

城市地理信息系统若干问题的理论与技术方法^{*}

张新长 黄瑞红

(中山大学城市与资源规划系, 广州 510275)

摘要 分析了目前空间数据模型存在的问题和局限性,介绍了基于点、线、面的实体—类别—关系概念数据模型及其逻辑数据模型——一种扩展的网络数据模型和栅格矢量数据的集成式管理方法,及其在拓扑空间关系描述与表达方面的研究工作.分析了现有的商业化地理信息系统(GIS)工具提供的基本空间分析功能的局限性,针对具体的城市问题,提出了城市GIS空间分析模型的基本设计方法和空间数据的采集与更新.

关键词 城市地理信息系统, 数据模型, 空间数据采集

分类号 P 28

目前的城市地理信息系统(GIS)尚停留在较为初级的应用水平上.其中,一方面是现有GIS工具绝大多数采用的是“制图数据结构”,虽能较好地用于管理地图数据,但难于有效地表达现实世界中的空间现象和支持空间分析^[1];另一方面是现有GIS工具提供的基本分析功能,既没向用户提供所需的专业分析功能,也未能为用户自行设计应用分析功能提供有力的支撑工具^[2].此外,海量空间数据采集和GIS数据库更新依然是城市GIS建设和维护的一个瓶颈问题.因此,空间数据模型、空间分析模型和空间数据采集与更新是城市GIS的基本问题,有待深入地研究与发展.

1 城市空间数据模型

空间数据模型分为概念数据模型、逻辑数据模型和物理数据模型3个有机联系的层次.概念数据模型是关于实体及实体间联系的抽象概念集,逻辑数据模型是表达概念数据模型中数据实体(或记录)及其关系、存取路径和数据库结构.

1.1 空间概念数据模型 目前应用较广的有实体—关系数据模型和栅格数据模型.前者把现实空间中的空间实体抽象地看作是由平面上的点、线、面空间目标组成的,并主要描述这些空间目标与其组成弧段、结点、坐标之间的关系;后者认为连续空间由栅格覆盖,并隐含地描述栅格网之间的空间相邻关系.在描述和表达城市空间实体及其相互关系方面,这两种概念模型都存在局限性.

(1) 主要适于描述和表达二维空间实体,难以有效地表达现实世界中的三维空间实体及其相互关系.一般说来,利用这两种概念数据模型描述和表达三维空间(如城市建筑物)时,是将其投影到二维平面上去,将第三维的信息做为属性处理.这在许多场合下导致空间目标划分与表达的困难.

* 收稿日期: 1997-07-07 张新长,男,40岁,副教授

(2) 侧重于空间点、线、面目标自身的描述,没有顾及到它们彼此之间的一些重要空间关系(如相交、穿越等)和空间实体之间从属、组合关系的描述与表达,因而在一定程度上不能有效地表达现实世界中的空间现象和支持城市空间分析。

(3) 点、线、面数据模型和栅格数据模型最早是针对宏观(或小比例尺)应用发展起来的,因而在将其用于表达城市空间实体时,出现了一些新的问题。例如,城市主要道路要用双线表示,因此原有线状目标的定义必须予以修正或扩充;再如,城市主要道路在小比例尺数据库中为单线目标,在大比例尺数据库中为双线目标,如何实现两者之间的有机联系,对于宏观与微观相结合的城市空间分析十分重要。

(4) 从本质上说,这种数据模型主要是表达某一时刻的空间实体及其相互之间的联系,没有考虑表示空间实体的时空变化,因而在许多动态环境中难以应用。

(5) 在点、线、面数据模型中,点、线、面空间目标之间的邻接是隐含表达的,在寻找某一空间目标周围的其它一些空间目标时往往要花费较长的检索与处理时间,这在一定程度上影响了其在空间现象动态分析和空间过程动态模拟中的应用。

1.2 空间逻辑数据模型 概念数据模型中,数据实体之间的关系可分别采用层次、网络和关系 3 种逻辑数据模型表达^[3]。其中,层次和网络模型是结构化模型,即用显式连接(或表达)数据实体之间关系的结构;而关系模型则属面向操作,即要用关系操作提取或查询数据实体之间的关系。一般说来,结构化模型能直接地反映现实世界中空间实体之间的联系,关系模型则具有灵活简单的特点,因此有必要将两者的优点集中起来,形成新的或改进的逻辑数据模型。

1.3 空间物理数据模型 在物理上表达空间数据实体及其联系的一个重要问题是空间存取方法,其核心是建立起一种空间索引结构,用于有效地查询空间目标。在城市空间数据模型领域,基于点、线、面的实体—类别—关系概念数据模型(E-C-R model)中,其中每一实体既带属性,也可属于若干类别;通过将关系模型和结构化模型的优点结合起来,建立了 E-C-R 概念模型的逻辑模型——一种扩展的网络数据模型;在此基础上,采用集成式方法设计发展了支持矢量和栅格 2 种数据结构的城乡地理信息系统工具 URGT。与此同时,针对传统空间关系描述和表达方法的缺点和不足,对拓扑空间关系描述与表达进行探索,即采用点集拓扑的边界、内部、余构成的 9 元组做为描述拓扑空间关系的基本框架,推导和论证了二维空间简单目标之间的拓扑空间关系,关系集拓扑空间关系、辅助空间关系和顺序空间关系为一体的 2DT-String 表达方法,能表达点、线、面多种空间目标的拓扑关系。

2 城市空间分析模型

发展城市 GIS 的空间分析模型与应用功能的基本做法是,针对具体的问题或应用要求,在 GIS 现有基本功能的基础上,采用空间解析模型集成法和空间构建成建法,设计发展专用分析模型与功能。其中空间解析模型集成法是把 GIS 空间数据处理方法与空间解析模型集成起来,用 GIS 进行空间实体的数据管理和处理操作,用空间解析模型解释、模拟和预测空间实体(或现象)的性态与分布;空间过程建法是根据研究对象的空间发展过程,或人们从事城市规划管理决策的空间行为过程,将该问题领域知识与 GIS 空间数据处理方法结合起来,设计模拟空间发展过程或空间行为过程的算法与分析程序,在 GIS 支持下实现对空间现象(或实体)的性态与分布的分析解释和预测模拟。就实现技术而言,有 3 种基本方法:① 独立地发展 GIS 工具和空间解析分析软件,通过数据调用和传送实现两者

连接;② 在 GIS的环境下发展空间分析功能,用 GIS工具提供的语言和函数表达空间解析模型的分析对象,设计专门的空间数据处理操作与查询检索,解析计算和应用界面;③ 综合考虑 GIS和空间解析模型的要求,设计可满足两者要求的空间数据模型和用户界面。

作者采用空间解析模型集成法,设计了城市交通流量预测分析模型,并在 URG T提供的环境下,进行了软件设计与实验。首先将城市交通规则“四步法”模型的分析对象(如交通分区、路网、交通设施、货源分布等)定义为 GIS的点、线、面空间目标,把每一交通分区的人口、经济、用地、职工出行调查数据、货车一日出行调查数据、路段机动车和非机动车流量调查数据、路段货车入城调查数据等做为属性数据,形成交通规则空间数据库;继而利用 GIS对这些原始点、线、面数据进行操作处理,提取或生成交通流量分布、方式划分、流量分配等解析计算或分析所需的派生数据,包括交通小区间距离、小区所含结点表、路网连通矩阵、路网结点间最短距离、路段长度等;然后根据“四步法”模型的解析公式,进行小区交通发生量预测和小区间流量分布预测,并将其中的客流量进一步划分为不同交通方式的交通量,然后把各交通区之间的流量分配到拟定的路网上去,并进行路网的评价与调整。

3 基于遥感的城市 GIS空间数据采集

由于城市地域用地类型复杂且变化较快,利用遥感采集和更新城市 GIS基础空间数据,是目前国际 GIS领域的一个重要研究方向,其初步研究包括:

(1) 利用多时相航空航天影像,获取多种空间层次的城市规划基础空间数据,即根据各种城市地物或实体在遥感影像上表现出来的几何与光谱特征,建立直接判读标志或间接判读依据,用以确定城市有关组成要素的空间分布和数量构成,包括城市建成区与郊区的土地利用、经济社会物质实体分布密度(如建筑密度、建筑容积率、人口密度、绿化覆盖率等)、区域地质构造与水文动态迹象(如江河决口扇等)、城市“三废”污染源等;继而根据多时相遥感影像和有关的专业图件,通过叠加比较法,测定和分析某些城市要素在各时期的演进过程或变化情况,包括城市主要用地分布与构成的变化、城市形态演变、城市用地规划实施率等。根据城市总体规划的需要,设计一套技术方法和作业规程。

(2) 城市遥感影像理解与信息提取.在上述工作基础上,可进行基于城市数字遥感影像的地物信息提取的研究,采用双像三维途径从大比例尺城市航空影像上提取房屋等人工建筑物,考虑到房屋高出地面背景这一基本特征,双像三维途径是假设房顶结构为小倾斜三维平面任意多边形,在此基础上引入单侧结构一致性约束,以改进现有的城市影像匹配算法和获得可靠的影像边缘线划视差信息,并以视差信息为主导进行线划组合,生成房屋边界多边形,并将之与周围背景区分开来。

参 考 文 献

- 1 Lee Y C. GIS for urban applications problems and solutions. Environment and Planning (B), 1990, 17: 463- 473
- 2 陈军,唐治锋. Improving spatial analysis in urban GIS environment. Proceedings of the 3rd Beijing International GIS Workshop, 1993. 124- 162

3 邓良炳, 张新长. 地图·地信信息系统与规划. 广州: 广东地图出版社, 1995. 126~ 174

A Study on Fundamental Problems of Urban GIS

Zhang Xinchang^{*} *Huang Ruihong*

Abstract This paper discusses some fundamental problems of urban GIS and presents the author's research activities. Limitations of current conceptual, logical, physical spatial data models in urban GIS are examined in the light of the authors' research work including the development of an E-C-R conceptual data model, an extended network data model (logical model), a special GIS tool of integrated management of raster and vector data, and description and representation of topological spatial relationship. Basic methods for the development of urban GIS spatial models are discussed. In addition, the research also involves collecting and updating urban spatial information from remotely sensed urban images.

Keywords urban GIS, data model, spatial collecting data

^{*} Department of City and Resource Planning, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China