

# 多尺度土地利用数据库构建过程中的拓扑一致性维护

李精忠, 艾廷华

(武汉大学 资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079)

## The Maintaining of Topology Consistency for Multi-scale Land-use Database Construction

LI Jingzhong, AI Tinghua

**摘要:**逻辑一致性是空间数据质量的重要特征之一。数据一致性维护涉及基础地理数据、土地利用数据、土地权属数据和基本农田数据等多个要素类型和多种几何类型,总结土地利用数据库中多源数据集成产生的各种拓扑关系情形。结合数据的地理意义,重点研究线线拓扑关系、面线拓扑关系和面面拓扑关系经综合后可能产生的不一致性,提出基于GIS叠置分析和常规综合算子的一致性维护方法。该方法具有较强的操作性和工程适应性。

**关键词:**土地利用; 地图综合; 一致性; 拓扑关系

土地利用数据是反映土地位置、数量、质量、分布、类型、权属和利用状况的专题数据,具有全覆盖、无重叠、无缝隙等特征。土地利用数据的综合涉及综合规则的制定,综合算子、算法、模型的设计和综合结果的评价等<sup>[1-4]</sup>。综观国内外的研究现状,大多数的工作集中在综合前的特征分析与综合过程的操作实施,对于综合后的质量评价与一致性维护问题讨论较少。部分研究从单一操作、单个要素层的角度讨论了该问题,艾廷华等基于土地利用数据全覆盖、无重叠、无缝隙特征,建立了土地利用类型图的融合与聚合操作<sup>[1]</sup>;艾廷华等基于 Delaunay 三角网研究了土地利用数据共享边界的维护问题<sup>[2]</sup>;陈先伟、Bader 等研究了拓扑一致前提下单个图斑层的融合、聚合、删除和降维等操作<sup>[3-4]</sup>。这些关于土地利用数据综合算子和拓扑一致性的研究都只是针对单个的图斑层。实际上,土地利用数据库是对多源数据的集成,它还包括行政权属、基础地理背景等要素。因此,土地利用数据库的拓扑一致性也包括两个不同的层次,即图层内的拓扑一致性和图层间的拓扑一致性,如何维护跨层要素间的拓扑一致性是一个难点。

### 一、土地利用数据间的拓扑关系

基础空间关系分为3种:拓扑关系、度量关系、顺序关系<sup>[5]</sup>。其中,拓扑关系是关于空间数据质的关系<sup>[6]</sup>,是土地利用数据需要重点维护的<sup>[7]</sup>。在第

二次全国土地调查的农村土地利用数据库中,点状要素主要包括控制点、高程注记点和零星地物;线状要素主要包括等高线、行政界线、线状河流及沟渠、线状道路和地类界线;面状要素主要包括行政区、地类图斑和基本农田。点状要素相关的关系较为简单,只可能存在相接、相离和在内部3种关系。线线之间可能存在相等、相接、在内部、包含、穿越、相交和相离7种关系。就土地利用数据而言,同层线状要素之间的关系只可能是相接或者相离关系,跨层之间的关系(如道路与河流)还可能存在着穿越关系,它们与地类界线及行政界线之间可能存在所有的7种线线关系。面线之间可能存在相接、包含、穿越和相离4种关系。值得注意的是基本农田和行政区存在不同的级别,如基本农田包括基本农田保护区、基本农田保护片、基本农田保护块和基本农田保护图斑4个不同的层次,而行政区也存在村、乡镇、区县、地市、省和国家6个不同的层次,这种层次性对线面关系是有影响的,表现为高级别的基本农田和行政区可能包含地类界线和行政界线。面面之间可能存在相等、相接、在内部、包含、相交和相离6种关系。同层面状要素之间土地利用图斑具有全覆盖、无重叠、无缝隙的特征,图斑之间只可能是相接或者相离关系。考虑到基本农田和行政区的层次性,它们之间还可能存在着包含和在内部关系,即高层次的基本农田可能包含低层次的行政区,反之亦然。

收稿日期: 2010-12-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41001229);教育部博士点基金资助项目(20100141120052);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目

作者简介: 李精忠(1983—),男,湖北麻城人,讲师,研究方向为地图综合、空间数据多尺度表达。

## 二、土地利用数据拓扑一致性维护

在实际操作中的拓扑一致性维护主要涉及线线拓扑关系、面线拓扑关系和面面拓扑关系。下面结合土地利用数据库中的要素类型和几何类型分别说明这3种拓扑关系的维护。

### 1. 线线拓扑关系维护

线线关系主要是保持同层之间的邻接关系,以确保河流道路等的连通性。跨层关系的地理意义体现在行政界线多以道路或者河流为界,二者之间可能存在相等、在内部、包含和相交4种关系。地类界线存在类似的情况,且地类界线不会超越行政界线,即地类界与行政界之间不会存在穿越关系。其他3种关系(相接、相离和穿越)对于跨层的线线要素意义不大。

同层线线关系的维护,首先在线层定义相关的拓扑规则,然后在规则之上执行化简、光滑等综合操作,规则约束之下的操作不会破坏原始的拓扑关系。在此,笔者重点研究跨层的线线一致性维护。考察需要重点维护的4种线线关系(相等、相接、在内部和包含),发现它们具有一个共同的特性,即在几何上具有一定程度的公共边。基于这一特性,可以通过空间分析把不同要素的公共部分和不同部分分别提取出来,形成中间过程数据。所有的综合操作如化简、光滑等都作用于这些中间数据,综合完毕,再从中间数据恢复各种要素。

图1是道路和境界线两种线状要素一致化简流程。首先,对两个线状要素层作叠置分析,得到

要素层之间的共享边和非共享边,形成中间数据,如这里得到的是境界孤立边、境界与道路的共享边、道路孤立边。然后,对中间数据进行化简综合,如可以使用ArcGIS的ToolBox工具箱中的simplify line算法来去掉小于容限值的弯曲。最后,对综合化简之后的孤立边和共享边进行匹配,形成结果数据。

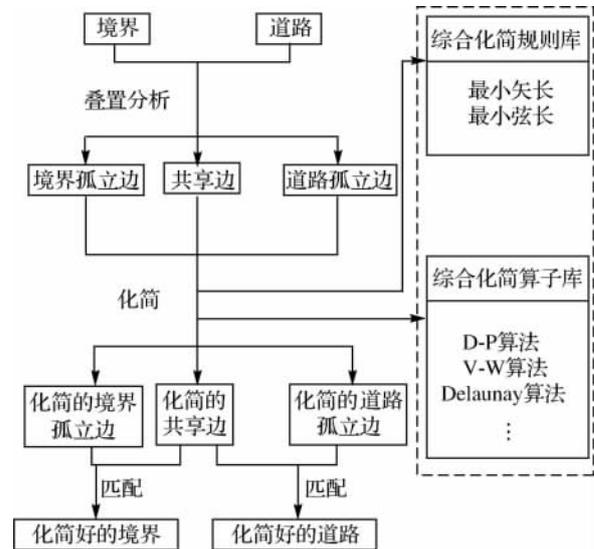


图1 境界与道路协同化简流程

图2显示了线状要素境界与道路综合的情形。其中(a)是原始的道路与境界,二者具有共享边; (b)是境界单独化简的结果,二者的拓扑一致性被破坏了; (c)是经过跨层化简之后的结果,该结果保持了综合前的拓扑一致性。

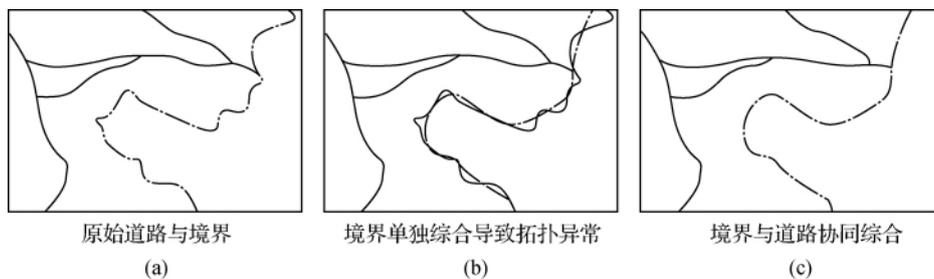


图2 境界与道路一致性维护

### 2. 面线拓扑关系维护

面线关系主要是维护相接关系,其地理意义体现在地类图斑多以线状要素和行政界线为界,行政区也多以线状要素为界,且行政区和行政区界线、地类图斑和地类界只存在相接关系。基于第一节的讨论,可以将面转换为拓扑弧段,再在弧段的基础上作拓扑一致的综合化简,然后基于综合弧段重

新构建面。这里以地类图斑、地类界线和河流的拓扑联动化简来说明其与线线拓扑关系维护的不同。首先,将面状的地类图斑转换为拓扑弧段,得到地类界线;然后,对转换的地类界线和河流使用第一节所述的协调线线化简方法进行联动化简;最后,把属于地类图斑和河流的弧段分别提取出来进行实体匹配,形成化简后的地类图斑和河流,并将原

始地类图斑和河流的属性分别传递给化简后的地类图斑和河流。与线线相比,面线拓扑关系的维护在综合前需先进行预处理将面转化为弧段,综合后需进行后处理将弧段分门别类重新构建线和面实体。

图3表示的是河流、地类界线和地类图斑化简的情形。其中,(a)是原始的地类图斑、地类界线和河流,地类图斑和地类界线之间存在严格的相接关系,地类图斑和河流之间存在共享边界,即相接。(b)是地类图斑单独化简的结果,显然,图斑与地类界线及河流之间的相接关系被破坏了。(c)是经过上述拓扑联动化简的结果,化简前后地类图斑、地类界线和河流的一致性得以较好地维护了。在上述过程中,整个河流实体被剖分为多个弧段分别化简,虽然维护了拓扑一致性,但是,河流形状在弧段节点处存在曲率突变(如(c)的箭头所示),不符合常规的认知,这是后续需要考虑并且改进的地方。

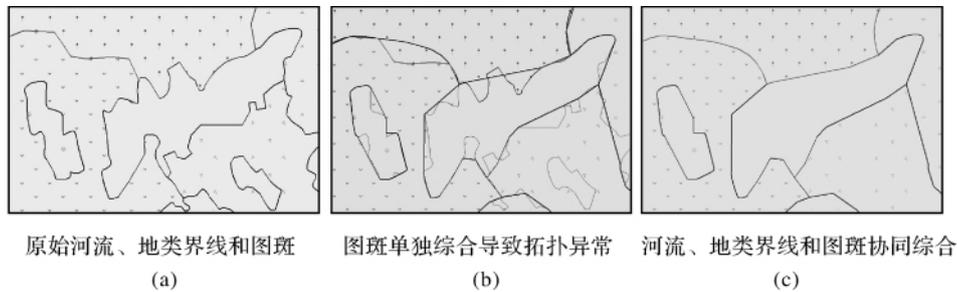


图3 河流、地类界线和地类图斑一致性维护

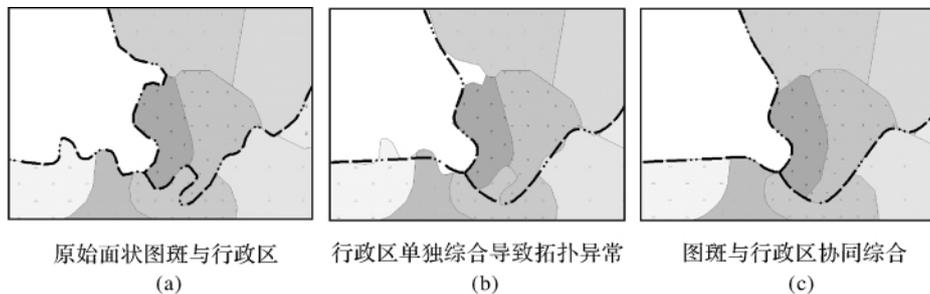


图4 行政区界与地类图斑的一致性维护

对于面状要素而言,常见的综合操作除了边界化简,还有中轴化、合并和融合操作。在1:10 000的基础数据库中,河流、沟渠和道路往往以面状要素的形式被调查,随比例尺的缩小,需执行中轴化操作将其收缩为线状的河流、沟渠和道路。中轴化操作对面状图斑进行降维处理,其结果不会跨越行政区,不会破坏面关系。合并和融合操作需在综合过程中添加规则控制以确保不会产生越界的操

### 3. 面面拓扑关系维护

同层面关系维护主要是确保层内多边形的无重叠、无缝隙的特点,可以将面转化为线在弧段级别上处理,也可以在面的级别上处理,然后通过后处理的方式来维护<sup>[2]</sup>;跨层面关系主要是确保地类图斑边界与基本农田边界及行政区边界的吻合。地类图斑与基本农田边界的吻合较为简单,只需在地类图斑中标识出哪些图斑属于基本农田,然后提取相应的图斑构建基本农田即可。地类图斑与行政区的吻合采用与第二节类似的思想,在综合之前先进行预处理将所有的面转换为拓扑弧段,在弧段的属性中显示标识出弧段的属性(存在3种情况:仅作为图斑边界、仅作为行政区边界、同时作为图斑和行政区边界),对弧段进行综合,综合之后基于不同的属性重新构建图斑和行政区,并进行属性传递恢复各自的属性。图4是面状行政区与地类图斑协同综合的情况。

作,如只针对坐落代码和权属代码相同的图斑进行操作。

### 三、结束语

拓扑关系的维护一直是GIS领域研究的热点和难点问题,虽然取得了一系列的理论研究成果,但是鲜有面向工程实践的可操作性方法。本文以土地利用数据库为例,研究了多源数据集成、综合过

程中的跨层拓扑一致性维护问题,提出了基于GIS的叠置分析和常规的化简、合并、删除等综合算子的拓扑一致性维护方法。该方法简单易行,能较好地维护跨层间的线-线、面-线以及面-面拓扑一致性,具有较强的操作性和工程适应性。

#### 参考文献:

- [1] 艾廷华,刘耀林. 土地利用数据综合中的聚合与融合[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2002, 27(5): 486-492.
- [2] 艾廷华,毋河海. 相邻多边形共享边界的一致化改正[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 25(5): 426-431.

- [3] 陈先伟,郭仁忠,闫浩文. 土地利用数据库综合中图斑拓扑关系的创建和一致性维护[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2005, 30(4): 370-373.
- [4] BADER M, WEIBEL R. Detecting and Resolving Size and Proximity Conflicts in the Generalization of Polygonal Maps [C]. Proceedings of the 18th ICC, Stockholm, Sweden, 1997, 3: 1525-1532.
- [5] EGENHOFER M. Pre-processing Queries with Spatial Constraints [J]. PE&RS, 1994, 60(6): 783-970.
- [6] 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.
- [7] EGENHOFER M, FRANZOSA R. Point-set Topological Spatial Relations [J]. Int. J. GIS, 1991, 5(2): 161-176.

(上接第8页)

下产生的成果是不能接受的。另外4组约束解算的结果都是可以接受的,其中以约束项(0.05/0.05/0.06)得到的基线精度最高。因此设置测站坐标约束时,应该对解算数据质量、初始坐标精度和其他参数设置进行综合考虑,太强的约束得到的基线成果并不可靠。

#### 五、结束语

GAMIT由于其结构的复杂性,需要准备的文件很多,在安装和解算过程中有时严格按照步骤操作也会遇到许多问题。对输入文件的内容和格式作更多的了解和研究,不但能快速解决解算中出现的问题,更能充分利用和挖掘其强大的高精度解算能力。

由于现在的主流操作系统仍然是Windows系统,而GAMIT是基于UNIX或LINUX平台的,其处理的数据和得到的成果需要在两个不同系统之间频繁流转。一个可行的方法是<sup>[3]</sup>,在UNIX系统需要得到Windows系统的数据可以执行磁盘挂载命令mount;反之可以通过第三方软件explore2fs,方便地

从UNIX系统中获取数据。

从对解算成果及精度的分析可知,GAMIT解算的长基线的全长相对精度达到 $10^{-9}$ 量级,完全能满足地球动力学、GPS气象学等学科的精度要求。配置文件的参数取舍和设置对成果精度有很大影响,设置不当会使精度降低,成果不可靠,甚至造成解算失败,除以上分析的主要参数外,其他参数设置所造成的影响也是值得研究的内容。

#### 参考文献:

- [1] Department of Earth, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology. Document for GAMIT GPS Analysis Software. Release10.3 [R]. USA: MIT, 2002.
- [2] 刘大杰,施一民,过静珺. 全球定位系统(GPS)的原理与数据处理[M]. 上海:同济大学出版社, 1999.
- [3] 马洪滨,贺黎明. 新版GAMIT软件的功能特点与应用实例分析[J]. 矿山测量, 2008(4): 35-39.
- [4] 李征航,黄劲松. GPS测量与数据处理[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2005.
- [5] 梁光民,王隆杰. LINUX操作系统实用教程[M]. 西安:西安电子科技大学出版, 2004.

(上接第25页)

建设分布式地理信息共享与服务的数据和网络环境,提供面向政府部门的地理信息服务及面向公众的地图与地理信息服务。

#### 参考文献:

- [1] 龚健雅. 地理信息系统基础[M]. 北京:科学出版社, 2001.

- [2] 龚健雅. 空间信息资源共享与互操作技术[J]. 国土资源信息化, 2003(5): 15-21, 32.
- [3] 王建涛. 基于Web的地理信息服务的研究与实践[D]. 郑州:信息工程大学, 2005.
- [4] 国家测绘局. 国家地理信息公共服务平台技术设计指南[R]. 北京:国家测绘局, 2009.
- [5] 贾文珏,龚健雅,李斌. Web要素服务的优化方法[J]. 测绘学报, 2005, 34(2): 168-174.