

文章编号:1001-9081(2006)10-2522-03

地籍空间数据库拓扑关系分析及基于规则的验证方法

冯杭建¹,麻土华¹,刘伟宏¹,李 伟²

(1. 浙江省国土资源厅 信息中心,浙江 杭州 310007; 2. 浙江工业大学 软件学院,浙江 杭州 310028)

(fenghj@zjdlr.gov.cn; pcerma@163.com)

摘 要:为了提高空间数据质检的效率,实现要素类间拓扑关系的智能检测,在分析地籍空间数据库要素拓扑关系分类的基础上,提出了基于拓扑规则的拓扑关系验证方法,并采用 GIS 开发平台 ArcEngine,开发了空间数据质检系统 LR_Checker。大量地籍空间数据的测试表明,采用 LR_Checker 可大大降低数据检查的工作量,基于拓扑规则的拓扑关系验证方法是正确、有效和合理的。

关键词:拓扑关系;地籍空间数据库;拓扑规则;地理信息系统;要素类;Geodatabase;ArcEngine

中图分类号: TP311.52 **文献标识码:** A

Topology relationship analysis of cadastral spatial database and validity method based on rule

FENG Hang-jian¹, MA Tu-hua¹, LIU Wei-hong¹, LI Wei²

(1. Information Center, Land and Resources Department of Zhejiang Province, Hangzhou Zhejiang 310007, China;

2. Institute of Software, Zhejiang University of Technology, Hangzhou Zhejiang 310032, China)

Abstract: In order to enhance the efficiency of spatial data quality checking and realize the intelligent topology relationship testing between feature classes, the topology relationship classification of the cadastral spatial database was analyzed and a topology relationship verification method was proposed based on topology rules. A spatial data quality checking system LR_Checker was developed by using GIS development platform ArcEngine. The testing with massive cadastral spatial data indicate that, the use of LR_Checker can greatly reduce the data checking work, and the proposed verification method is accurate, effective and reasonable.

Key words: topology relationship; cadastral spatial database; topology rules; GIS; feature class; Geodatabase; ArcEngine

空间数据的拓扑关系及其处理方法在高级的空间分析处理和空间数据库数据质量保证方面具有相当重要的作用^[1]。如果没有相应的高效检查手段和可执行的计算机辅助检查工具,拓扑关系检查势必成为地籍数据库建设工作中的瓶颈环节。本文在深入分析地籍数据图形拓扑关系的基础上,提出了基于拓扑规则的拓扑关系验证方法,并开发了流程化可定制的地籍数据质检系统 LR_Checker,较好地解决了这一难点问题。

1 地籍空间数据库拓扑关系分析

根据现有的地籍数据标准规范,从逻辑概念层面抽象出地籍空间数据库要素所需遵循的一组拓扑关系。本文将地籍空间数据库要素拓扑关系分为 5 大类 17 个小类,5 大类包括面、线等拓扑关系,17 个小类包括宗地面内无叠盖无缝隙等拓扑关系,如表 1 所示。根据拓扑关系涉及的要素类个数,又可将拓扑关系分为要素类内拓扑关系和要素类间拓扑关系两大类。地籍空内数据库的要素类内拓扑关系包括行政区面内无叠盖无缝隙等 7 个关系,要素类间拓扑关系包括街道是行政区的严格剖分等 10 个关系。

要素类内拓扑关系 只涉及一个要素类,即源要素类,它用于维护同一要素类内同一或不同类型要素间的拓扑关系。

要素类间拓扑关系 涉及两个要素类:源要素类和目标要素类,它用于维护不同要素类内不同类型要素间的拓扑关系。

表 1 地籍空间数据库拓扑关系分类

序号	拓扑关系大类	拓扑关系小类			
		序号	具体规则描述	源要素类	目标要素类
1	面拓扑关系	1	行政区面内无叠盖无缝隙	行政区	×
		2	宗地面内无叠盖无缝隙	宗地	×
		3	街道面内无叠盖无缝隙	街道	×
		4	街坊面内无叠盖无缝隙	街坊	×
		5	地类块面内无叠盖无缝隙	地类块	×
2	线拓扑关系	1	线状地物不互相叠盖	线状地物	×
		2	地类界不互相叠盖	地类界	×
3	面:面拓扑关系	1	街道是行政区的严格剖分	街道	行政区
		2	街坊是街道的严格剖分	街坊	街道
		3	地类块是街坊的严格剖分	地类块	街坊
		4	宗地是街坊的严格剖分	宗地	街坊
4	面:线拓扑关系	1	境界线是行政区边界	境界线	行政区
		2	街道界是街道边界	街道界	街道
		3	街坊界是街坊边界	街坊界	街坊
		4	界址线是宗地边界	界址线	宗地
		5	地类界是地类块边界	地类界	地类块
5	点:线拓扑关系	1	界址点在界址线上	界址点	界址线

收稿日期:2006-05-22;修订日期:2006-06-21

作者简介:冯杭建(1979-),男,浙江义乌人,硕士,主要研究方向:空间数据库引擎、数据互操作、GIS; 麻土华(1967-),男,浙江兰溪人,教授级高级工程师,主要研究方向:空间数据处理、GIS; 刘伟宏(1976-),女,黑龙江齐齐哈尔人,硕士,主要研究方向:GIS在国土资源管理中的应用; 李伟(1976-),男,河南信阳人,博士,主要研究方向:分布式GIS、GIS软件。

通用的 GIS 软件平台和专用的数据检查工具一般都可实现要素类内拓扑关系的检测,本文就不再做详细论述。而对于要素类间拓扑关系的检测,大多数通用的 GIS 软件平台如 MapGIS、SuperMap 和一些专用的数据检测工具软件如 TD_Checker 都还无法实现,因此对要素类间拓扑关系检测的实现就成为研究的重点内容。

根据目前省部级地籍数据库标准规范的规定,同类要素归入同一要素类,不同要素归入不同的要素类。由于不同地籍要素之间要产生关联(如界址点要素类中的界址点要素和界址线要素类中的界址线要素,要产生“界址点必须落在界址线上”的关联),要素间的拓扑关系就成了关联的纽带。因此,要素类间拓扑关系的正确性,就成了表征地籍数据质量的一个重要因子。

2 基于规则的拓扑关系描述

2.1 拓扑规则

为了描述地籍空间数据库的拓扑关系,定义一组原子级的拓扑规则,然后在此基础上,定义基于规则的拓扑关系描述。拓扑关系可以通过一个原子规则或多个原子规则的组合来描述。如图 1 所示,地籍数据拓扑关系 A 通过 3 个原子规则进行描述:原子规则 1、原子规则 2 和原子规则 3。土地利用数据拓扑关系 B 通过单一原子规则进行描述:原子规则 2。我们通过综合分析地籍空间数据的特点,定义出一组具有普遍适用性的原子拓扑规则,包括:面层内要素不相互重叠、面层内要素之间没有缝隙、线层内要素不相互重叠、线层内要素不互相相交、线层内要素没有悬挂节点、线层内要素没有伪节点、面层和另一面层边界一致、面层和另一面层相互覆盖、线层必须被面层边界覆盖、点要素必须被线要素的端点覆盖等。

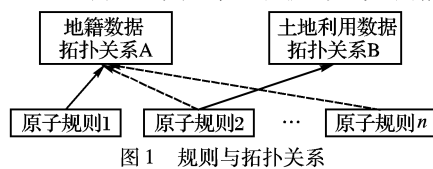


图 1 规则与拓扑关系

2.2 要素类间拓扑关系规则

经分析可知,要素类间拓扑关系可归纳为面面、线线和点线三大类。

2.2.1 面面严格剖分拓扑关系规则

地籍空间数据库面面严格剖分拓扑关系,如宗地是街坊的严格剖分的拓扑关系,可使用两条原子规则的组合来实现,即“面层和另一面层边界一致”和“面层和另一面层相互覆盖”的组合。

1) “面层和另一面层边界一致”拓扑规则

应用原子规则“面层和另一面层边界一致”验证“宗地面层和街坊面层边界一致”的拓扑关系,其正确和错误图形示例如图 2 所示。图 2(a)为宗地面层和街坊面边界一致的正确情况。对于图 2(b),由于 B 宗地多边形的右上角边界线在街坊层中无对应的街坊多边形边界,因此将其标识为错误(图中打叉处)。

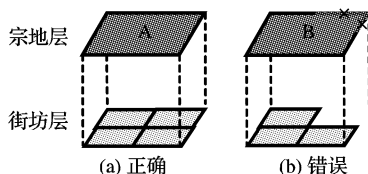


图 2 宗地面层和街坊面层边界一致

2) “面层和另一面层相互覆盖”拓扑规则

应用原子规则“面层和另一面层相互覆盖”拓扑规则验

证“宗地面层和街坊面层相互覆盖”的拓扑关系,其正确和错误图形示例如图 3 所示。图 3(a)为宗地面层和街坊面边相互覆盖的正确情况。对于图 3(b),由于宗地多边形 B 的左侧区域无法被街坊层要素覆盖,因此将其标识为错误。同理,街坊多边形 C 的右侧区域无法被宗地要素覆盖,因此也将其标识为错误(图 2(b)中打叉处)。

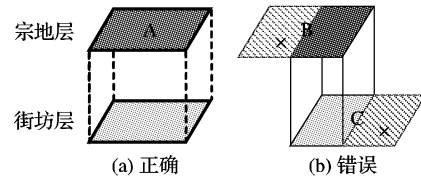


图 3 宗地面层和街坊面层相互覆盖

2.2.2 线线的共线拓扑关系规则

地籍空间数据库线线的共线拓扑关系,如界址线是宗地边界的拓扑关系,可使用原子规则“线层必须被面层边界覆盖”来验证。如图 4(a)所示,由于界址线 A 在宗地中有相应的宗地多边形边界与之对应,因此无误。对于图 4(b)中打叉的界址线,由于无宗地边界线与之对应,因此标识为错误。

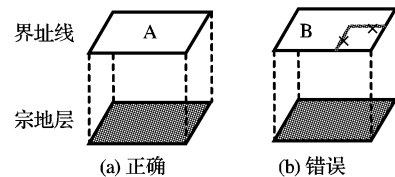


图 4 宗地面层和街坊面层相互覆盖

2.2.3 点线的拓扑关系规则

界址点在界址线上的拓扑关系,可使用原子拓扑规则“点必须被线覆盖”实现。图 5(a)中的所有界址点都被界址线覆盖,无错误界址点。图 5(b)中红色的界址点由于未被界址线覆盖,因此将其标识为错误图形(图中打叉的界址点)。

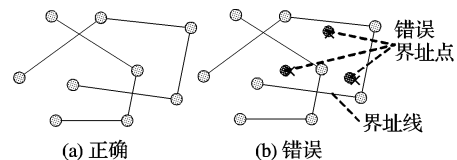


图 5 点必须被线覆盖

3 Geodatabase 中拓扑关系的管理

随着 ArcInfo 升级到 8 版本后,全新的空间数据模型(Geodatabase, GDB)被引入,其中对拓扑关系的管理和处理方法发生了重大的改变。特别是在 ArcGIS8.3 中,由于引入了一套基于拓扑规则的拓扑关系验证方法,使得 Geodatabase 处理拓扑关系的能力产生了本质的飞跃。拓扑关系规则可作用于同一要素数据集中的不同要素类或者同一要素类中的不同要素。用户可以指定空间数据必须满足的拓扑关系约束,例如,要素之间的相邻关系、连接关系、覆盖关系、相交关系、重叠关系等,所有这些关系都对应相应的规则。与传统的拓扑关系管理机制相比,在 GDB 中基于规则的拓扑关系除了能够完全覆盖老的功能以外,在如下几个方面具有明显的优势^[2]:1) 用户可自行定义哪些要素类将受拓扑关系规则约束;2) 多个点、线、面要素类(层)可以同时受同一组拓扑关系规则约束;3) 提供了大量的预定义的拓扑关系规则;4) 用户可以为自己的数据自行指定必要的拓扑关系规则;5) 拓扑关系及规则都在工业标准的数据库管理系统中进行管理,可支持多用户并发处理。用户可以局部建立或检查拓扑关系以提高效率。

在最新版本的 ArcGIS9.1 中,总共有 25 条可供选用的原

子级拓扑规则。尤其需要指出的是,GDB 提供了可用于检测层间要素拓扑关系的 15 条拓扑规则。层间拓扑规则可以定义在要素类中不同要素之间,也可以定义在同一个要素数据集的两个或多个要素类之间,从而为实现地籍空间数据库层间拓扑关系检测提供快捷的解决方案。

4 系统设计及实现

4.1 系统架构设计

地籍空间数据质检系统 LR_Checker(图 6)由 4 个部分构成:数据交换层、预检功能层、预检应用层和逻辑层。通过使用 4 层体系结构的方式,系统的层次结构分明,模块间的相互依赖性最小,提高了系统的稳定性和健壮性^[3]。

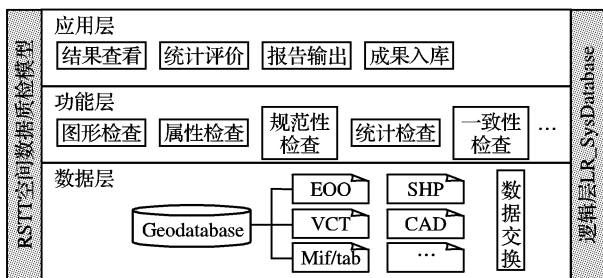


图 6 LR_Checker 4 层体系结构系统框架

在数据交换层,将地籍数据转换成 GDB 格式,因为 LR_Checker 需要使用 GDB 的拓扑模块来实现地籍空间数据库要素拓扑关系的检测功能;在预检功能层,实现地籍空间数据库的批量自动检测,要素拓扑关系的检测将在该层实现;预检应用层是人机交互场所,实现错误的定位、图形查询浏览等功能;逻辑层负责维护数据交换层、预检功能层和预检应用层之间的联系,维护系统运行逻辑。

4.2 程序实现

LR_Checker 采用“VC6.0 + ArcEngine9.1 + Personal Geodatabase”的技术路线进行开发。图形拓扑关系的检测是空间数据库质检系统所要解决的重点和难点,为了实现要素类内以及要素类间要素拓扑关系的检测,我们选择 ArcEngine 作为 GIS 开发平台。ArcEngine 是 ESRI 公司 ArcGIS 系列产品之一,它是用于构建定制应用的一个完整的嵌入式的 GIS 组件库,它继承于之前的 AO(ArcObjects)组件库,又有组件布局合理灵活、应用部署方便快捷等自身优势^[4]。采用 ArcEngine 作为 GIS 开发平台,能确保拓扑关系检测的正确、高效和稳定。ArcEngine 组件库提供了一系列访问和管理 GDB 的接口,其中就包括在 GDB 中创建和验证拓扑要素类的接口。采用 ArcEngine 进行拓扑模块的开发,最关键的接口有以下 3 个:ITopologyContainer,拓扑容器,用于创建和管理要素数据集中的拓扑;ITopologyRuleContainer,拓扑规则容器,用于添加、删除和访问位于拓扑中的拓扑规则;ITopology,同一要素数据集中的一组简单要素类的集合,通过一系列拓扑规则来维护要素类之间的拓扑关系^[5]。

采用 ArcEngine 实现拓扑关系检测的基本流程如下:

1) 创建要素数据集 FD(Feature Dataset)。在该数据集中将创建用于维护图层拓扑关系的拓扑要素类(Topology FeatureClass)。

2) 在 FD 中,导入要进行拓扑关系验证的要素类。例如检测“界址线是宗地边界的拓扑关系”的正确性,则需要将界址线要素类和宗地要素类导入到 FD 中。

3) 获取 FD 的拓扑容器 TC(Topology Container)。

4) 在 TC 中创建拓扑 Topo。创建方法是:ITopologyContainer::CreateTopology。

5) 在拓扑 Topo 中添加要素类。添加方法是:ITopology::AddClass;

6) 在拓扑 Topo 中添加规则。添加方法是:ITopologyRuleContainer::AddRule。

7) 验证拓扑 Topo。根据拓扑规则检测要素间拓扑关系的正确性。拓扑验证的方法是:ITopology::ValidateTopology。

8) 结束。

5 结语

目前 LR_Checker 已成功应用于地籍数据库建设成果的数据检查。通过由某土地勘测规划院提供的某地的大量地籍数据测试表明,LR_Checker 不仅可进行要素类内要素拓扑关系的检查,而且可进行要素类间要素拓扑关系的高效检测,证明了本文所提出的技术路线和方法的正确性、有效性和合理性。图 7 为 LR_Checker 的空间数据交换子系统,用于地籍数据格式转换;图 8 为 LR_Checker 的结果查看子系统,用于拓扑关系检测结果的查看,标识图形为拓扑错误要素。



图 7 空间数据交换子系统

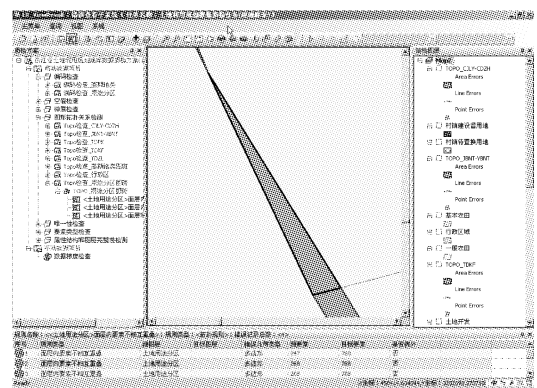


图 8 结果查看子系统

致谢:在本项目实施过程中,得到了鄞州土地勘测规划院的大力支持,特别是许佳立主任为本系统的试点提供了良好的工作环境和丰富的地籍测试数据,张苏红工程师在地籍数据检查方法上提出了富有建设性的意见。

参考文献:

- [1] 蔡晓兵. Geodatabase 中基于规则的拓扑关系管理机制[J]. 国土资源信息化, 2002, (4): 40-41.
- [2] 王宝利. Geodatabase 中基于规则的拓扑关系[J]. 测绘与空间地理信息, 2004, 27(3): 17-19.
- [3] 冯杭建. 面向网络的海量空间数据库引擎研究与开发[D]. 浙江大学, 2004.
- [4] ESRI. What Is Arcgis?[EB/OL]. <http://www.esri.com/software/arcgis/about/overview.html>, 2006-03.
- [5] Geodatabase Object Model[M]. America: ESRI Press, 2005.