

# 地理信息 增量描述与计算

Representation and Calculation of  
GIS Incremental Information

林艳 李欣 著



测绘出版社

# 地理信息增量描述与计算

Representation and Calculation of GIS  
Incremental Information

林艳 李欣 著

测绘出版社

· 北京 ·

© 林艳 2017

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

本书以地形数据更新及地理国情监测为背景,采用空间目标快照差描述其增量变化。对反映几何差异的空间增量进行了形式化描述与分类;继而从地理语义的角度,对几何增量进行变化的语义描述与解释;从工程实践的角度,阐述了增量的识别计算方法、增量信息管理、增量入库更新方法等。

该书可供测绘、地图、地理信息系统、计算机图形学以及相关专业的教师、科研人员、研究生(硕士、博士)教学和科研使用,还可作为地理数据时空分析、数据更新等领域的教学与研究参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

地理信息增量描述与计算/林艳,李欣著. —北京:测绘出版社,2017.6

ISBN 978-7-5030-4053-5

I. ①地… II. ①林… ②李… III. ①地理信息学—研究 IV. ①P208.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 173903 号

责任编辑	巩 岩	封面设计	李 伟	责任校对	孙立新	责任印制	陈 超
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543956(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	北京京华虎彩印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	169mm×239mm						
印 张	8.25			字 数	160 千字		
版 次	2017 年 6 月第 1 版			印 次	2017 年 6 月第 1 次印刷		
印 数	001—800			定 价	45.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-4053-5

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

# 前 言

现实世界处于不断变化之中,及时地监测、分析、统计和描述这些时空变化有助于客观准确地揭示地理数据的空间分布、相互关系和时空变化规律。近年来,人们开始用增量信息研究空间演变规律、时空结构演变、土地利用变化分析、地表覆盖变化等,增量建模也成为当前国内外研究的热点问题。增量信息的分类、描述与计算是增量建模的基础。然而,无论是从国际还是国内来看,鲜有相关论著。在此研究背景下,笔者对有关内容进行了充实和提炼,重点阐述了地理信息增量的分类描述、提取计算、语义描述及增量更新方法。本书编写的目的是为探讨地形数据更新中的增量信息建模与表达,期望能够回答以下几个问题:地理数据哪里发生了变化?发生了什么类型的变化?这些变化代表了什么物理意义?如何将这些变化正确地提取出来?如何将变化信息在待更新数据端完成自动更新?

本书以地形数据更新为背景,以时空变化最主要形式——增量为重点,以几何分类、语义描述和识别计算为主线,阐明变化过程。首先,根据空间目标的几何快照差,通过构建基于图形集合运算的形式化方法,对反映几何差异的空间增量进行分类与描述;继而结合地物的要素类型、专题属性、结构变化,从地理语义的角度,对几何增量做进一步的细化分类,以对增量进行变化的语义描述与解释;此外,从工程实践的角度,为实现增量的发布与更新,详细阐述了增量的识别计算方法、增量信息管理、增量入库更新方法等,对地形数据更新、地理国情监测等生产效率的提高具有较强的实际生产应用价值。

在本书完成之际,笔者首先感谢陈军教授多年来的指导、培养和帮助,本书所涉及的研究工作是在陈教授的悉心指导下完成。感谢国家基础地理信息中心刘万增、赵仁亮两位高工给予耐心的指导和兄长般的关怀,他们对实际问题的深刻理解、对学术问题的独到见解,给予笔者很多的指点和鼓励,使笔者受益匪浅。

本书的研究工作主要是在国家自然科学基金项目(No.41301416)的支持下完成的,在此感谢国家自然科学基金委员会对本书研究工作的资助与支持!在本书内容研究、写作和出版过程中,得到了中国人民公安大学、国家基础地理信息中心、北京师范大学的老师、同学、同事的大力支持与帮助。在此,向他们表示感谢!

由于笔者水平有限,书中错漏在所难免,恳请各位读者批评指正。

# 目 录

第 1 章 绪 论	1
§ 1.1 问题的提出	1
§ 1.2 国内外研究现状	7
§ 1.3 研究思路及章节安排	19
第 2 章 基于目标快照差的空间增量形式化描述模型	22
§ 2.1 基于目标快照差的空间增量	22
§ 2.2 目标快照差的三元组分类模型	24
§ 2.3 目标快照差的形式化分类	27
§ 2.4 目标快照差分类试验	31
§ 2.5 基于线目标快照差的增量采集试验	33
§ 2.6 基于面目标快照差的增量发布试验	34
第 3 章 基于地物特征变化的增量语义分类与描述	37
§ 3.1 增量的语义描述	37
§ 3.2 基于地物特征变化的增量语义分类	42
§ 3.3 河流要素增量的语义分类与描述	45
§ 3.4 河流要素几何增量的语义分类与描述试验	60
第 4 章 顾及时空边界不一致的增量识别计算	64
§ 4.1 增量识别中的时空边界不一致问题	64
§ 4.2 时空边界不一致性及其对增量识别的影响	69
§ 4.3 增量识别计算	70
§ 4.4 水系增量提取中的伪增量识别	82
第 5 章 基于基态修正模型的增量管理	87
§ 5.1 基态与修正	87
§ 5.2 增量更新中的基态修正建模	88
§ 5.3 应用实例	91

---

<b>第 6 章 空间增量信息更新方法</b> .....	94
§ 6.1 空间数据更新 .....	94
§ 6.2 基于采集过程的变化信息存储 .....	95
§ 6.3 基于回放采集过程的增量入库更新 .....	105
§ 6.4 试验系统 .....	106
<b>第 7 章 结论与展望</b> .....	116
§ 7.1 研究工作总结 .....	116
§ 7.2 后续研究展望 .....	117
<b>参考文献</b> .....	119

# Contents

<b>Chapter 1</b>	<b>Introduction</b>	1
§ 1.1	Problem Statement	1
§ 1.2	Related Work	7
§ 1.3	Strategy and Issues of Each Chapter	19
<b>Chapter 2</b>	<b>Formal Description Model of Spatial Increments Based on Object Increments</b>	
	<b>Increments</b>	22
§ 2.1	Spatial Increments Based on Object Increments	22
§ 2.2	A Three Tuple Model for Object Increments Classification	24
§ 2.3	Formal Classification of Object Increments	27
§ 2.4	Experiments of Object Increments Classification	31
§ 2.5	Increments Capture Experiments Based on Linear Object Increments	33
§ 2.6	Increments Release Experiments Based on Area Object Increments	34
<b>Chapter 3</b>	<b>Classification and Description of Increments Based on Spatial Morphology Characters</b>	
	<b>Morphology Characters</b>	37
§ 3.1	Semantics Description of Increments	37
§ 3.2	Classification of Increments Semantics Based on Morphology Characters of Object Change	42
§ 3.3	Increments Semantics Classification and Description of River Objects	45
§ 3.4	Experiments for River Objects	60
<b>Chapter 4</b>	<b>Increments Recognition and Calculation Based on Constraints of Spatio-temporal Boundary Distance</b>	
	<b>Spatio-temporal Boundary Distance</b>	64
§ 4.1	The Constraints of Spatio-temporal Boundary in Increments Recognition	64
§ 4.2	The Constraints of Spatio-temporal Boundary and Its Impact on	

	Incremental Identification .....	69
§ 4.3	Increments Recognition Method .....	70
§ 4.4	Spurious Increments Recognition in Water Object Increments Extract .....	82
<b>Chapter 5</b>	<b>Increments Manage Based on the Model of Base State with Amendments .....</b>	<b>87</b>
§ 5.1	Base State and Amendments .....	87
§ 5.2	Modeling of Base State with Amendments in Incremental Updating .....	88
§ 5.3	Application Example .....	91
<b>Chapter 6</b>	<b>Method of Spatial Increments Information Updating .....</b>	<b>94</b>
§ 6.1	Spatial Data Updating .....	94
§ 6.2	Changed Information Storage Based on Capturing Process .....	95
§ 6.3	Increments Integration Based on the Playback of Capturing Process .....	105
§ 6.4	Experiment System .....	106
<b>Chapter 7</b>	<b>Conclusion and Prospect .....</b>	<b>116</b>
§ 7.1	Research Conclusion .....	116
§ 7.2	Follow-up Research Outlook .....	117
<b>References</b>	.....	<b>119</b>



# 第1章 绪论

本章在分析地形数据更新及地理国情监测的基础上,认为增量信息的描述与计算是地形数据增量更新的核心问题。通过对比分析目前的时空变化描述方法,提出地形增量信息的描述应包括几何变化的描述、语义变化的描述两方面。其中,目标快照差是真正的几何增量,而目前缺乏目标快照差的形式化分类模型及对增量的语义描述;此外,针对增量发布和时空分析中的增量识别这一问题,以目标快照差提取计算为目标,分析了伪增量产生的根源及对增量识别计算方法的需求,在此基础上,明确提出了增量描述、识别计算及基于增量的管理与更新应用。

## § 1.1 问题的提出

人们生活在一个不断变化的世界,客观世界中地理要素的变化,导致地形数据的不断更新,从而产生空间增量信息。增量信息反映了空间数据的变化范围、变化频率、变化幅度等信息,空间增量的描述与计算直接影响着地理信息增量采集、增量提取、时空变化分析、时空存储组织、变化信息发布的效率与水平,是地理信息系统(geography information system, GIS)时空数据建模的一个基本问题,也是地理信息建模与更新中的核心问题之一。

### 1.1.1 地形数据更新

地形数据是反映客观世界中水系、交通、居民地、道路、植被等各种地形要素概况的一类地理空间数据,对各要素的空间位置、属性特征及相互间空间关系等进行描述和表达。地形数据的建库工作是通过数字化或测图等手段,将地形地物的空间分布与属性数字化。自“八五”以来,我国各级测绘部门完成了多个比例尺地形数据建库工作,先后建立了全国1:100万(1994年)、1:25万(1998年)及1:5万(2006年)比例尺基础地理信息数据库。地形数据库是我国基础地理数据的主要构成部分,在国家和地方经济建设、社会发展及信息化中发挥着重要的数字框架作用(陈军,2002)。

空间数据的现势性是衡量其使用价值的重要标志之一,保持GIS数据库的“新鲜”至关重要。然而,目前我国地形数据的现势性情况不容乐观(刘云峰,2003;朱华吉,2005),如果不能及时地更新地形数据中的记录内容,将不能提供正确的分析结果和合理的决策依据。地形数据更新是将现实世界地形要素的变化按照地图

表达的要求进行抽象和概括,并及时地映射到地形数据库中,通过对空间数据和属性数据的修改达到正确表达现实世界现势和变迁的目的(陈军等,2004;周晓光,2007;刘万增,2009)。

保持基础地理信息的现势性是我国基础测绘工作的重要使命,《中华人民共和国测绘法》第三章第十九条明确要求,基础测绘成果应当定期更新,经济建设、国防建设、社会发展和生态保护急需的基础测绘成果应当及时更新。当前,基础地理数据的更新问题已经得到各级测绘部门的重视。2002年,国家科技部基础司在“国家科技基础数据库建设与发展的研究报告”中指出了持续更新的必要。2002年,我国完成全国1:100万和1:25万比例尺地形数据库的全面更新;2006年至2011年完成了1:5万比例尺数据库的推扫式更新;并于2012年启动了国家基础地理信息数据库动态更新工程,对我国1:5万、1:25万、1:100万比例尺基础地理信息数据库进行持续快速更新,每年更新一次、发布一版(王东华等,2015),这实际上是对基础地理信息更新的内容、周期、方式等提出了新的更高的要求,尤其是对突发事件处理、重大工程建设等而言,亟须在较短的时间内获得特定地区或指定要素的最新数据产品。

增量更新作为一种快速、灵活的更新模式,是未来数据库更新的主要趋势。增量更新(王东华等,2014)包括如下步骤:①地形数据库的增量要素标定;②地形数据库更新子库建立;③变化信息的增量采编;④更新信息的增量质检;⑤更新增量信息汇交;⑥更新增量信息入库;⑦要素级多版本数据库的管理,每个要素具有版本信息,通过分析不同时态要素,实现历史数据的回溯、数据动态变化分析、统计和展示。目前,增量更新已经应用到地籍数据库增量更新(周晓光,2005)、导航电子地图更新(McGrath et al,1999)、海洋电子导航地图更新(Hardy,2000)、地形数据增量更新(王东华等,2014)。在不同的研究背景下,增量更新被冠以不同的学术名称,如空间数据修正(Ramirez,1996)、动态更新概念(Shibasaki,1994)、增量式更新(Cooper et al,2000)等。地形数据库增量更新的基本任务是综合利用各种来源的现势资料,确定地理要素发生变化的位置及属性,对原地形数据进行增删、替换、关系协调等交互式操作和处理,生成能反映地理空间现势性的数据体(蒋捷,2000;陈军等,2004)。

自20世纪90年代以来,各国测绘生产部门逐渐将国家基础地理空间数据库的更新上升为工作重心。英国陆军测量局生产的国家地形数据库 MasterMap 是英国的主要地图,记录了200多万地形特征,是一幅无缝的全国电子地图。MasterMap 持续的价值在于它所包含数据会得到及时的更新,测量局拥有450多名测量和收集数据的员工记录地形的变化,并即时反馈到数据库中,用户通过代理商可以立即访问最新的数据库,并可以获取更新信息。法国地理制图研究所在更新客户数据库的应用中提出了更新差的概念(Badard,1999),采用一种基于状态版

本化和日志的更新模式,实现了更新信息的详尽且最小。澳大利亚南威尔士州采用一种增量数据流模型,将土地测量师确定的土地划拨数据送到数字地籍数据库中,以使用户及时、方便地获得更新数据(Effenberg et al,1996)。芬兰国家测绘局有400多工作人员使用240台工作站从事数据建库、维护和更新工作,其道路每年利用航空影像和全球定位系统(global positioning system,GPS)进行更新;1:2万比例尺地图的重要要素根据其他部门的现有数据库逐年进行更新,并且每5~10年基于数字正射影像图(digital orthophoto map,DOM)进行一次全面更新;他们还研究建立了以地籍系统为基础的随时、持续、自动更新居民地的机制。丹麦地籍测量中心用5年生产了覆盖全国的1:1万比例尺矢量地图,并选取两个区域进行数据库更新试验。其先利用航摄影片发现变化,然后将变化信息采集成为矢量数据,再利用其对原数据库进行更新。更新后历史信息被保存起来,并建立地理对象不同版本之间的链接关系(Hojhol et al,1999)。

我国在地形数据增量更新方面已经开展了许多工作并取得了一定的成效,在1997年项目“时空拓扑关系若干基本问题的研究”、1999年重点项目“多维动态GIS空间数据处理关键技术研究”、2004年时空数据更新的重点项目“GIS空间数据库更新模型与方法研究”等的支持下,对空间数据中的地籍数据库增量更新、增量数据发布、客户数据增量更新、地形数据更新中的冲突检测、缩编更新(周晓光,2005;朱华吉,2005;王育红,2008;刘万增等,2007;胡云岗,2008)等问题做了细致研究;2014年,以1:5万比例尺地形数据更新工程为目的,国家基础地理信息中心申请了增量更新方法专利(王东华等,2014),但仍有许多关键问题需要加以研究解决。

增量的描述与计算是增量采集、增量发布、增量入库更新的理论基础。首先,对增量数据采集者来说,通过各种现势资料监测出地形数据的变化后,采用什么样的操作来采集增量最简便、最利于增量的后期处理,是增量采集工作前首要解决的问题。其次,随着人们对地形数据现势性和准确性的要求不断提高,地形数据增量发布已成为GIS领域的研究热点之一(Badard et al,2001;Cooper et al,2001;Spéry et al,2001;朱华吉,2005),如国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)和国际制图协会(ICA)曾多次召开增量发布相关的学术会议。增量信息的发布首先需要准确地提取增量,其次需要尽可能地减少处理的数据量从而提高网络传输效率。此外,增量的描述与计算也直接影响增量信息在其他待更新端的入库更新,增量更新能够以较短的更新周期加快用户数据库的更新速度,是很多政府、企业提供空间数据更新服务的理念之一。例如,英国军械测量局每隔六周发布一次MasterMap数据产品的变化信息,用户只需在线提交其感兴趣的范围,就可以快速完成其数据更新(Murray,2002),工作流程如图1.1所示,其中的关键问题是如何描述空间变化信息、准确提取增量以实现变化信息的有效传播。

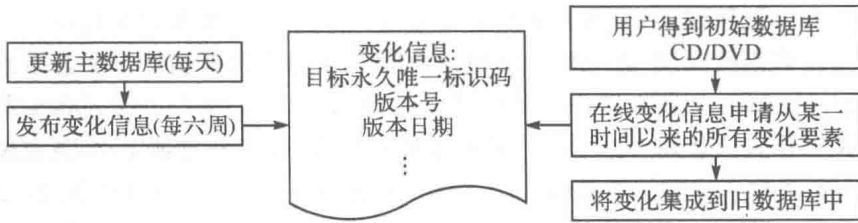


图 1.1 MasterMap 数据增量信息发布流程

从上述增量更新的生产过程和理论需求可知,增量式数据更新将是未来时空数据更新的主要趋势,增量信息反映了空间数据的变化范围、变化频率与幅度等信息,增量的描述与计算是增量信息采集、发布、入库、更新的前提和基础。

### 1.1.2 地理国情监测

现实世界处于不断变化之中,及时地监测、分析、统计和描述这些时空变化有助于掌握国情国力,为决策者提供测绘保障。从地理的角度,对国土疆域、地形地貌、地表覆盖、江河湖泊、道路交通网络、城市布局和城镇化扩张、人口与生产力、资源环境、灾害等自然和人文地理要素的现状和变化进行测绘、统计和分析,客观准确地揭示地理国情的空间分布、相互关系和时空变化规律(徐德明,2012;姚承宽,2011),是地理国情监测的主要任务。2010年12月20日,时任中共中央政治局常委、国务院副总理的李克强同志对测绘工作做出重要批示,要求国家测绘地理信息局“加强基础测绘和地理国情监测”。地理国情监测已逐渐成为测绘工作者今后的一项重要使命。

地理国情监测是对地形、水系、湿地、冰川、沙漠、地表形态、地表覆盖、道路、城镇等要素进行动态和定量、三维、连续的测绘,并统计、分析其变化量、变化频率、分布特征、地域差异、变化趋势等,形成反映各类资源、环境、生态等要素的空间分布及其变化的地理信息数据(陈俊勇,2012)。地表覆盖、土地利用、地形数据等数据的变化监测均涉及变化的地点、变化的内容等问题,即增量信息所要描述的内容。

#### 1. 地表覆盖的变化分析

地表覆盖反映着人类社会经济活动过程,地表覆盖及其变化是地理国情监测、气候变化研究、生态环境评估等不可或缺的重要基础信息,一直是国际社会关注的热点问题。国际地圈生物圈计划(IGBP)和全球环境变化的人文因素计划(IHDP)开展了土地利用/覆盖变化核心项目,联合国粮食及农业组织(FAO)开展了土地利用分类项目,国际对地观测卫星委员会(CEOS)提出了全球森林和地表覆盖动态监测项目,美国国家航天航空局(NASA)启动了土地利用/覆盖变化研究项目、部门间气候变化科学项目中的地表覆盖项目等。我国在“十一五”期间启动了全球地表覆盖遥感制图与关键技术研究等“863”计划重点项目,2012年生产了2000年度

和2010年度两期全球30 m地表覆盖数据产品,与澳大利亚合作开展了碳计量的遥感动态监测,中国林业科学院和中科院地理所等单位在东南亚开展土地覆盖变化监测项目等(陈军等,2010a)。

地表覆盖变化信息的分类和表达与尺度、分类体系、空间分辨率等因素相关,其描述的内容包括三个层次:变或没变、由什么变什么,以及变化的过程。例如,宫鹏等(2010)在完成中国1990年、2000年两期中国湿地分布遥感制图的基础上,通过叠加比较,得到每类湿地类型的面积变化数据及空间分布情况,为湿地变化的驱动力分析提供了理论依据。

## 2. 土地利用的变化监测和分析

土地利用的变化监测和分析中对于人口和粮食研究、驱动力分析、土地利用变化预测、城市化研究、资源可持续利用研究等方面的关键问题,是众多研究者关注的问题。例如,刘纪远等(2002)对中国近期土地利用变化的空间格局进行了分析,首先得到各种土地利用类型的面积变化量,然后结合空间分析功能,进一步得到各土地利用动态区的土地利用转换矩阵,给出了由耕地变为林地或由草地变为耕地等结论。葛全胜等(2005)对20世纪前期和中期中国农林土地利用变化进行了分析,将统计和调查数据、遥感影像资料等作为数据源,将中国按土地利用变化差异分为七个区域,分别对各区的耕地、林地的面积变化进行了计算,并分析了影响其变化的社会经济和自然灾害等原因。郑盛等(2011)基于国产卫星数据对深圳城市化进程中的土地利用变化进行了探讨,将研究区域的土地利用类型划分为六类,然后对两期土地利用图进行地图代数计算,得到土地利用类型相互转化定量关系的转移矩阵,通过比较变化前后土地利用的分布重心,得到该地区的空间变化规律。

## 3. 地形数据的变化分析

与影像数据不同,地形数据中能够表达特定的空间地物目标,并且为这个目标赋予属性信息,这使得以地物目标为变化研究对象成为可能,从而为国情监测提供更详细、更准确的信息依据。

地形数据表示的基本要素主要包括地形地貌、水系及附属设施、道路交通、居民地、土地利用等地理要素的分布信息,基本涵盖了地理国情信息的基本要素,因此,地形数据的变化监测和分析是地理国情监测的重要内容。基于地形数据进行地理国情监测的主要内容如表1.1所示(姚承宽,2011)。

信息分类是人类思维活动所固有的一种活动,是人们日常生活中用以认识、区别和判断事物的一种逻辑方法。一般地,分类是通过将自然界各种事物进行整理归纳,使复杂无序的事物系统化、有序化,从而达到认知和区分客观世界的目的(李宏伟等,2008)。

表 1.1 基于地形数据进行地理国情监测的主要内容

序号	监测内容				
	地貌	水系及附属设施	植被	道路及附属设施	居民地
1	大陆板块漂移	江河湖海分布、深度与面积	森林、草地覆盖	道路占地与分布	城市布局与历史变迁
2	地表升降变形	水利设施分布	基本农田分布	交通设施监控	城市扩张
3	石、沙漠化	海岸线及海域变化	草原生态环境	人防工程及隧道分布与形变	城乡居民分布
4	地质环境与地质灾害	冰川伸缩	城市绿地	道路网的结构特征	城市垃圾分布
5	生态环境保护与开发	水、油气污染	农作物灾害防治	铁路分布与轨道	高层建筑变形与形变
6	土地覆盖与土地开发利用	水库、大坝形变	农作物估产	车辆调度指挥与拥堵疏散	居民地闲置用地
7	破产资源储量与分布	水库防洪库容	森林火灾预报与评估	交通项目建设进度	住宅用地
8	矿产开发与矿区土地复垦	海洋环境调查	植物物种调查	公路、铁路里程	城市部件
9	山体滑坡	海洋生物分布	林业资源调查	轨道交通工程	古建筑保护
10	地貌变化	水下地形变化	农牧业结构调整	桥梁施工控制与形变	城镇化边缘地区地表覆盖
11	地表覆盖变化	沟渠、沼泽变化	土壤养分的空间变异	路网周边地理环境变化	城市空间布局

增量信息的描述与计算是研究空间演变规律、时空结构演变、土地利用变化分析、地表覆盖变化、城市动态监测、灾害监测、土壤分析等应用领域的前提和基础。目前,地表覆盖、土地利用的变化分析是在地理信息技术方法的基础上,对研究区域内的统计数据和信息进行分析,从而得到地理统计信息,如土地面积、水库库容、道路长度等,这是一种定量的变化分析方法。以图 1.2(a)、(b)两个时刻的空间数据为例,进行变化监测和分析,结果如图 1.2(c)所示,即地物目标的面积分别增加了  $4.45 \text{ km}^2$ 、减少了  $1.94 \text{ km}^2$ 。地理统计信息无法定性地描述其中某一地理目标或某一图斑目标的演变情况,无法满足对局部地区进行细致变化监测的需求。例如,图 1.2(c)中地物目标 1 和 2 虽然都属于面积减少,但其代表的变化类型和演变规律是不一样的,地物目标 1 是收缩了一部分,地物目标 2 是整体消失。因而,在地理定量统计的基础上,还需要总结和归纳地理信息是如何变化的,发生了什么类型的变化,即引入定性的时空变化分析,对地形增量进行建模与表达,以满足地理

国情监测中变化分析的需求;此外,只有准确提取增量才能形成反映各类资源、环境、生态等要素的空间分布及其变化的有效数据。

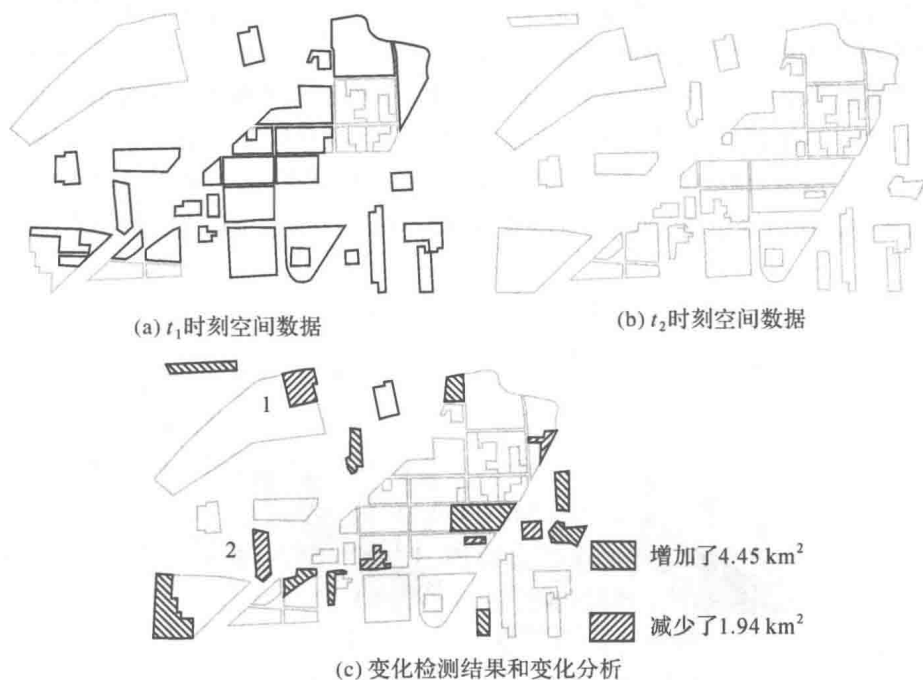


图 1.2 对时空变化的地理统计信息

## § 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 时空变化信息的描述

时空变化信息的描述与人类的空间认知直接相关,要给出一个严格而明确的定义与分类相当困难。迄今为止,国内外同行做过一些研究,就目前而言,尚没有形成统一的认识。根据不同的应用和侧重点,变化表达的内容均不同,对现有方法进行总结,可分为四种主要类型:时空序列快照模型、变化过程建模、时空拓扑关系描述、时空增量建模等。

#### 1. 时空序列快照

时空序列快照描述的是各种空间信息及其空间关系在运动过程中某一时刻的快照,即连续变化着的空间信息在时间维上的瞬时静态记录(Langran, 1991)。数据快照是将整个空间数据在时间维的连续变化离散成特定时刻的快照(陈军等, 2010b)。设地形数据在  $t_1$ 、 $t_2$  两个时刻的快照分别记为  $D(t_1)$ 、 $D(t_2)$ , 则基于数



据序列快照的时空变化信息  $C_D$  表示为

$$C_D = \langle D(t_1), D(t_2), \dots \rangle \quad (1.1)$$

数据快照是对数据整体进行时间标识,这种方法出现的比较早,在计算机中组织和管理也比较简单,是目前地理信息更新中表达时空变化的常用方法,如我国基础地理数据库中 2006 版、2011 版 1:5 万比例尺数据构成了数据序列快照。然而,由于将  $t_1$  到  $t_2$  时间段发生变化和未发生变化的空间目标集合全部用  $t_2$  进行时间标识,如图 1.3 所示,难以从中直接获知有哪些目标发生了变化,不利于时空变化分析;同时,将整体快照看作变化信息,会导致大量的数据冗余,造成信息传输困难。

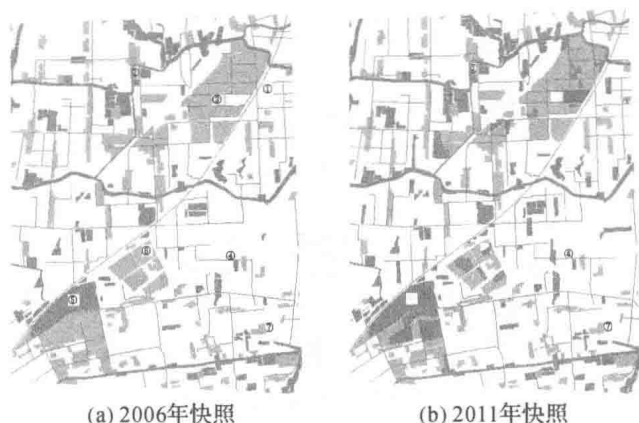


图 1.3 时空序列快照

## 2. 变化过程建模

快照模型是对空间数据在一段时间内的历史状态切片的描述和管理,是对静态空间状态的描述,这种方式的缺陷是收集的变化信息滞后于现实世界对象状态的改变(李学祥等,2010)。而变化本身是一个过程化的概念,如地理动力原因产生的海洋涡旋自然过程、人类活动导致的土地利用变迁过程等(谢炯等,2011)。将时空变化的动态演变过程作为变化信息,以过程建模的思想对变化过程进行模拟和描述。

描述动态的演变过程是分析时空现象、提取时空高层知识的重要基础(谢炯等,2007;薛存金等,2010),不仅要回答地理事物和现象在哪里、在何时、发生了什么变化,还渴望回答变化为什么会发生、变化如何发生等深层次时空语义问题(吴长彬等,2008;薛存金等,2010;谢炯等,2011)。当前的研究中,基于变化事件和更新操作的描述方式体现了过程的思想。

### 1) 变化事件

莱布尼茨(Leibniz)提出了“时间的本质是事件的序列”,事件反映了某一要素发生变化的时间点,因而空间数据随时间的变化可通过地理事物序列的记录来表



示。Claramunt 等(1995)、舒红等(1997)、Hornsby 等(2000)、林广发等(2002)将时空变化定义为“改变客观世界中地理实体状态的某些动作或者行为”,这些动作或行为即事件。

如图 1.4 所示,设  $FC(t_1)$  表示事件发生前地理要素快照集合, $FC(t_2)$  是事件发生后地理要素快照的集合,引起变化的事件用 Event 表示,则时空变化  $C_E$  可描述为式

$$C_E = \langle FC(t_1), \text{Event}, FC(t_2) \rangle \quad (1.2)$$

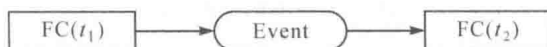


图 1.4 基于事件的时空变化描述

Claramunt 等(1995)以单一实体目标为研究对象,将引起变化的事件分为八种基本类型:出现、消失、稳定不变、扩张、收缩、转换、移动、旋转。如图 1.5 所示,这种分类方法在国际 GIS 界被认为是比较全面、比较成功的分类方法,已被广泛引用。Peuquet 等(1995)、林广发等(2002)、徐志红(2005)研究了基于事件的时空建模和时空数据模型;蒋捷(2000)、周晓光等(2006)、李勇等(2007)、谢炯等(2007)、张丰等(2008)将事件描述用于地籍变更管理;朱华吉等(2010)、安晓亚等(2011)将地理事件分为基本地理事件、复合地理事件和地理事件序列;Worboys(2005)研究了基于事件的动态地理现象的描述与表达方法;安晓亚等(2011)研究了面向空间数据主动更新的地理事件模型。

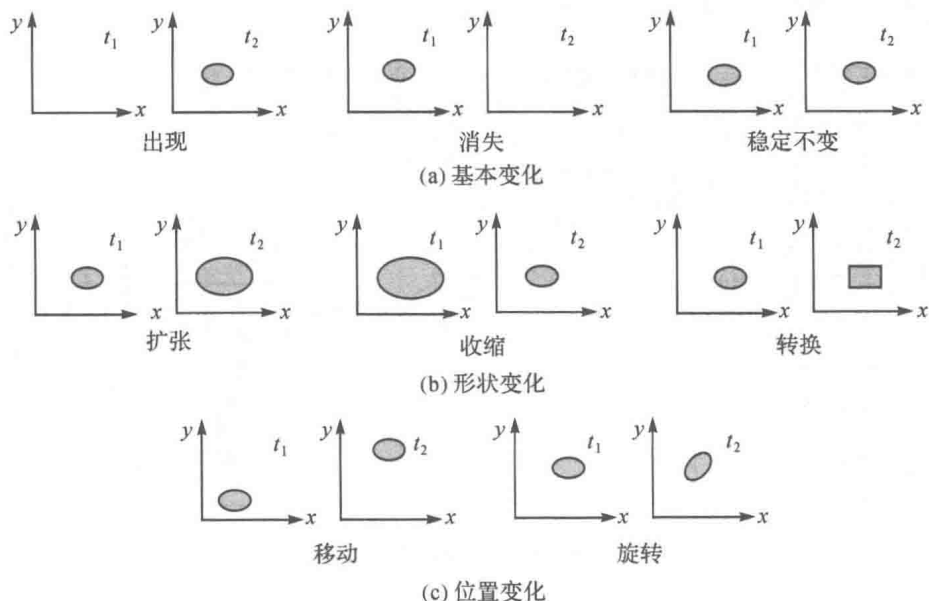


图 1.5 单个实体的变化