢量或栅格数据结构基本单元作为地理实体或现象基本建模单元的表达方式,对于复杂地理实体或现象的描述及地理过程分析存在严重不足^[5,9,12]。

基于专题信息类型分层的空间数据表达思想在GIS中应用十分广泛,在这种表达模式中,专题属性被加载到数据模型所确定的各专题基本要素上,由于层内专题要素语义上的一致性,对于时空数据库管理与只涉及单一要素的简单查询而言具有较大的优势,但这种模式割裂了各层次要素之间可能存在的语义和空间关系,对于涉及多层次要素的复杂查询与分析却先天不足。首先,在专题关系中,不同类型层次要素之间可能存在的语义关系难以表达,例如,如果一条河流同时又是一条行政区划边界线,则在分层模型中需要在水系和行政区划界线层分别存

储. 存储冗余性暂且不论, 如果河流的几何形态发生变化, 就需要在所涉及的所有类型层中进行同步更新, 这既不现实也无必要. 其次, 要素的包含和成分语义关系(如城市和其中的建筑、道路、绿地之间的整体一部分包含性语义关系)无法有效表达, 不利于数据的同步操作和自动化的制图综合. 此外, 在空间关系中, 由于各层次之间的相对独立性, 各层次要素之间可能存在的空间关系无法显式表达, 需要经过复杂的空间叠加操作才能得到查询结果. 例如, 在图1中, 欲根据河流水系和公路交通图层查询所示河流上的所有的公路桥(方位空间关系), 则需将水系和公路层进行叠加, 并查询该河流被公路打断的次数才能得到. 对于各层次间要素拓扑关系的查询也需要经过空间叠加的操作. 可以说空间叠加是基于分层模型的GIS空间分析的核心所在. 随着层次的增多和数据量的不断扩大, 将本应通过数据库查询得到的分析结果仍然用空间叠加的方式来完成, 无疑是很不明智的一种方法.

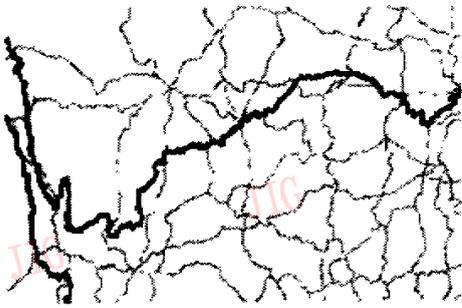


图1 分层模型造成空间关系表达困难

多重专题要素的层次划分是由平面强化的二维特性所决定的. 由于“集成地域单元”(Integrated Terrain Unit, ITU)策略所带来的平面强化限制, 要求必须在各专题要素几何数据在二维平面上的投影发生交叉的地方设置节点, 以满足数据库管理系统对数据库记录中要素的均质属性要求^[7,13]. 这样, 势必把一个特征所对应的完整目标碎分成许多的小目标, 且每个目标具有各自的标识、时空与属性信息. 随着要素类型的增多, 碎分情况就越加严重. 无论采用矢量或栅格形式进行目标数据存储都存在这一问题. 即使在同一个层次内, 平面强化也对完整目标的表达产生不利影响. 这一点对于线特征的表达十分显著. 例如, 组成一条街道的路段并不“知道”它们是同一条街道的组成部分. 虽然这些隐含的关系可以

从数据库中推导出来, 但路段的独立性使整个道路实体的操作与分析效率不高. 这种情况对其他线特征类型同样存在. 如图2, 本应是完整的特征实体目标由于大量支流的存在在分层数据存储时被分成很多的河段, 造成对整体目标的操作效率很低, 同时也不利于基于语义的数据共享.

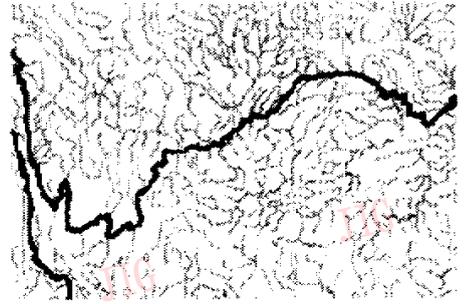


图2 平面强化造成的地理特征破碎

平面强化使得地理实体建模的基本要素对矢量表达形式而言只能是平面图的基本要素, 即节点、弧段与多边形, 对栅格表达形式而言只能是栅格象元, 而不能是完整的地理特征实体本身. 这对于和特征整体密切相关的几何数据、语义、空间关系和时态变化信息的表达产生了十分不利的影响.

GIS以数据的方式抽象表达客观现实, 应比地图模型更灵活、具有更多的内涵、更好地支持GIS的时空分析. 因此, 专家学者们纷纷提出需要一种高层次的、综合的方案来描述地理特征实体及具有目标性质的地理现象^[5,9,14,15]. 客观世界是具有高度相关结构的物质实体的集合. 人类对客观世界的认识是基于地理特征, 而不是基于分层要素. 数据模型应当能够直接反映这种认知过程. 可见, 发展基于特征的GIS(Feature Based GIS, FBGIS)时空数据模型十分必要.

3 基于特征的时空数据模型

3.1 地理特征的基本概念

地理特征是地球空间上客观存在的、具有描述信息的地理实体^[14,16,17], 实体是地球上的一种真实现象, 它不能再细分为同一种类型的现象. 地理实体是独立地反映空间共同定义的实体^[18]. 也有学者将“feature”译为“地理要素”^[19]. 特征是变化发展的, 具有产生、发展、衰减、移动、消亡和再生的特性^[20].

人类对地理信息的认识具有主观性, 因此特征

的建立依赖于特定应用的需要^[21],但具有一定的标准化规范和系统科学的分类体系.基于特征的视图封装了唯一定义特征的信息.特征的数字表达称为目标(object).它包括此特征的空间与非空间要素的属性与关系^[9].这里的目标概念与面向对象(或称目标)(Object Oriented)中的对象概念有所不同.面向对象中的“对象”一词过于灵活.一切建模要素的数字表达,如点、线、面等,都可以看作对象.在“面向对象模型”的类型中,“对象”(object)并不是主要概念,类(class)才是主要概念^[22].此外,面向对象作为专有名词,有一系列内部特征,如概括、继承、封装、传播、多态等.基于特征的GIS数据模型倾向于概念建模阶段,而面向对象的数据模型和方法可以较好地应用于逻辑模型设计和数据库的物理实现^[9,13,15].

为了客观真实地对现实世界进行概括,必须从几何分布、专题要素与时态变化3个方面来描述地理特征.几何信息中包括位置信息及空间关系;专题信息中包括特征属性及特征之间的非空间关系;时态信息描述特征实体随时间的变化,可反映在几何信息与专题信息中.几何信息中的位置信息用矢量、栅格等几何数据模型描述,空间关系及专题、语义信息用语义数据模型来描述.因此,地理特征的概念包括地理现象的三维属性,即空间、专题与时态信息.此外,特征可以聚集或合并为复合特征,例如,一个城市可以是建筑、道路、管网等地理特征的复合体.特征的可复合性是基于特征的GIS和基于图层的GIS的一个主要区别所在.

特征包含了地理现象或实体描述所需的3个信息层面,对于地理现象或实体的表达是十分有利的.在基于特征的GIS中,属性与关系直接依附到特征的标识上,这样可以有效地对地理现象或实体进行描述.例如,文献^[19],^[23]提出利用地理特征作为建模的基本概念,并结合资源与环境信息的描述,提出了利用基于地理特征的方法描述资源与环境信息的描述框架及数据组织方法;文献^[13],^[24]提出了利用基于特征的方法设计城市交通网络的非平面数据模型;文献^[15]提出了基于特征的多模式地理网络模型;文献^{[25]~[27]}分别将基于特征的时空数据模型用于土地利用变化动态监测和环境变迁当中.对于河流、交通等线状特征类型建模,基于特征方法在特征实体的整体表达和操作及语义共享中表现得更为突出;对于点、面状特征类型,基于特征方法在特征实体

的时态变化描述中表现得更为突出.

3.2 基于特征的概念模型要素及关系

FBGIS就是将地理特征作为建模的基本单元,从几何信息、专题与语义信息及时态信息几方面对地理特征进行描述的GIS设计方法.表1描述了基于特征的GIS概念模型要素、属性与关系.

表1 基于特征的GIS概念模型要素、属性与关系(改编自Usery 1996)

	几何信息	专题与语义信息	时态信息
属性	$x, y, z, \phi, \lambda, h,$	class, type,	date, duration,
	point, line, area,	value,	duration,
	surface, volume,	code,	period,
关系	pixel, voxel,
	topology,	contains,	is_a,
	distance,	is_a, kind_of,	was_a,
	direction,	member_of,	will_be,
	...	part_of,

在FBGIS中,用于描述特征的属性、功能和关系与特征的唯一标识符封装在一起,可以全面描述地理特征发生发展的特点,有利于时空推理和模拟、预报预测分析.FBGIS使用户更容易接受和理解较复杂的逻辑概念,由于避免了过于繁琐的技术细节,从而使应用模型更容易建立和应用.建立FBGIS数据模型对于实现GIS互操作、对地理实体进行更新、按谱系查询、进行复杂地理分析具有很好的前景^[10].目前,ISO/TC211和OGC两个国际组织开展的工作都建立在特征概念基础上^[21,28],这在一定程度上表明了未来时空数据库和GIS设计的发展方向.

基于特征的GIS中特征之间的关系应包括空间关系与语义关系.特征之间的空间关系包括拓扑关系、顺序关系、度量关系等^[29],近来又从中扩展出相离关系、邻近关系、模糊与不确定空间关系等^[30].“语义”一词在语言学中指词与它们所表述的事物之间的关系,引申到计算机学科中,为数据内部及数据与现实世界之间的关系^[31].据此理解,语义信息就是特征的描述信息^[32].文献^[9]把语义关系理解为特征之间的非拓扑关系.这种理解是不全面的.按照语义一词的含义,语义关系应是特征之间的非空间关系.它包括类型关系、成分关系等.特征目标及其所封装的几何目标之间的关系如图3所示.

3.3 基于特征的GIS关键技术问题

从总体上看,FBGIS研究尚处于起步阶段,尚未形成完整的理论体系与技术方法.目前的研究重点在于特征分类原则与方法、基于特征的数据建模

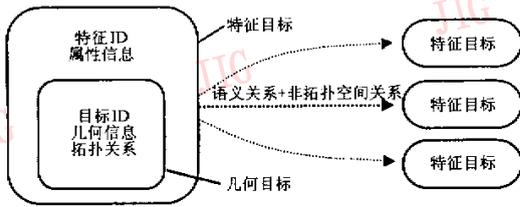


图3 特征目标与特征几何目标之间的关系
(改自 Tang et al., 1996)

技术、特征表达与操作方法、基于特征的时空查询与推理等方面。

特征分类是基于特征的数据模型的基础所在,需要针对具体应用领域的行业特征制定详细的特征分类体系,并作为标准化规范发布实施。这也是数据共享和语义互操作的基本要求。

基于特征的 GIS 逻辑建模过程可用面向对象或超图数据模型来实现。采用来自于计算机学科的面向对象方法,可以将 GIS 中的地理特征定义为实体相关数据及其操作函数的统一体^[33]。面向对象方法丰富了基于特征方法的语义模型,使基于特征的系统具有支持多种语义联系的功能,促进了基于特征的 GIS 的发展。超图数据模型是在面向对象的方法论基础上建立起来的^[22]。超图空间数据模型在定义抽象对象语义的同时,还可利用超图模型的可视化特性来描述目标之间的关系。这是超图与面向对象的概念模型根本区别所在^[34]。实际上,超图可以看作是图论与面向对象思想的结合。超图数据模型通过 6 种抽象数据类型完成基于特征的 GIS 的逻辑建模。文献^[35]提出了一种网络数据模型,它利用面向对象的思想构造二阶抽象层次。其中的网络与附加网络即完全以超图模型表达。

基于特征的数据模型需要通过一定的数据结构实现才能体现出其潜在的生命力。因此,需要深入研究如何通过面向对象方法、线性链表等数据结构,在现有 GIS 数据模型非常成熟的数据结构基础上,通过设计有效的联接机制,重新表达几何、语义、时态信息、空间关系与语义关系,实现对完整地理特征的管理和操作。

其次,对于矢量数据而言,原先针对平面图弧段—节点数据模型的空间索引和空间查询方法对于基于特征的数据模型显然并不完全适合,这就需要针对基于特征的表达方式特点,重新设计基于特征的空间索引和空间查询方法。

再其次,基于特征的表达方法对时空分析和地理信息的多重表达提供了新的机遇和新的挑战。一些在传统数据模型框架下设计的时空分析算法无法继续有效地发挥作用,需要结合 FBGIS 特点重新设计。而 FBGIS 特有的纵向与横向语义关系表达也将为过去受制于数据模型影响的多重表达提供新的思路。

此外,基于特征的方法为构造完善的时空数据模型提供了可能。特征实体的时态变化可以在同一个特征标识下描述,而不受几何数据变化的影响。文献^[14],^[25]~^[27]已经就基于特征的时空数据模型进行了理论研究,现在需要对其在物理模型层次进行深化,设计和实现完善的数据结构和时空数据操作方法。

4 结论与展望

基于特征的时空数据模型可以更好地与地学问题相结合,为地理现象及特征实体的几何、语义、时态等数据的一体化表达提供了统一的框架,是新一代地理信息系统的核心所在。对于基于特征地理信息系统的研究,迫切需要在特征分类、逻辑模型、数据结构、空间索引、空间查询、时空分析方法、多重表达等方面进行深化,以促进新一代地理信息系统的顺利发展。这也是在新世纪发展我国 GIS 事业的重点任务。

参考文献

- 1 陈述彭. 新经济时代的地球信息科学[J]. 地球信息科学, 2000, 2(3): 1~4.
- 2 Date C J. An introduction to database systems[M]. The 6th edition, Massachusetts, Reading: Addison-Wesley, 1995.
- 3 Codd E F. The relational model for database management[M]. Massachusetts, Reading: Addison-Wesley, 1990.
- 4 Peuquet D J. A conceptual framework and comparison of spatial data models[J]. Cartographica, 1984, 21(4): 66~113.
- 5 Usery E L. A feature-based geographic information system model[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1996, 62(7): 833~838.
- 6 陈军. GIS 空间数据模型的基本问题和学术前沿[J]. 地理学报, 1995, 50(增刊): 24~32.
- 7 Goodchild M F. Geographical data modeling[J]. Computers & Geosciences, 1992, 18(4): 401~408.
- 8 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(4): 388~292.
- 9 Tang A Y, Adams T M, Usery E L. A spatial data model design for feature-based geographical information systems[J]. International Journal of Geographical Information Systems,

- 1996,10(5): 643~659.
- 10 Arctur D, Hair D, Timson G *et al.* Issues and prospects for the next generation of the spatial data transfer standard(SDTS)[J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1998, 12(4): 403~425.
- 11 Bishr Y. Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 1998, 12(4): 299~314.
- 12 Goodchild M F. Spatial analysis with GIS: problems and prospects[A]. In: *Proceedings of GIS/LIS, Atlanta: ACSM-ASPRS-URISA-AM/FM[C]*, 1991, 40~48.
- 13 陆锋,周成虎,万庆. 基于特征的城市交通网络非平面数据模型[J]. *测绘学报*, 2000, 29(4): 334~341.
- 14 Peuquet D, Qian L. An integrated database design for temporal GIS[A]. In: *Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling[C]*, Delft, The Netherlands, 1997, 21~31.
- 15 Zhou Chenghu, Lu Feng, Qing Wan. A conceptual model for a feature-based virtual network[J]. *Geoinformatica*, 2000, 4(3): 271~286.
- 16 OpenGIS. OpenGIS specifications [EB/OL], URL: <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>. 1998.
- 17 Herring J R. The OpenGIS data model[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1999, 65(5): 585~588.
- 18 崔伟宏. 空间数据结构研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- 19 陈常松,何建邦. 基于地理要素的资源与环境数据的组织方法[J]. *地理学报*, 1999, 54(4): 373~381.
- 20 Langran G. Time in geographic information system [M]. London: Taylor & Francis, 1992.
- 21 ISO/TC211-631, Geographic information-Part 9: Rules for application schema[R], Technical Report, 1998.
- 22 Bouille F. Fuzziness structuring and processing in an object-oriented GIS[EB/OL], URL: <http://www.sbg.ac.at/geo/agit/papers94/bouille.htm>. 1994.
- 23 陈常松,何建邦. 面向GIS数据共享的概念模型设计研究[J]. *遥感学报*, 1999, 3(3): 230~235.
- 24 陆锋. 基于特征的城市交通网络GIS数据组织与处理方法[博士学位论文][D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 1999.
- 25 李小娟. 基于特征的时空数据模型及其在土地利用动态监测信息系统中的应用[博士学位论文][D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 1999.
- 26 李红睿. 基于特征的时空三域数据模型及其在环境变迁中的应用研究[博士学位论文][D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 1999.
- 27 王晓栋. 基于时空地理实体的综合时空数据模型研究及其在县级土地利用动态监测中的应用[博士学位论文][D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 1999.
- 28 OGC. The open GIS abstract specification model [EB/OL]. URL: <http://www.opengis.org/public/abstract.html>. 1997.
- 29 Worboys M F. A geometric model for planar geographical objects[J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1992, 6(5): 353~372.
- 30 陈军,赵仁亮. GIS空间关系的基本问题与研究进展[J]. *测绘学报*, 1999, 28(2): 95~102.
- 31 Ter Bekke J H. *Semantic data modeling*[M]. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992.
- 32 李德仁. 论RS、GPS与GIS集成的定义、理论与关键技术[J]. *遥感学报*, 1997, 1(1): 64~68.
- 33 龚健雅. GIS中面向对象时空数据模型[J]. *测绘学报*, 1997, 26(4): 289~298.
- 34 张锦. 面向对象的超图空间数据模型[J]. *测绘通报*, 1999, (5): 13~15.
- 35 Mainguenaud M. Modelling the network component of geographical information systems[J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1995, 9(6): 575~593.

陆锋 1970年生,博士,副研究员。主要研究兴趣包括时空数据模型、空间索引、地理网络分析算法等。

李小娟 1965年生,博士,讲师。主要研究兴趣包括时空数据模型与时态GIS的设计与开发、空间信息综合技术在资源环境动态监测中的应用。

周成虎 1964年生,博士,研究员,博士生导师,国际欧亚科学院通讯院士,中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室主任。主要研究兴趣包括空间数据库挖掘与知识发现、地理空间单元相互作用、遥感影像的地理理解与分析等。

尹连旺 1966年生,博士,工程师。主要研究兴趣包括无级比例尺矢量信息压缩与复现技术、时态GIS的设计与开发、空间信息综合技术应用。