

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 1672- 1586(2004) 05- 0001- 05

基础地理数据库的持续更新问题

陈 军¹, 李志林², 蒋 捷¹, 赵仁亮¹

(1. 国家基础地理信息中心, 北京 100044; 2. 香港理工大学, 香港 九龙)

摘 要: 本文分析了基础地理数据库更新的实际需求与研究现状, 指出其持续更新过程中| 系列与“初始建库”不同的理论、方法和关键技术问题, 提出应不失时机地加强对主数据库增量数据建模方法、多源遥感影像与矢量化地图数据的自动配准、GIS 集成环境下的重要基础地理要素变化信息的提取、多尺度地图数据库级联更新的自动综合方法、客户数据库的更新方法等的研究。

关键词: 更新; 增量; 变化; 配准; 基础地理信息

Key Issues of Continuous Updating of Geo-spatial Databases

CHEN Jun¹, LI Zhilin², JIANG Jie¹, ZHAO Renliang¹

(1. National Geomatics Center of China, Beijing 100044, China; 2. The Hong Kong

Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong, China)

Abstract: The updating of geo-spatial databases is becoming a big challenge for many national and local surveying and mapping organisations in the world. A number of key problems to be solved in continuous updating of the multi-scale geo-spatial databases was discussed in this paper, such as the incremental data modelling of master databases, automatic registration of multi-resource remote sensed imageries and digitized maps, change detection and extraction of key geo-spatial features in GIS environment, updating multi-scale databases with digital generation methods, updating of client databases.

Key words: updating; incremental; change; registration; geo-spatial information

1 基础地理数据库更新“任重道远”

众所周知, 地理空间数据是地理信息系统(GIS)的“血液”。经过多年不懈的努力, 我国基础地理数据库建设取得了巨大成绩, 先后建成了全国 1:100 万和 125 万地形数据库, 15 万数据库将于 2005 年全部建成, 不少省(自治区)的 1:1 万数据库取得了可喜进展, 一些大中城市建立了大比例尺(1:500 12 000)基础地理数据库, 为各类 GIS 应用工程提供了多比例尺的地理空间数据, 在国民经济建设和社会发展及国家信息化进程中, 发挥着重要的数字化框架作用^[1]。由于我国经济建设和社会发展速度很快, 地形地物等要素不断变化, 基础地理数据具有鲜明的现势特性, 直接制约着其使用价值和使用范围。随着基础

地理数据“原始积累”的逐步完成和共享应用, 其现势性问题已成为广大用户关注的热点问题^[2]。由国家科技部基础司组织完成的“国家科技基础数据库建设与发展的研究报告”指出:“持续更新和业务化运行是一个科学数据库存在的根本。目前许多科技数据库是按项目方式一次性建立的, 缺乏持续的数据来源, 或有效的数据更新机制, 很容易变成死库, 或逐步地失去应用价值”^[3]。新近修订并于 2002 年 12 月 1 日开始实施的中华人民共和国测绘法第三章第十五条明确要求, 对基础地理数据成果应当定期进行更新, 国民经济、国防建设和社会发展急需的应当及时更新。

国家基础地理数据库更新的基本任务是, 综合利用各种来源的现势资料(如最新航空航天影像、行

收稿日期: 2004- 08- 18

基金项目: 国家杰出青年科学基金项目资助(编号 40025101)

政勘界资料、地面实测数据等),确定和测定全国范围内基础地理要素(如道路、水系、居民地、地形、地名、行政界线等)的位置变化及属性变化,对原有数据库的要素进行增删、替换、关系协调等修改处理,生成新版数据体和记录变化信息,并更新用户数据库。据联合国1993年的统计数据表明,全球地形图的更新速度远远落后于其生产速度^[2]。就连美国这样的经济超级大国,其测绘部门生产的55 000多幅地图中有不少地形图的平均年龄为23年,严重影响了这些地图的应用价值。这使得基础地理数据库的持续更新成为一个世界性的难题与热门话题。

2 “持续更新”面临诸多新问题

目前一些经济发达国家的测绘部门已开始或正在着手将工作重点从数据建库转移到更新与应用,并在建立更新机制、利用遥感影像获取变化信息、历史数据存取等方面做了大量工作^[4],其中包括:

1) 建立持续更新机制

美国地质调查局测绘部2001年在其国家地图计划(The National Map)中发誓,要在2010年建立近实时数据更新机制,将数据的现势性保持在几天或数月之内^[5]。英国军械测量局(Ordnance Survey)根据其实际情况,建立了推帚式和散点式相结合的更新机制^[6]。日本GSI采用基于栅格的更新方法,先更新1:2.5万地形图,再用1:2.5万地形图更新1:5万地形图。美国俄亥俄州立大学测图中心研究提出了包括17个步骤的更新模型(revision model)^[7]。

2) 利用遥感影像获取变化信息

加拿大测绘署地形信息中心(Center for Topographic Information)2001年启动了一项利用Landsat-7正射影像更新1:5万地形数据的计划,计划今后每年使用Landsat-7影像等更新1 000幅以上地形图数据^[8-9]。欧盟20世纪90年代中期支持英国伦敦的University College、德国等大学开展了ARCHANGEL(Automatic Registration and CHANGE Location)计划,旨在研究解决影像到地图的自动配准问题^[10]。以色列专家提出了一种GIS驱动的变化检测方法,其基本思想是将GIS数据库中前一版本的数据转换为相应正射影像相对应的栅格数据格式,然后与正射影像叠加,由计算机比较两个时刻的数据,提取变化信息^[11]。

3) 历史数据存取

丹麦National Survey & Cadastre将更新后的历史信息保存起来,并建立起地理对象不同版本之间的链接关系。荷兰地籍与公共注册署在更新大比例尺

地形和地籍数据时,考虑到拓扑编辑可能会影响许多新、老目标,导致长事务(long transactions),采用了时态工作拷贝(temporary work copy)等方法对所涉及的该矩形工作区进行锁定(locking),不允许其他用户在同一时间内对该工作区同一专题层进行编辑,以保持数据库的一致性^[12]。

进一步分析可以看出,基础地理数据库的持续更新不仅是一项长期、复杂的系统工程,而且向我们提出了一系列与“初始建库”不同的理论、方法和关键技术问题,其中包括:

1) 数据模型演化与动态建模问题

基础地理数据库更新的一个基本特点是,对现有数据体进行交互式操作和处理,改变原有的部分几何、属性数据、元数据以及拓扑等空间关系,甚至提高数据的精度,丰富数据的类型。在这种持续的“数据再造工程”中,基础地理数据库的数据模型将随之演化,以表达基础地理要素的时空变化、精度变化、元信息变化等^[13]。因此,要研究其数据模型随数据更新操作和数据版本增加而不断演化的基本问题,建立基础地理数据库的时空数据模型,实现基础地理数据库更新的动态建模。

2) 基础地理要素变化的及时发现与自动提取问题

对于我们这个幅员辽阔的大国来说,利用最新的航空航天影像及其他现势资料,分析地表变化的频率与幅度,确定更新范围与对象,提取变化信息,是基础地理数据库更新的必由之路。这涉及到不同类型的遥感影像与现有基础地理数据精确配准、从高分辨率影像提取地物变化信息、不同来源数据的融合与集成等诸多关键技术问题^[7, 14-16]。为了缩短数据更新的周期和提高其生产效率,需要不断设计或改进相关的数据处理模型、算法,发展数据更新的技术系统(或工具),提高变化发现与信息提取的自动化程度与可靠性^[17]。

3) 主数据库更新的方法问题

是指基础地理信息生产和提供者根据直接测定或间接获得的变化信息,对自己的基础地理信息数据库(称为主数据库)进行更新处理,包括添加新增目标、删除不再存在的目标、生成新的数据库版本、保存历史数据等。其中存在着主数据库增量更新模式、要素间空间关系协调与一致性处理、用最新大比例尺数据更新小比例尺数据的综合方法、并发控制机制、历史数据的存储方法、版本制作等诸多问题^[18-19]。

4) 客户数据库更新的模式与方法问题

由于许多用户已经在原有的基础地理数据上添加了大量的专题属性(或已将基础地理数据与其专业数据整合为一体),基础地理新版数据与用户数据库在数据规格(specifications)上将存在差异,带来了语义冲突、数据库模式不一致、信息转换、数据融合等问题^[20-21]。

5) 多比例尺数据的协同更新问题

在不同尺度背景下,地球空间现象或实体往往具有不同的空间形态、结构和细节。为了满足宏观、中观和微观层次的空间建模和分析应用的需要,人们对地球表层各种自然和人文现象的空间形态结构进行了不同尺度的抽象表达,形成了不同比例尺的系列地形图,建立了多种比例尺数字地图数据库。虽然这些多尺度地图数据库为宏观到微观的规划、决策和管理提供了内容逐步详尽的基础地理信息,但其建立和维护费时费力,耗资巨大,不仅存在着同一实体的多重表达间一致性问题,也给多比例尺数据的协同更新带来了不少困难。因此,对最新的较大比例尺数字地图进行自动综合,派生出较小比例尺的数字地图,或更新较小比例尺的数字地图,成为当前人们面临的又一大难题^[22-23]。

3 该领域研究方兴未艾

近几年来,一些国际学术组织积极推动对 GIS 空间数据库更新问题的学术研究与交流。例如,1999 年国际制图协会(ICA)和国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)成立了“增量更新和空间数据库版本”(Incremental updating and versioning of spatial data bases)联合工作组,先后三次在荷兰阿姆斯特丹(2000 年 8 月)、中国北京(2001 年 8 月)、德国法兰克福(2002 年 10 月)组织了专题研讨会。2003 年 8 月 ICA 又将该工作组升格为“增量更新和空间数据库版本”委员会,以进一步加强这一领域的学术交流与争鸣。

ISPRS 下设的实时测绘技术工作组(WG II/1)基于影像的地理信息自动生产和更新系统工作组(WG IC II/IV)、时空数据建模与分析工作组(WG IV/1)、目标自动提取工作组(WG III/4)、数据集成与数字制图工作组(WG IV/7)、数据综合与数据挖掘工作组(WG IV/3),分别或联合组织了多种类型的学术研讨会,包括“移动测图技术”(Mobile Mapping Technology)系列研讨会、多维动态 GIS 系列研讨会等。2004 年 7 月召开的第 20 届 ISPRS 大会专门设立了“Change detection and updating for geo-databases”、“Revision and maintenance of core geo-databases”两个专题单元

(theme sessions)。

我国有关单位和专家学者在此方面也开展了一些探索性工作。例如,中国测绘科学研究院 1999 年开展了“卫星遥感数据快速更新地图数据技术研究”,初步研究了卫星遥感图像处理与更新数据提取的技术和工艺流程;武汉大学承担了多项国家自然科学基金项目,在利用遥感影像进行变化检测等方面取得了可喜的研究成果^[24-29]。国家基础地理信息中心 20012002 年组织全国 29 个省市(自治区)的数百名科技人员,对 1998 年建成的全国 1:25 万地形数据库进行了首次更新^[30]。

虽然国内外对基础地理数据库更新的研究与实践方兴未艾,但在总体上仍处于初期的探索阶段,主要表现为:

1) 基础地理数据库更新的理论研究相对滞后于生产实践

尽管近年来基础地理数据库更新已成为国内外测绘与地理信息部门关注的热点,但以往人们的注意力主要集中在建库与分析应用,对基础地理数据库更新的理论研究较为粗浅,在国际和国内测绘与地理信息核心期刊上关于基础地理数据库更新的学术论文较为鲜见,而对我国 19912001NSFC 资助项目进行的初步分析也表明,地理数据库更新是亟待加强的研究方向^[31]。由于理论研究相对薄弱,人们对基础地理数据模型演化与动态建模、基础地理要素变化发现与提取、主数据库更新、客户数据库更新等基本问题缺乏系统、深入的认识,至今还没有形成国际上公认的基础地理数据库更新理论模型,难以指导基础地理数据更新工程设计和实施、数据更新技术系统研发、基础地理时空数据组织与版本管理以及用户增量服务等。

2) 基于影像的更新模型、算法研究亟待突破

目前更新生产中主要是通过目视判读、手工编辑等去完成影像配准、变化测定、关系协调等数据处理工作,其耗时费力,生产效率不高。虽然国内外学术界在影像与地图自动配准、基于高分辨率影像的特征提取、GIS 空间关系处理、地图自动综合等关键技术方面取得了一定的研究成果,但离更新生产实际尚有很大差距。为了提高基础地理数据库更新的生产效率,应该大力加强其有关自动处理模型、算法的研究,发展基于遥感与 GIS 的专用更新技术系统,提高变化发现、信息提取和数据库更新操作的自动化程度与可靠性^[17]。

3) 用于地图数据库更新的自动综合模型、算法尚待发展

近些年来,国际学术界在数字地图自动综合方面作了大量的研究工作,取得了可喜的进展,但还存在着系列有待解决的问题,如各种算法的研制相对孤立,尚未形成综合算法体系,实用化软件系统仍有待开发。

4 今后的若干重要研究方向

为了切实解决好国家基础地理信息数据库持续更新的关键科技问题,在今后一段时期内应重点加强以下几方面的研究:

1) 主数据库增量数据建模研究

分析基础地理数据库数据模型演化的主要影响因素,研究基础地理要素随时间变化的类型、因果关系及其表达问题,设计基础地理数据库的时空数据模型;分析数据更新操作的基本类型,研究更新过程中要素间空间关系协调、一致性处理和质量控制等问题,构造数据更新的动态算子,发展(半)自动更新操作方法;研究主数据库更新信息和历史数据组织及版本化问题,设计增量存储模式,发展版本生成与时空检索功能。

2) 多源遥感影像与矢量化地图数据的自动配准研究

利用遥感影像更新基础地理数据库矢量地图数据的常规做法是:①对照影像与地图,人工选取控制点;②对影像与地图作相对纠正;③对照叠合的影像与地图,添加“新地物”,删除或修改老(已拆除或变更的)地物。

由于矢量化地图是经过加工及符号化的结果,而影像是地物的“写真”,两者具有不小的差别,比如矢量化地图上的铁路宽度(往往是中心线)与影像的宽度不同,矢量化地图上一些地物、地貌可能已发生变化,中心投影的遥感影像上地物与地图相比存在着“移位”(正射影像上其高出地面的建筑物等仍保留着中心投影的特性),因此人工往往难以选取足够数量的控制点,无法保证影像与地图相对配准精度。为了实现“新影像”与“老地图”之间的精确、自动“配准”,拟根据遥感影像与矢量地图的“差异”,研究影像特征与矢量化地图目标配准的数学模型及辅助算法,包括具有“强抗噪声”能力的影像特征提取算法、影像的特征与矢量化的地图(或GIS)目标配准的统一数学模型、顾及地图变迁程度的同名地物目标“人机协同”匹配方法、影像残余几何变形与符号化差异相容的精确配准方法等。

3) GIS集成环境下的重要基础地理要素变化信息提取研究

研究几何方法与统计方法及成因分析方法相结合的影像信息提取模式、以摄影测量与遥感信息集成为基础的信息提取能力与方法及GIS信息与影像信息融合的信息提取。拟针对道路、水系、居民地等主要基础地理要素,研究从精确配准后的遥感影像和矢量化地图数据中提取变化信息的智能化方法。其中包括基于概率模型和顾及上下文约束的感知编组,及基于树结构的道路特征判别提取道路网的自动化方法、基于多源信息融合和约束条件的居民地信息提取及城市变化检测与信息提取的智能化方法、计算几何与信息模型相结合的水系信息提取与变化检测方法、变化信息的检验与评价方法等。

4) 多尺度地图数据库级联更新的自动综合方法研究

应根据我国多尺度地图数据库更新的实际需求,研究多尺度地图数据库自动综合的若干关键问题,包括不同比例尺地图要素的自动匹配、各种综合操作的几何转换算法、用于控制综合操作的高层规则的形式化表达、用于综合操作成功执行约束条件的空间关系模型、质量控制标准等。

5) 客户数据库更新方法问题

针对主、客户数据库在数据语义、数据模式等方面存在的差异,分析基础地理数据更新成果对客户数据库重建的影响,研究客户数据库更新时语义转换、模式匹配、信息转换的基本问题;研究批量提供时版本表达内容、前后版本之间的关系,设计竖向、横向等多类型数据版本;研究基于时间段、地理区间和基础地理要素的增量提供方法,研究增量数据与客户数据库的匹配集成问题,发展面向对象的增量(几何、空间关系、属性及语义)提炼方法。

5 结束语

就宏观而言,加强对基础地理数据库持续更新的研究,将深化人们对这方面有关基本问题的认识,为国家基础地理数据库持续更新的工程设计和实施、基础地理数据增量服务等提供发展思路,为发展具有自主知识产权的基础地理数据更新系统提供理论方法。在微观层次上,期望通过研究解决遥感影像与矢量化地图自动配准、GIS集成环境下的基础地理要素变化信息提取、主数据库增量数据建模、客户数据库更新等方面的一些关键技术问题,发展相应的模型、算法与软件系统,提高变化信息提取、更新操作处理的自动化(或半自动化)程度或可靠性,在今后国家1:25万、1:50万和1:100万基础地理数据库更新与服务中取得实际的应用效益。

参考文献:

- [1] 陈军. 论数字化地理空间基础框架的建设与应用[J]. 测绘工程, 2002, 11(2): 1-6.
- [2] 蒋捷, 陈军. 基础地理信息数据库更新的若干思考[J]. 测绘通报, 2000, (5): 1-3.
- [3] 叶玉江, 黄鼎成. 国家科技基础数据库建设与发展的研究报告[A]. 黄鼎成, 郭增燕. 科学数据共享管理研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 2002. 319-379.
- [4] Heipke, C., 2002. Requirements for modern GIS[A]. In: Proceedings of ISPRS Commission II Symposium[C]. CHEN Jun, JIANG Jie Eds, pp. 173-179, Xi'an, Aug. 20-23, 2002.
- [5] USGS, 2001, <http://nationalmap.usgs.gov>.
- [6] Murray, K., 2002. A new geo-information framework for Great Britain[J]. FIG XXII International Congress, Washington, D. C. USA, April 19-26, 2002.
- [7] Ramirez, J. P., 1998, Revision of geographic data-a framework, GIS-between Visions and Applications[J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 32- B4, pp. 487-493, Stuttgart, Germany, Sept. 7-10, 1998.
- [8] Amenakis, C., Cyr, I., Papanikolaou, E., 2002, Change detection methods for the revision of topographic databases[A]. in Symposium on Geospatial Theory[C]. Processing and Application. 2002. Ottawa.
- [9] Martin, M., -E and Loubier, E., 2002, Using landsat-7 images to update canadian national topographic data[A]. in Symposium on Geospatial Theory[C]. Processing and Application. 2002. Ottawa.
- [10] Dowman, I., 1998, Automated procedures for integration of satellite images and map data for change detection: the ARCHGEL project[J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing on GIS-between Visions and Applications, Stuttgart, Sept. 7-10, 1998, Vol. 32- B4, 162-169.
- [11] Peled, A. and Basheer, H., 1998, Toward automatic updating of the israel national gis-phase II[J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing on GIS-between Visions and Applications, Vol. 32- B4, pp. 467-472, Stuttgart, Sept. 7-10, 1998.
- [12] Oosterom, P. V., 1997, Maintaining consistent topology including historical data in a large spatial database[A]. Proceedings of 1997 ACSM/ASPRS Conference[C]. pp. 327-325.
- [13] Woodsford, P. A. 1996, Spatial database update-a key to effective automation[J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B4, : 955-961, Vienna, 1996.
- [14] Fiset R., Cavayas F., Mouchot M., Solaiman B., Dosjardins R., 1998, Map-image matching using a multi-layer perception: the case of the road network[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 53 (1998) 76-84.
- [15] Magado and Dowman, I., 1997, A procedure for automatic absolute orientation using aerial photographs and a map[J]. ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing 52 (1997) 169-182.
- [16] Walter, V., 1997, Matching strategies for the integration of spatial data from different sources[A]. in International workshop on Dynamic & multi-dimensional GIS[C]. 1997. Hong kong.
- [17] Cooper, A. and Peled, A., 2001, Incremental Updating and Versioning [A]. Proceedings of the 20th International Cartographic Conference [C]. pp. 2806-2809, Beijing, August, 2001.
- [18] 陈军. 构建多维动态地理空间基础框架数据[J]. 地球空间信息科学, 2002, 4(1): 7-13.
- [19] Amenakis, C., 1992, Electronic mapping of time-dependent data[J]. ASMPRS/ACSM/AT'92, Vol. 3, No. 1, pp. 445-465.
- [20] Lemaire, C. and Badard, T., 2001, Cartographic database updating [A]. Proceedings 2 of the international Cartographic Conference [C]. August 6-10, 2001, Beijing, China, pp. 1376-1385.
- [21] Sperry, Laurent, 1998, Spatial data transfer in the case of update, GIS-between Visions and Applications[J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing on GIS-between Visions and Applications, Stuttgart, Sept. 7-10, 1998, Vol. 32- B4, pp. 527-532.
- [22] 毋河海. 地图信息自动综合基础理论与方法体系研究[A]. 第三届海峡两岸测绘发展研讨会. 测绘与可持续发展论文集[C]. 2000. 611-632.
- [23] Kilpelainen, T., 1997, Maintenance of multiple representation databases for topographic data[A]. Proceedings of the International Workshop on Dynamic and Multi-dimensional GIS [C]. pp. 116-127, 25th-26th, Aug. 1997, Hong Kong.
- [24] 李德仁. 利用遥感影像进行变化检测[J]. 武汉大学学报信息科学版, 2003, 28(特刊): 7-11.
- [25] Sui, H. G., Li, D. R., Gong, J. Y., 2002, Automatic change detection for road networks from imagery based on GIS[A]. In: Proceedings of ISPRS Commission II Symposium[C]. Jun CHEN, Jie JIANG, eds, pp. 437-442.
- [26] 张祖勋, 张剑清, 廖明生, 张力. 遥感影像的高精度自动配准[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(4): 321-323.
- [27] Zhang, J. Q., Zhang, Z. X., Fang, Z., Fan, H., 1999, Change Detection From Aerial Images Acquired In Different Durations[J]. GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE, 1999 Dec., Vol. 2 No. 1.
- [28] Zhang, J. Q., Zhang, Z. X., FAN, H., FANG, Z., LIU, Z. F., 2000. Change Detection in Urban Area Based on Stereo Image Pairs from Different Duration[J]. Archives of ISPRS 2000 Congress, 2000. 7, B4/3.
- [29] Zhang, Z. X., Zhang, J. Q., Zhang, L., Liao, M. S., 2000. Automatic Registration of Multi-Source Imagery Based on Global Image Matching[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Vol. 66 No. 5.
- [30] 全国 125 万数据库更新项目总结报告[R]. 北京: 国家基础地理信息中心, 2003.
- [31] 陈军, 周晓光, 李志林. 1991-2001 年国家自然科学基金 GIS 类项目的初步分析[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7A(8): 858-863.

作者简介:

陈军(1956-),男,安徽霍邱人。教授、博士生导师、国际欧亚科学院院士、国务院学位委员会学科评议组成员、国际摄影测量与遥感学会大会执行主席、中国GIS协会会长。主要从事多维动态GIS、空间决策支持系统等研究。

致谢:

武汉大学张祖勋教授、张剑清教授为本文研究方向提供了部分思路,国家基础地理信息中心商瑶玲高级工程师对本文提出了宝贵的意见,在此一并致谢。