GIS空间数据库的更新技术

潘瑜春[1], 钟耳顺[2], 赵春江[1]
(1 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100089; 2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 空间数据库更新是当前GIS研究中急需解决的问题。本文分析了地理信息系统空间数据更新方式、实现的技术方法。研究表明空间分析技术是空间数据更新的基础, 空间叠加分析、实体空间关系分析, 以及基于实体空间关系的智能捕捉, 是实现区域空间要素整体更新和局部要素更新这两种更新方式的最主要的支持技术。

关键词: 地理信息系统; 空间数据库; 更新; 空间分析
中图分类号: P208

1 引言

GIS空间数据更新是通过GIS信息服务平台, 用现势性强的现状数据或变更数据更新GIS数据库中非现势性的数据, 达到保持GIS现状数据库中空间信息的现势性和准确性或提高数据精度的目的; 同时将被更新的数据存入历史数据库供查询检索、时间序列分析、历史状态恢复, 为决策管理和研究服务。因此GIS空间数据更新不是简单删除替换, 在更新的同时要记录历史。GIS空间数据更新的实质是空间实体状态改变的过程, 即实现由现实世界中的现状的地理实体转变为数据库中的现状实体及由数据库现状实体转变为数据库历史实体2个状态的转变。

当前, 在GIS建库中, 地图数字化是空间信息更新中的本底数据库的主要数据源。由于传感器技术的发展, 极高分辨率遥感数据将是GIS中数据更新的重要信息源。

其他GIS应用系统的相关数据是变更信息的又一重要来源, 如地籍管理系统中的地类块、建设用地管理系统中的建设用地红线等。这种方式体现基础数据的共享性, 可以降低成本, 提高获取效率。更重要的是地籍管理系统、建设用地管理系统等用于日常土地管理, 系统中数据基本上是实时更新的, 因此, 利用其他系统的数据可以实现土地利用信息的实时更新。空间数据更新方式有直接对数据库操作和对底图图形操作更新2种。对数据库直接更新, 不需要打开图形, 而是直接对数据集进行操作。数据集与图层的区别在于地图图层是在地图窗口中对数据集的可视化表达, 要用地图表达地理数据, 因此数据与图形不能等同。对数据库直接更新, 一般用于整体更新特定区域内的一些要素和所有要素。

2 区域空间要素整体更新与处理

区域空间要素整体更新通常通过开窗方式更新窗口内的几类或全部空间要素。它要求源数据准确度能够得到保证, 整体更新成本较高, 很少采用这种方法, 一般用在区域空间要素变更很大、数据现势性很差的情况下的数据更新。更新区域可以是标准图幅或行政区单元(权属单位)。数据更新的前提是用于更新的数据与被更新数据位于同一坐标系, 使之具有可叠加分析, 因此坐标匹配是数据更新不可缺少的环节。由于数据源的多尺度性, 在实际更新中一般用大比例尺数据更新小比例尺数据, 因此数据综合也成为数据更新的重要环节。叠加开窗是根据更新数据范围, 在数据库确定被更新的区域, 同时进行数据更新。数据接边处理是编辑处理数据库中被更新区域与周围数据之间的一致性问题。

收稿日期: 2003-05-23.
基金项目: 农业部"引进国际先进农业科学技术"专项资金资助项目(2001~230); 863专项资金资助项目(2002AA134073).
作者简介: 潘瑜春(1971-), 男, 安徽歙县人, 国家农业信息化工程技术研究中心博士, 主要从事遥感与地理信息系统应用、地理信息系统工程研究。E-mail:Panyc@nercita.org.cn

区域空间要素整体更新的数据源一般以电子数据格式存在,其操作对象是数据集,主要是通过数据集之间的空间叠加分析(Overlay Analysis)实现的。叠加分析是将同一区域内 2 组或 2 组以上的要素进行叠加,产生新的空间要素实体,这些要素实体将带有参与叠加的组信息。

叠加一般有 1 个面要素数据集参与。在 GIS 中 2 个数据集之间的叠加分析主要有求交、取子集、更新 3 种方式,不同方式在应用中的地位和作用也不同。

求交是对 2 个数据集进行求交处理,生成的数据集中的实体带有 2 个数据集属性,包括 Intersect、Union、Identity,它们的重要区别在于整个输出数据集范围不同。在数据更新中主要用于获取变更前后 2 个数据集之间相联系的信息, 如变更前后的历史继承关系,变更前后的地类变化信息。

叠加分析中可以通过 Clip、Split 实现从输入数据集中提取子集。Clip 提取的子集范围是叠加数据集的范围,Split 是执行一系列 Clip 操作, 将一个数据集分割成若干子数据集。在空间信息更新中可用于变更数据源的提取。

通过叠加分析,用于更新被叠加数据集的方式包括 Erase、Update。Erase 是擦除被叠加数据集中与叠加数据集重叠的区域;Update 是替换被叠加数据集中与叠加数据集重叠的区域,是区域要素整体更新中的主要方式。

在区域要素整体更新过程中,一般首先取子集获取更新数据源, 然后求交获取变更继承关系信息,最后擦除基本数据集并更新源数据中数据集覆盖的区域。叠加分析是区域要素整体数据更新中一个关键环节,然而,边界不一致是叠加分析更新数据的产物,因此数据接边处理与图斑公共边界线处理是区域整体更新中的重要环节。

由于数据源尺度、数据获取方式等引起的数据精度和准确度的差异,因此经常出现在数据整体更新时,相邻区域边缘处的地物不一致。

数据自动接边处理的关键技术在于边界不一致的自动检测,这有待于进一步研究,目前只能通过人工或半自动方法实现。对于位移一般通过加权平均值、平差处理的方法实现自动拼接。在 Arcinfo 中提供 Edgematch 交互接边处理工具,它将被调整的点拉伸到参考点的坐标位置实现。

由于数据源的比例尺、精度、获取方式(如进行图形综合时,采用不同方法),特别是在利用遥感影像获取时,因为分类、判读或分类标准不同,因此所提取的图斑所表达的范围不一致。因此,在区域要素整体更新叠置操作时,图斑间往往不能保持拓扑邻近,而出现不重合或叠加现象。图斑边界不一致性遵循以下 4 条规则 (Goodchild,1991): ①面积较小;②形态扁长,周长与面积的平方根较大;③组成多边形的弧段仅为 2 条, 而且来自不同的图斑;④每个节点关联 4 条弧段, 因此一般表现为视觉邻近。相邻图斑边界不一致有相交、分离和交织型 3 种。对于图斑边界线相交型的不一致现象,一般采用精度占优法、面积占优法、公共边界长度占优法或中轴线法。对于拓扑结构数据 ArcInfo 提供的 Eliminate 是实现公共边界不一致性处理的有效方法。分离型不一致现象,一般采用精度占优法或中轴线法。艾廷华(2000)提出利用 Delaunay 三角网提取主骨架线实现复杂类型的图斑边界线不一致现象。

3 区域空间要素的局部更新

用于区域局部对象更新的数据源可以有 2 种方式:电子数据、非电子数据(如直接输入坐标、直接勾绘)。局部更新操作对象是根据空间要素对象,根据空间要素对象之间的相互关系,一般只需要更新点、线和面要素,注记与地物属性紧密相联系,可以根据属性实现自动更新。对于局部更新一般将参照调查工作底图勾绘,现状数据叠加遥感影像或其他系统的数据作为背景实现更新。在变更过程中由于不同来源数据的精度不同, 经常产生数据不匹配,因此匹配处理是局部更新的重要环节。

(1)数据模型对局部更新实现的影响。拓扑结构数据模型以空间实体间拓扑关系为基础组 织管理几何要素。数据拓扑关系以整个管理区域为单位建立,所有涉及空间实体几何属性的编辑、更新操作(如增加、删除、修改地理实体)就必须对整个区域进行拓扑重建,因此局部更新效率较低。但基于拓扑结构的空间数据更新可以充分享用实体之间的共享边界,减少数据输入量,通过拓扑重建实体之间拓扑关系,保持了图斑的基本特性。

面向对象数据模型以对象实体为单位存储管理空间几何要素,强调空间实体的完整性。实体之

间拓扑关系是隐含存在的，一般在分析时临时建立。面向对象数据模型局部更新比较方便,对单个实体增加、删除、修改不影响其他要素实体,因此效率较高。但面向对象数据模型实体间不能共享公共点和边界线,需要重复存储,因此在变更编辑过程中很难保持相邻实体间的边界共享,容易产生边界不一致现象,这要求在数据更新时要充分利用原有边界线或探索不同更新实现方式以满足不同变更的类型。

(2)实体空间关系操作在数据更新中应用。不同于区域要素整体更新,在交互式空间实体图形变更编辑操作中,其操作对象是单个实体。因此采用的空间分析方法也有差异,整体更新是采用数据集之间的叠加分析实现,而单个实体更新通过空间实体之间的空间关系操作实现。

单个实体更新主要通过基本实体和比较实体之间的空间逻辑关系的比较实现分割和合并,及其组合操作实现。所有复杂变更都可以经过相继的 2 个实体操作实现，如 1 个图斑分割成 4 个图斑,可以先分成 2 个,然后再继续经过 2 次分割。因此分析空间实体之间空间关系，将有助于变更操作实现。空间实体之间的主要关系有 Equals、Contains、Within、Crosses、Disjoint、Overlaps、Touches。用于变更操作的实体间主要空间关系及在变更实现中的应用如表 1。

在变更实现中,用面状实体作参照实现面状实体变更时,有 4 种基本的空间操作类型分别实现面状实体的分割和合并。

求交(Intersect)是求取同时包含在基本实体与参照实体中的点集合构成的共有面状,又可以成为取子集。异或(Difference),求取基本实体中,不包含在参照实体之间点集合构成的面状实体或求取基本实体中包含在参照实体中的点集合构成的面状实体。以上 2 种操作主要实现对面状实体的分割操

表 1 实体空间关系及在变更操作实现中的应用

Tab.1 Entities' spatial relationships and their applications to land use information update

基本实体 参考实体	点 实 体	线 实 体	面 实 体
点实体	•Equals：校验去重复点	• Contains：打断线实体、线实体形状调整 • Within, Overlaps, Equals, Con-tains：实体校验，去重复线	• Contains：零星地物面积扣除 • Touches：边界调整
线实体	• Within：打断线实体、线实体形状调整	• Crosses：打断线实体 • Touches：连接线实体	• Crosses：打断线实体 • Contains：线状地物面积扣除
面实体	• Within：注记更新、选择	• Crosses：分割面实体	• Contains：面状实体分割成含岛面实体 • Overlaps：分割面实体，校验 • Equals：校验 • Touches：合并面实体(多于 1 点)

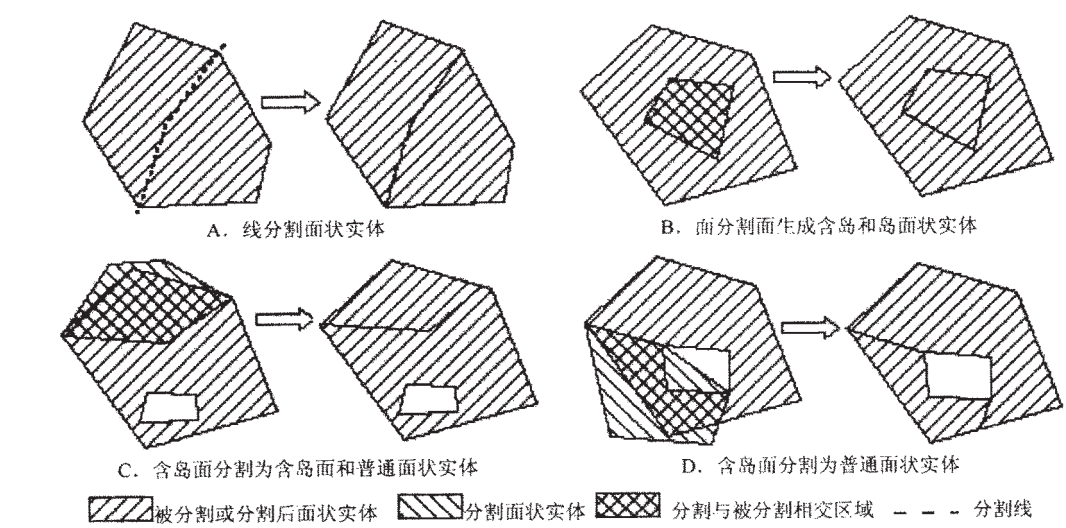

图 1 面状实体主要分割实现方式

Fig.1 Main split modes of polygons

作。除面状操作实现面状实体分割之外,应用更多的是线面操作实现面实体分割。

合并(Union)是求取包含在基本实体中或参照实体中的所有点形成一个面状实体。相并(And),与合并操作原理相似,其区别:合并是在 2 个有公共边界线的面状实体之间的操作,而后者可以是 2 个相离的面状实体相并,相并结果是生成一个复合的面状实体。因此,具有公共边界的 2 个面实体还可以通过相并操作实现合并。

(3)局部更新实现。分割是面状实体一种主要变更形式,由于参与分割的源数据形式和类型不同,导致分割更新的实现方式不同,主要有线分割面和面分割面。面状实体分割的关键是保持面的边界与相应线状实体的重合,因此要避免重复输入,尽可能使用已有线状实体或不同数据层的面状实体参与分割,实现边界共享,如图 1 总结了面分割方式。

以上分割都适用于面向对象模型的数据更新,对于拓扑结构面状实体更新一般将面分成点(作为面的属性的载体)和线(限定面实体的边界),因此没有面分割面的实现方式,只需添加分割线,并重新建立拓扑实现。

合并是由多个两两相邻面状实体合并生成 1 个面积较大的面状实体过程,无论是普通面状实体,还是含岛面状实体之间合并,通常只在被变更图层选择所要合并的实体执行合并操作。在 GIS 中,面状实体具有内部连通性,因此不相邻面状实体不能实现合并操作。对于拓扑结构的面状实体通过删除公共边界线实现实体的合并。复杂分并是一种常见的空间实体变更形式,其实质是由多个分割面的操作合成的,如图 2。

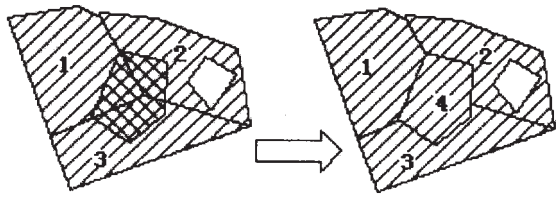

图 2 面状实体的复杂分并

Fig.2 Complex change of polygons

智能捕捉的基础是空间分析,它是 CAD 制图中一项比较成功的功能。在区域要素局部更新方法实现中,充分利用已有边界线,保证数据边界一致是实现更新的关键,这是基于面向对象数据模型的 GIS 平台中解决数据编辑时,边界不一致性的关键技术。

4 结论

研究表明,空间数据更新的实现离不开 GIS 空间分析,因此空间数据库更新要在 GIS 这一地理信息服务平台中实现。由于数据源获取方式、更新操作对象等不同,区域空间要素整体更新与局部更新的实现有着本质的区别,如表 2。

GIS 数据模型对数据更新实现,具有较大的影响,拓扑结构更适合整体更新,而局部更新在面向对象模型中更容易实现。在空间数据更新中引入智能捕捉 CAD 制图技术是解决在基于面向对象数据模型系统中边界重合问题的有效方法。

表 2 区域整体更新与局部更新的对比分析

Tab.2 Comparison between complete update and partial update

更新方式	数据源方式	操作环境	操作对象	实现方法	技术难点
整体更新	电子数据	数据库	数据集	叠加分析	数据接边图斑边界一致性处理
局部更新	电子或非电子数据	地图	空间实体	实体空间关系	公共边界线重合

参考文献

[1]Goodchild M F. Issues of Quality and Uncertainty. Advances in Cartography, Elsevier Applied Science,1991.

[2]艾廷华,毋河海.相邻多边形共享边界的一致化改正. 武汉测绘科技大学学报,2000,25(5):426~430.

[3]冯孟华.我国 GIS 基础地理数据获取与更新发展战略初探.测绘通报,1996(4).

[4]吉建培,王东华,商瑶玲 等.利用遥感技术更新全国 1:25 万数据库的初步试验.遥感信息,2001(2):28~30.

[5]蒋捷,陈军.基础地理信息数据库更新的若干思考.测绘通报,2000,(5):1~3.

[6]李德仁,陈小明,郭丙轩 等.车载 GPS 道路信息采集和更新系统研究.武汉测绘科技大学学报,2000,25(2):95~99.

[7]廖朝俊.中小城市大比例尺地形图数字化更新方案. 城市勘测,2000,(3):46~48.

[8]潘正风.城市地图数据库及地图更新. 测绘工程,1999,8

(4):1~5.
[9]宋小冬.大比例尺基础地图更新的有效途径. 测绘通报, 2001,(11):25~26.
[10]周 勇,汪善勤,王庆云 等.建立土地资源信息系统的若干问题与对策. 遥感学报,1998,3(1):71~76.
[11]朱 庆,李志林,龚健雅 等.论我国"1:1 万数字高程模型的更新与建库".武汉测绘科技大学学报,1998,24(2):129~133.
[12]Fritsch D. GIS Data Revision-visions and Reality. Key-note Speech in Joint ISPRS Commission Workshop on Dynamic and Multi-dimensional GIS. Beijing:NGCC, 1999.

A Study on Update Technologies for Spatial Database

PAN Yuchun[1], ZHONG Ershun[2], ZHAO Chunjiang[1]

(*1 National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China*;
2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Spatial database update is a matter of urgency, which will become the "bottleneck" to GIS application instead of spatial data production, hence it has become a focus in GIS research fields. The aim of this study is to provide reference to help solving the problem of spatial information update. In this paper, ways of land use spatial data update and the methods to achieve update are studied. Overlay analysis, spatial relationship between spatial entities and smart snap based on spatial analysis are the technical bases for spatial data update. Complete update and partial update are two main ways to spatial data update, and they have differences in many aspects, such as existing way of data sources for update, operational object, technologies for update and key technologies.

Key words: GIS; spatial database; update; spatial analysis