

现代测绘理论与技术丛书

空间数据不一致性 探测处理理论与方法

赵彬彬 著



Theory and Methodology of
Spatial Data Inconsistency
Detecting and Processing



测绘出版社

现代测绘理论与技术丛书

空间数据不一致性探测处理 理论与方法

Theory and Methodology of Spatial Data
Inconsistency Detecting and Processing

赵彬彬 著

测绘出版社

· 北京 ·

©赵彬彬 2020

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

内容简介

一致性是衡量空间数据质量的重要指标之一,本书对空间数据不一致性的描述与表达、探测与处理方法等进行了系统研究。具体内容涉及空间数据不一致性探测处理的理论基础,空间数据的层次表达和索引,多尺度地图空间的目标匹配方法、数据相似性度量 and 变化探测,多尺度地图数据不一致性的分类、描述、探测与处理等。阐述过程融理论与方法于一体,各章均先进行相关理论的阐述,再辅以相关方法的实践应用。

本书可供测绘与地理信息科学、遥感科学与技术、测量工程及相关专业的学术型研究生等参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

空间数据不一致性探测处理理论与方法/赵彬彬著. —北京:测绘出版社, 2020. 5

(现代测绘理论与技术丛书)

ISBN 978-7-5030-4285-0

I. ①空… II. ①赵… III. ①空间信息系统—数据处理—研究 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 259884 号

责任编辑	雷秀丽	封面设计	李伟	责任校对	赵瑗	责任印制	吴芸
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543965(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010—68531363(编辑部)		
电子信箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	北京建筑工业印刷厂			经 销	新华书店		
成品规格	169mm×239mm						
印 张	12.75			字 数	248 千字		
版 次	2020 年 5 月第 1 版			印 次	2020 年 5 月第 1 次印刷		
印 数	001—600			定 价	64.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-4285-0

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

前 言

近年来,随着国内地理信息产业的蓬勃发展,地理信息系统(geographic information system,GIS)、移动互联网等高新技术企业对空间数据应用人才的需求不断增长。理工类院校测绘工程、地理信息科学等专业的本科、研究生等不同层次读者在学习空间数据不一致性的探测与处理的过程中,需要更加强调在相关理论方法的指导下,加强对空间数据的高效组织与管理及一致性维护和应用等的实践。为此,笔者撰写了本书,旨在推出一本理论方法与技术实践并重、注重“空间数据一致性维护”的实践性著作,以供地理信息科学领域相关专业师生和研究人员参考。

空间数据是地理信息系统构成要素之中最基础的部分,也是GIS项目中最昂贵的构成部分。没有数据支撑的GIS应用犹如“无源之水,无本之木”,可见数据在地理信息系统及其应用中的重要地位。随着地理信息学科的发展重心由空间数据的生产、存储转向综合地理信息应用服务,作为评价空间数据质量的基本指标之一,地图数据的不一致性问题已成为国际地理信息科学领域高度关注的一个基础研究课题。生产实践中,协调一致的高质量空间数据直接决定了空间查询、空间分析结果的准确性和可用性。

本书融理论方法与实践于一体,从空间数据的层次表达、索引构建等入手,详细阐述了多尺度地图空间数据高效组织与管理的相关理论和方法,进而探讨多尺度地图空间数据维护、更新过程中的目标匹配和变化探测等关键技术,讨论了空间数据更新、制图综合等生产应用中多尺度地图空间目标之间不一致性探测和处理的理论与方法。本书不局限于相同(或相近)比例尺空间数据,不满足于空间数据库更新应用,运用了层次理论、城市形态学原理、同化思想及Morphing变换等先进技术作为手段,深入浅出地论述了多尺度空间数据不一致性探测和处理的相关技术,可操作性强,既适合高校相关专业教学和学术科研之用,也适合地理信息产业领域内相关技术人员参考之用。

本书相关科研项目得到了国家自然科学基金青年项目(41301404)、湖南省自然科学基金青年项目(14JJ3083)的资助,并得到了长沙理工大学在出版上的支持,特此感谢!

一致性是衡量空间数据质量的重要指标之一,无论是空间数据不一致性的描述与表达,还是探测和处理方法,均有待进一步深入研究。尽管本书的编写用了两年多的时间,但限于笔者的水平,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪 论	1
§ 1.1 空间数据不一致性	1
§ 1.2 空间数据不一致性探测处理应用	6
第 2 章 空间数据不一致性探测处理理论基础	9
§ 2.1 空间数据不一致性探测处理的理论基础	9
§ 2.2 本章小结	31
第 3 章 空间数据的层次表达	32
§ 3.1 层次的概念、分类、特征及作用	33
§ 3.2 空间数据层次表达的方法	37
§ 3.3 实验分析	41
§ 3.4 本章小结	43
第 4 章 基于城市形态学原理的空间目标层次索引	44
§ 4.1 城市形态学基本原理	44
§ 4.2 基于城市形态学原理的空间索引方法及编码	47
§ 4.3 实验分析	51
§ 4.4 本章小结	57
第 5 章 多尺度地图空间目标匹配方法	59
§ 5.1 目标匹配技术	60
§ 5.2 多尺度地图空间目标匹配模式与策略	72
§ 5.3 实验分析	89
§ 5.4 本章小结	95
第 6 章 基于信息传输模型的多尺度地图空间数据相似性度量	96
§ 6.1 信息论基本原理	97
§ 6.2 互信息的计算方法	99
§ 6.3 实验分析	103
§ 6.4 本章小结	106

第 7 章 多尺度地图空间数据变化探测	107
§ 7.1 地图数据变化探测方法	108
§ 7.2 多尺度地图空间目标差异驱动因素	109
§ 7.3 多尺度地图空间目标变化分类与描述	113
§ 7.4 多尺度地图空间目标变化探测方法	120
§ 7.5 实验分析	126
§ 7.6 本章小结	131
第 8 章 多尺度地图数据不一致性来源、分类与描述	132
§ 8.1 多尺度地图数据不一致性的主要来源	133
§ 8.2 多尺度地图数据不一致性的分类与描述	138
§ 8.3 本章小结	142
第 9 章 多尺度地图数据不一致性的探测	143
§ 9.1 空间关系不一致性探测	143
§ 9.2 本章小结	150
第 10 章 多尺度地图数据不一致性的处理	151
§ 10.1 地图数据几何不一致性的处理	152
§ 10.2 地图数据拓扑不一致性的处理	153
§ 10.3 基于空间关系约束的地图数据不一致性同化处理	163
§ 10.4 实验分析	168
§ 10.5 本章小结	183
参考文献	184

Contents

Chapter 1	Introduction	1
§ 1.1	Inconsistency of Spatial Data	1
§ 1.2	Applications of Spatial Data Inconsistency Detecting and Processing	6
Chapter 2	Theoretical Foundations of Inconsistencies Detecting and Processing	9
§ 2.1	Theoretical Foundations	9
§ 2.2	Summary	31
Chapter 3	Hierarchical Representation of Spatial Data	32
§ 3.1	Concept, Classification, Features and Functions of Hierarchy	33
§ 3.2	Hierarchical Representation for Spatial Data	37
§ 3.3	Experimental Analysis	41
§ 3.4	Summary	43
Chapter 4	Hierarchical Index Based on Urban Morphology	44
§ 4.1	Principles of Urban Morphology	44
§ 4.2	Coding Methods of Hierarchical Index Based on Urban Morphology	47
§ 4.3	Experimental Analysis	51
§ 4.4	Summary	57
Chapter 5	Object Matching in Multi-scale Maps	59
§ 5.1	Object Matching Techniques	60
§ 5.2	Spatial Object Matching Patterns and Strategies for Multi-scale Maps	72
§ 5.3	Experimental Analysis	89
§ 5.4	Summary	95

Chapter 6	Similarity Measuring Between Multi-scale Objects Based on Information Transmission Model	96
§ 6.1	Principles of Information Theory	97
§ 6.2	Mutual Information Calculation	99
§ 6.3	Experimental Analysis	103
§ 6.4	Summary	106
Chapter 7	Change Detecting in Multi-scale Maps	107
§ 7.1	Change Detection Methods	108
§ 7.2	Driving Factors of Discrepancies between Objects in Multi-scale Maps	109
§ 7.3	Classifications and Descriptions of Change of Multi-scale Map Objects	113
§ 7.4	Change Detection Methods of Multi-scale Map Objects	120
§ 7.5	Experimental Analysis	126
§ 7.6	Summary	131
Chapter 8	Sources, Classifications and Descriptions of Inconsistencies	132
§ 8.1	Sources of Inconsistencies	133
§ 8.2	Inconsistencies Classification and Description	138
§ 8.3	Summary	142
Chapter 9	Inconsistencies Detecting in Multi-scale Maps	143
§ 9.1	Spatial Relations Inconsistencies Detecting	143
§ 9.2	Summary	150
Chapter 10	Handling Inconsistencies in Multi-scale Maps	151
§ 10.1	Handling Geometric Inconsistencies	152
§ 10.2	Handling Topological Inconsistencies	153
§ 10.3	Inconsistencies Assimilation Method Based on Spatial Relation Constraints	163
§ 10.4	Experimental Analysis	168
§ 10.5	Summary	183
References		184

第1章 绪 论

众所周知,空间数据是地理信息系统(geographical information system, GIS)构成中最基础的部分,同时也是 GIS 项目中最昂贵的构成部分,通常占系统建设总成本的 50%~80%。目前,世界各国(特别是欧美发达国家)都纷纷建立了多种比例尺地图数据库。我国经过多年不懈的努力,也已在基础地理数据库建设方面取得了丰硕成果,并且相继建成了全国 1:100 万和 1:25 万地形数据库,1:50 000 基础数据库的建设也已于 2005 年前后全部完成(陈军,2002);各省(区、市)1:10 000 数据库和 1:5 000、1:2 000、1:1 000、1:500 基础地理信息数据库的建设也如火如荼,不少省份的 1:10 000 地形基础数据库取得了令人鼓舞的进展,一些大中城市(尤其是沿海发达地区)甚至建立了大比例尺(1:500、1:2 000)基础地理数据库。这些大、中、小比例尺地图数据库的建成几乎覆盖了所有常用地图数据比例尺范围,为国民经济建设提供了详尽的基础地理信息和有力的空间数据保障。但是,长期保持强劲发展势头的经济建设促进了城市快速扩张,使得各类地形要素的变化日新月异,导致基础测绘产品与空间实体现状之间不符的矛盾日益突出。广义地讲,这种不符即地图数据与现实世界的不一致。地图数据的不一致性(包括地图数据与地图数据之间的不一致性和地图数据与现实世界之间的不一致性)问题属于空间数据质量研究范畴,在具体的生产实践中,空间数据质量直接决定空间查询、空间分析结果的准确性和可用性(赵彬彬,2015;赵彬彬等,2016b)。长期以来,由不一致性导致的数据质量问题一直是令空间数据生产单位、应用部门和企业头疼的问题。因此,对空间数据质量相关问题的研究便成为地理空间数据标准化工作的重要组成内容,并已成为国际地理信息科学领域高度关注的一个基础研究课题(Kainz,1995;Servigne et al,2000;Rodríguez,2005)。

§ 1.1 空间数据不一致性

数据质量是衡量信息系统的关键指标之一。目前公认,空间数据质量包括五个基本特征,即误差(error)、准确度(accuracy)、精度(precision)、完整性(completeness)和一致性(consistency)。空间数据的一致性(consistency)是衡量数据库内部有效性的标准,也是国际公认的空间数据质量评价关键指标,常用来评估一个或多个地理空间数据集中信息的一致化程度。空间数据不一致性指在空间数据对象之间存在的明显矛盾或冲突(Egenhofer et al,1993)。长期以来,GIS 数据质量的研究

重点集中在位置和属性精度方面,而轻视了地理空间数据不一致性问题,特别是对多尺度地图数据不一致性问题鲜有研究,成果也是凤毛麟角(简灿良等,2013)。随着地理空间数据查询、空间分析应用的深入,复合型空间决策等生产实践对多种尺度地图数据协同工作需求也随之增加,这使得空间数据不一致性检测、处理与评价的重要性日益显现,已成为一个亟待解决的重要的科学和技术问题。

1.1.1 不一致性研究内容

1995年,国际空间数据质量会议正式提出将一致性作为空间数据质量特征之一,这标志着空间数据不一致性问题已成为国际地理信息科学领域的一个基础研究课题。如表1.1所示,当前具有代表性的空间数据不一致性相关研究特点主要包括以下四方面:①研究方向主要涉及地理空间数据不一致性特征分析、表达、分类、度量、探测、处理及评价等方面;②空间数据不一致性的研究对象包括点、线和面三种基本类型的空间目标,其中尤以线目标为主(赵彬彬等,2016a);③空间数据尺度范围侧重于相同或相近比例尺,空间维度方面以二维为主,近年来,随着制图综合技术的发展、推广及地理信息服务的深化应用,研究尺度逐渐拓展到多尺度空间数据;④所采用的工具和方法囊括了空间关系理论及模型[如四交模型(4-intersection model)、九交模型(9-intersection model)和距离模型等]、空间划分[如德洛奈(Delaunay)三角网、结构领域图等]、相似性度量(如匹配法、对比法和几何接近度等)、分解法(如拆分法、化简法等)和修正法(如平差法、标准化法、移位法和连续变形变换等)等技术。

1.1.2 不一致性研究进展

国外学者对空间数据不一致性问题的研究起步较早,可以追溯至20世纪90年代初。随着空间数据模型、制图综合及空间数据多重表达等相关研究的深入,学者们逐渐意识到空间目标在不同表达下几何特征、属性特征、拓扑关系特征及语义特征等保持一致的重要性。随后的20来年,地理空间数据不一致性问题吸引了国际制图学界和计算机科学领域众多学者的关注,其涵盖范围也逐步拓展至空间数据不一致性相关研究的各个方面。下面从不一致性特征分析、表达、度量、探测、处理及评价等方面详细回顾空间数据不一致性的研究概况。

在空间数据不一致性特征分析、类别划分和表达方面,Egenhofer等(1993)顾及拓扑一致性约束,从多尺度表达的角度探讨了多个目标之间空间关系的一致性建模,并且利用定性空间推理的方法研究拓扑关系信息的不一致性。拓扑不一致性是最早被研究的一类不一致性问题。随后,其又指出,一致性与正确性不同,一致性即与客观世界不产生逻辑矛盾,存在不一致性的数据集必然违反某些一致性约束,并严重影响信息系统的稳定性和可靠性,这也被视为不一致性定义的雏形。

国内学者也从不一致性的来源、结构特征及对象匹配等不同角度对空间数据间不一致性类型进行了深入研究。例如,艾廷华等(2000)将两个邻近多边形共享边界的 inconsistency 分为相离型、相交型和交织型三类;邬伦等(2002)提出了分布式空间数据库集成中空间数据分片冲突的分类框架,将 inconsistency 分为六种类型,即几何不一致、边界不一致、语义不一致、数据表达不一致、投影不一致和比例尺不一致,可以认为这是对空间数据 inconsistency 分类的细化。

在空间数据 inconsistency 度量和探测方面,针对地理空间数据的多重表达特性,Egenhofer 等(1994)基于九交模型提出了多重表达中空间目标几何结构及空间目标之间拓扑关系 inconsistency 度量准则。Liu 等(2000)针对欧氏空间约束的不一致性检查问题,提出了维度图表达法以保持对象间的欧氏空间约束,其基本思想是通过将空间约束投影到 X 维和 Y 维并分别构建维度图,从而将 inconsistency 检查问题转化为图形循环的检测问题,该方法适用于二维空间点、线和多边形的 inconsistency 检查。而国内学者则较多地关注道路、河流、等高线等常见线状目标之间的冲突度量与探测。例如,基于空间关系理论利用空间关系约束、形状指数、面积、几何相似度等参数的计算来探测河流与等高线及道路目标之间的拓扑冲突(詹陈胜等,2011)。针对制图综合过程中的 inconsistency 问题,Kang 等(2005)为了探测制图综合过程中的“Collapse”操作引起的拓扑 inconsistency,按拓扑属性进行严密分类建立了一套分类规则,提出了基于分类规则的“Collapse”操作引起的 inconsistency 的评价和探测方法。Chen 等(2007)针对地图更新中河流“爬坡”的冲突问题,提出了基于拓扑、方向和度量关系的集成空间关系模型拓扑链,精细地描述线/线目标空间关系,用于探测河流与等高线之间的 inconsistency 问题。Brisaboa 等(2014)利用数据集中目标之间的拓扑不变性定义了一组完整性约束,进而基于约束来度量数据集中每一个点、线和面目标与拓扑约束之间的冲突程度,即 inconsistency 程度。

在空间数据 inconsistency 处理方面,以拓扑关系、语义、目标几何构成及拓扑结构约束关系为基础的研究成果颇为丰富(Ubeda et al,1997)。对于道路、等高线、边界等线目标之间的 inconsistency 处理,其思想大致以两类为主。第一类,从平差角度对 inconsistency 进行处理。例如,基于德洛奈(Delaunay)三角网模型及其骨架线对边界不一致局部区域进行探测处理(艾廷华等,2000)或同名点捕捉算法清理拓扑 inconsistency(刘文宝等,2001)。第二类,以化简的方式,将线目标 inconsistency 问题转化成对其子集或节点相关问题的处理。例如,通过投影法标准化(邓敏等,2005)、约束德洛奈三角剖分拆分等高线(张传明等,2007)、等高线树、Strip 树(赵东保等,2008)及空间拓扑规则机制(任艳等,2007)等分别进行相同比例尺线目标、等高线拓扑冲突等的处理。随着制图综合技术的进步和推广应用,针对制图综合派生中的 inconsistency 问题,也出现了一些新的技术和方法。例如,赵彬彬等(2016b)基于同化思想并兼顾综合前后的空间目标特征,利用连续变形技术进行线目标之间 inconsistency

续表

学者	不一致性研究内容							目标类型			主要工具/方法	主要应用
	特征	表达	分类	度量	探测	处理	评价	点	线	面		
艾廷华,毋河海			✓			✓			✓	✓	Delaunay 三角网	相邻多边形 公共边界调整
陈佳丽,易宝林,任艳			✓			✓					对象匹配	多重表达
王育红			✓			✓						数据集成
Liu, Shekhar, Chawla					✓			✓	✓	✓	维度图表达法	一致性检查
Chen, Liu, Li, et al		✓			✓	✓			✓		拓扑模型	空间数据更新
刘万增,陈军, 邓喀中,等				✓	✓				✓		四交模型	空间冲突检测
鲁伟,谢顺平,邓敏,等	✓	✓		✓		✓			✓		几何接近度	
宋振					✓				✓			空间冲突检测
张求喜,岳淑英,胡克新			✓		✓				✓			一致性检查
王强,曹辉					✓	✓			✓		向量变换法	空间冲突检测
詹陈胜,武芳,翟仁健		✓			✓		✓		✓			地图综合
Ghawana					✓		✓				对比法	商业软件评价
Zhu, Li, Gong			✓			✓						地理信息共享
唐远彬,张丰, 刘仁义,等						✓			✓		平差法	土地利用变更
刘文宝,夏宗国,崔先国						✓	✓	✓	✓		同名点捕捉	
Deng, Chen, Liu, et al			✓			✓	✓	✓	✓		建模法	误差传播分析
邓敏,刘文宝,冯学智			✓			✓			✓		标准化法	数据集成
张传明,潘懋, 吴焕萍,等						✓			✓		等高线拆分法	等高线化简
赵东保,盛业华						✓			✓		化简算法	等高线化简
Maras, Maras, Aktug, et al			✓		✓	✓			✓		可视化法	拓扑错误纠正
Huh, Yu, Heo						✓			✓		匹配法	地图融合
任艳,易宝林,陈佳丽					✓	✓					统计分析法	一致性维护
Tryfona, Egenhofer							✓			✓	四交模型	异构数据库融合
Du, Qin, Wang							✓			✓	结构邻域图	多分辨率数据
Sheeren, Mustiere, Zucker					✓		✓				数据挖掘	多重表达
翟仁健							✓		✓	✓	目标匹配	数据匹配
Corcoran, Mooney, Winstanley							✓					地图简化
Du, Guo, Wang					✓		✓				模型法	多分辨率数据
赵彬彬,邓敏,彭东亮,等						✓	✓		✓	✓	极优对应法	制图综合
赵彬彬,彭东亮, 张山山,等					✓	✓			✓	✓	Morphing 变换	制图综合

1.1.3 不一致性的分类

对于空间数据不一致性的类别,已有许多学者进行了较为深入的探讨,分类依据多种多样,分类成果丰富多彩:①从空间数据分析处理的角度进行的分类,例如,由地图数据更新时不同现势性的河流和等高线的空间位置冲突所产生的“拓扑不一致性”(Chen et al,2007);②从空间数据集错误来源的视角进行的分类,例如,将地理信息系统中导致空间数据不一致的错误归纳为位置错误、时间错误、属性错误及逻辑错误四种(Gong et al,2000);③以不一致性结构特征进行的分类,例如,将两个相邻多边形共享边界的不一致分为相交型、相离型和交织型(艾廷华等,2000);④从较为抽象、概括(或具体、详细)的层次进行的分类,例如,从空间对象匹配的角度将空间数据不一致性分为拓扑关系不一致性、度量关系不一致性、方位关系不一致性及属性特征不一致性(陈佳丽等,2007)。由此可见,目前对空间数据不一致性的分类存在着较为突出的问题:①分类立场和依据多种多样,缺乏统一性;②分类深度层次各异等。事实上,多尺度地图数据之间的不一致性问题更多地体现在不一致性与地图比例尺之间的关系上,特别是在制图综合过程中尤为直观。随着地图比例尺由大比例尺到中比例尺再到小比例尺逐渐变化,地图数据中空间目标之间的关系、属性等特征会随着地图比例尺的变换相应地发生一系列的变化,这些变换引起不同比例尺地图数据之间的差异,既包括随比例尺变换而发生的正常变化(允许变化),也包含了非正常的变化(不一致性)。为此,笔者结合已有研究成果,从空间数据的几何、拓扑和语义特征出发,将空间数据不一致性归纳为五类:几何不一致性、拓扑不一致性、距离不一致性、方向不一致性及语义不一致性。

§ 1.2 空间数据不一致性探测处理应用

一致性是检验空间数据质量的关键指标之一。不一致性的存在极大地降低了空间数据可用性,直接影响空间数据集成应用。不一致性问题通常出现于多源、多尺度空间数据集成、更新和制图综合等过程中,一般反映为空间目标之间的明显矛盾或冲突。下面主要从空间数据集成、更新与制图综合两个方面来阐述不一致性探测处理理论在地理信息空间数据管理与组织中的应用。

1.2.1 不一致性与空间数据集成更新

随着我国空间数据获取手段和存储技术的快速发展,空间数据的量级增长迅猛,我国在数字中国地理空间框架建设和推进地理信息资源开发利用等方面取得了一系列可喜的成就。继建立我国 1:100 万、1:50 万、1:25 万地图数据库、1:50 000 数字高程模型数据库、各种比例尺的海洋测绘数据库、五大江湖 1:10 000 数字高程模型数据库等之后,又建成了我国 1:50 000 基础框架数据

库、1:300万中国及其周边地图数据库、1:500万世界地图数据库、数字正射影像数据库,各地区1:10000数据库和1:5000、1:2000、1:1000及1:500基础地理信息数据库也在建设之中。伴随而来的是我国地理信息学科的发展重心从空间数据生产、存储转向综合地理信息服务(赵彬彬,2011),基础地理空间数据库的现势性及持续更新问题日渐突出(应申等,2009)。国际地理信息界推崇利用现势性强的较大比例尺地图更新现势性弱的较小比例尺地图的模式(Chen et al,2007; Ai et al,2014),实际上,基础地理空间数据库的定期更新早已成为国家及各省级测绘地理信息部门的日常工作。空间数据不一致性探测和处理是地图数据更新维护工作中至关重要的一环,它直接影响并决定空间数据的可用性和协调性。Chen等(2007)深入探讨了基本比例尺地形图更新过程中河流与等高线之间的不一致性(图1.1),通过现实世界的自然规律提炼河流与等高线间的不一致性判定规则,运用集成了拓扑、方向和距离关系的拓扑链来精细地描述河流与等高线之间的空间关系,构建了空间关系的计算模型,继而实现河流与等高线之间不一致性的自动探测。Ai等(2014)根据河网分布受限于等高线地形特征的约束,基于等高线的几何表达提取结构化的地形特征,依据河流与谷底线的分布关联等空间知识建立河流与等高线间的匹配关系,再利用距离指标度量河流与等高线之间的差异并探测其间的不一致性,进而通过河流调整、等高线调整及河流等高线同步调整等方法处理地形数据集成中河网与等高线之间的不一致性。

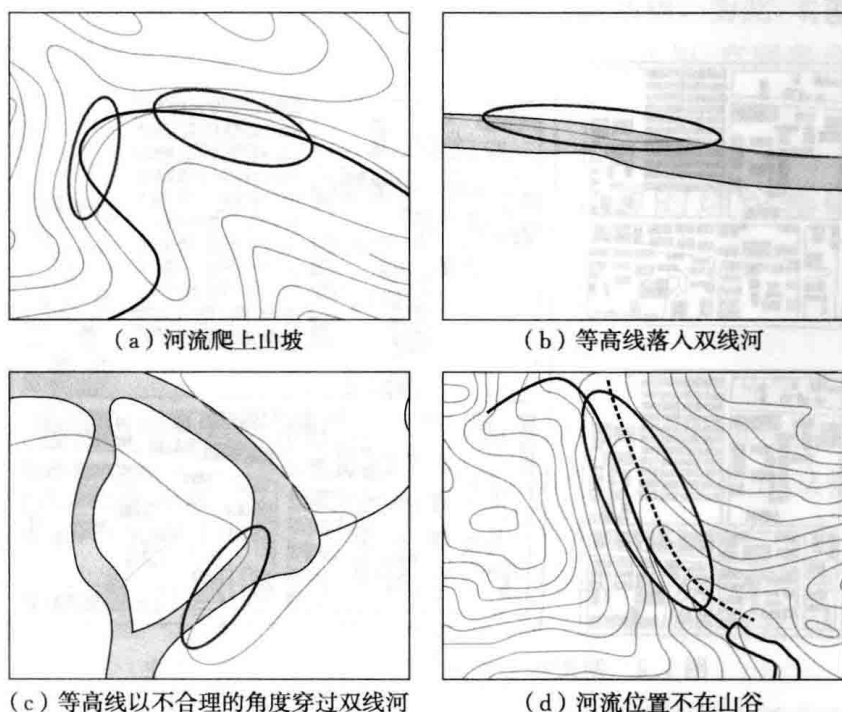


图 1.1 河流与等高线之间的拓扑不一致性

1.2.2 不一致性与制图综合

目前,空间数据的多尺度表达与自动综合仍然是国际学术界公认的难题,其核心问题是自动综合的正确程度完全取决于功能模拟模型和输入数据是否客观、正确地反映人脑思维系统。可喜的是,近年来,我国学者在解决自动综合的许多难题方面做了大量卓有成效的工作,取得了一大批优秀成果,包括一系列自动综合的模拟模型、自动综合过程控制模型等,为空间数据的多尺度表达和自动综合的最终实现创造了非常有利的条件。随着制图综合技术在生产中的广泛深化应用(费立凡, 2004;王家耀等, 2006;王家耀, 2010),由综合操作引起的不一致性问题日渐受到关注。例如:Dettori等(1996)从数学模型的角度定义了一组制图综合算子,进而探讨分析了制图综合基本操作与地图拓扑一致性之间的关联;Du等(2008)基于“Merging”和“Dropping”制图综合操作提出了针对宽边界复杂面目标的结构和拓扑不一致性评价方法;Liu等(2014)利用约束德洛奈三角网和弹性力学模型度量建筑物、道路目标之间的距离、位置等信息,进而运用迭代移位操作处理建筑物与道路之间由于相互压盖产生的不一致性,如图 1.2 所示;面对制图综合中建筑物与道路目标之间的压盖问题,Zhao等(2015)利用拓扑关系模型探测出建筑物与道路目标之间的拓扑不一致性,进而在顾及距离约束条件下运用 Morphing 变换对道路边界进行细微变形处理,从而有效解决了建筑物与道路之间相互压盖产生的一致性问题。

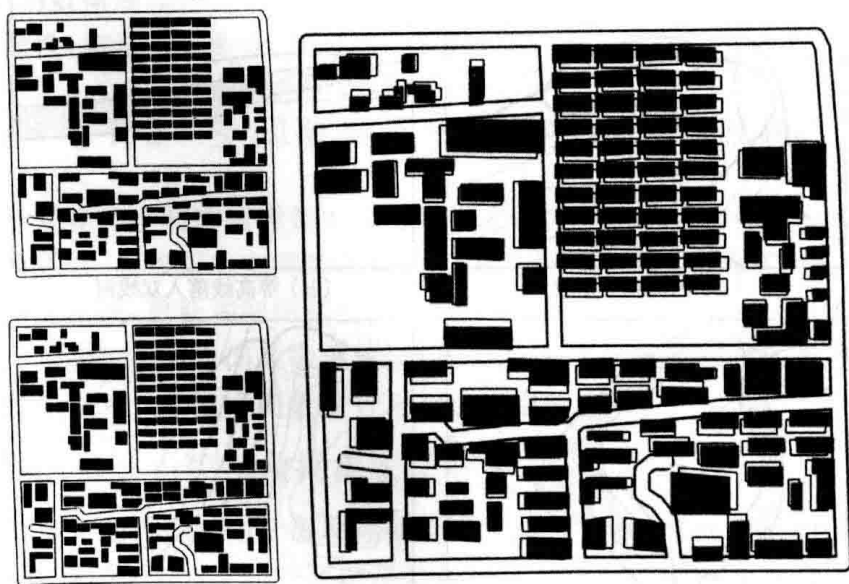


图 1.2 制图综合中建筑物与道路拓扑不一致性