

基于 MAPublisher 的地图快速更新机制研究

廖志强

(福建省制图院, 福建 福州 350001)

摘要:分析了当前地图生产的特点、主要更新方法,并指出其存在的问题,介绍了 MAPublisher 地图生产的特点与优势,最后从更新原则与更新关键问题角度出发,建立了基于 MAPublisher 的地图快速更新机制,对当前的地图快速更新起到一定的借鉴作用。

关键词:地图生产;地理信息数据库;快速更新;MAPublisher

中图分类号:P283.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-5867(2020)07-0088-05

Research on the Mechanism of Rapid Map Updating Based on MAPublisher

LIAO Zhiqiang

(Fujian Mapping Institute, Fuzhou 350001, China)

Abstract: This paper analyzes the characteristics and main updating methods of current map production and points out the existing problems. The features and advantages of map production based on MAPublisher are then introduced. Finally, starting from the updating principle and key issues, a quick updating mechanism based on MAPublisher is established. It provides reference for the rapid updating of current maps.

Key words: map production; geographic information database; rapid updating; MAPublisher

0 引言

地图现势性是指地图所呈现的地理空间信息要尽可能与制图区域当前最新情况相一致。随着科技进步和时代发展,作为地理信息重要传播载体的地图,其生产和应用模式发生了重大改变,地图早已不再局限于传统纸质媒介,而是向数字化、智能化方向发展^[1],地图在服务政府决策和方便人们生活等方面应用越来越广,而作为反映地图质量重要因素的地图现势性成为地图生产者和使用者关注的焦点,如何快速地获取地图变化信息实现快速更新成为当前地图领域研究的热点。

1 当前地图生产特点与主要更新方法

1.1 当前地图生产工艺与存在的主要问题

早期地图生产是以区域相同、比例尺相近的成品地图作为基本底图资料,结合多媒体资料进行现势性更新,利用平面设计软件(如 CorelDraw、Adobe Illustrator)完成

地图整饰工作。这种地图生产工艺主要存在两个弊端:1)地图生产效率低、更新速度慢。2)由于平面设计软件不支持空间坐标导致地图数据共享难度大^[2]。地理信息系统作为获取、存储、模拟、处理、检索、分析与显示地理空间坐标的综合技术系统,已广泛应用于国民经济各部门和各领域,为地图编制与应用创造了良好的条件^[3]。随着地理信息系统技术在数据库结构和管理方面的发展,大部分地图生产单位已经建成了城市基础地理信息数据库和一系列基础比例尺地理信息数据库^[2],并逐步形成了一套基于地理信息数据库的地图生产工艺,如图 1 所示。

当前地图生产主要在地理信息系统(GIS)和平面设计两个软件平台中完成,在 GIS 软件中进行数据的分析和预处理,然后将地理信息数据分地图注记和图形数据逐层导出至平面设计软件中进行地图编绘。

当前的地图生产工艺较之于早期的地图生产,在制图效率与成图质量上有了大幅的提升,但是制图数据与

收稿日期:2019-06-03

基金项目:福建省测绘地理信息局科技项目——基于 MAPublisher 的地图生产工艺改进研究(2017J07)资助

作者简介:廖志强(1990-),男,福建宁化人,工程师,硕士,2016年毕业于福建师范大学地图学与地理信息系统专业,主要从事地图制图与地理信息系统应用的研究工作。

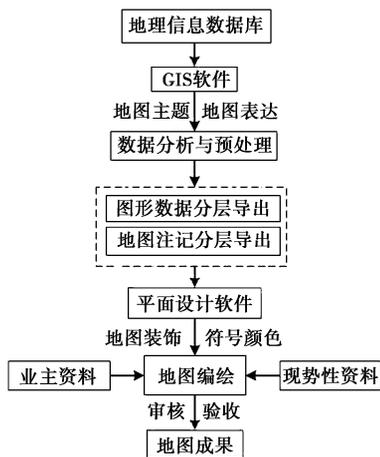


图 1 当前地图生产工艺流程

Fig.1 Processing flow of current map production

地理信息数据库是完全分离异构的模式,这种模式存在两个弊端:1)难以利用地理信息数据库更新地图成果,地理信息数据转换至平面设计软件后丢失空间数据原有的空

间参考与属性信息,而这些信息是地图生产的重要信息。2)难以利用地图成果更新地理信息数据库,由于空间参考的丢失,在平面设计软件中对地图要素的任何修正或补充,都不便于用来更新作为资料来源的地理信息数据库^[4]。

1.2 当前地图更新主要方法

当前地图更新的基本流程包括:1)更新资料的获取;2)更新资料的分析与处理;3)更新方案设计与评审;4)发现地图变化信息;5)地图更新。更新资料是地图更新最为重要的环节,依据更新资料的不同,地图更新方法可分为两种,一是通过各种途径搜集制图区域现势性高的资料直接对地图进行更新;二是利用最新地理信息数据库对地图进行更新。

1.2.1 获取现势性资料用于地图更新

根据地图表达的主题以及成图的时间和比例尺,通过各种途径搜集制图区域现势性高的资料用于地图更新是当前地图更新的重要方式,结合实际地图生产,获取的主要资料和途径以及更新的主要见表 1。

表 1 地图更新的主要内容

Tab.1 Main contents of map updating

获取资料途径	获取的主要资料	更新的主要内容
测绘成果档案馆	影像数据	1) 水系更新,如单线河流走向更新、面状水域范围线变化更新等 2) 道路更新,如道路走向更新、新增道路的补充等 3) 街区更新,如街区的新增与消失更新等
各政府机关网站	专题数据	1) 水系更新,如新增水库的补充更新(水利部门)等 2) 道路更新,如道路的等级、编号、在建道路的通车情况更新(交通部门)等 3) 居民地更新,如村委会新增与消亡、乡镇级居民的变化(如乡改镇、县改区)更新(民政部门)等 4) 其他要素更新,如旅游资源的新增、等级变化更新(旅游部门),经济社会专题要素更新(统计部门)等
互联网	互联网地图、互联网影像	通过互联网影像对水系、道路、街区等更新;通过互联网地图对 POI 信息进行更新
业主信息反馈	地图表达相关的各类数据	提供影像数据、行业数据用于地图表达各类地理信息要素的更新;提供各类规划数据用于地图表达规划要素的表示

1.2.2 利用地理信息数据库对地图进行更新

地理信息数据库是当前地图生产的数据基础,其现势性直接影响了地图的现势性,依据发布的最新地理信息数据库和标识地理信息数据现势性的 DATE 属性,结合地图编制时采用的地理信息数据库版本,依据 DATE 属性提取增量更新数据对地图按要素进行更新。

利用地理信息数据库对地图进行更新的重要前提是地理信息数据库的更新,基础地理空间数据持续更新已经成为世界各国关注的热点及难点问题,众多学者对此展开了研究。Jones 等^[5]提出了基于知识库和推理系统获取增量信息实现多尺度地理信息数据的更新;林艳等^[6]建立了增量信息理论模型,并基于该模型提出了地理信息数据库增量更新方法;周焰等^[7]认为基础地理空间数

据更新是一个综合利用多源数据相互比对、相互印证、综合判断的数据融合更新的复杂过程;向红梅等^[8]采用面向地物要素的增量更新技术和基于数据库的缩编更新方法,实现了基础地理信息数据的实时动态更新管理。根据国内外学者的研究可以发现,增量更新是地理信息数据库更新的主要趋势。

基础地理信息数据库更新方式主要包括定期更新和局部按需更新。定期更新的方式成本高,总周期较长,数据的整体现势性较好,但局部更新不一定及时;局部按需更新的方式成本低,反应及时,但数据的整体现势性不好,没有需求的区域有可能较长时间得不到更新^[9]。

1.2.3 当前地图更新存在的主要问题

1) 地理信息数据库更新无法满足地图现势性更新

需求

当前地理信息数据库的更新方式很难保证所有制图区域的全部地理信息要素的现势性,而地图生产与更新对数据的现势性要求高,二者的差异导致地图快速更新需要地图编制人员通过获取现势性资料进行更新。

2) 无法实现联动快速更新

当前制图数据与地理信息数据分离异构的特点导致无法实现地理信息数据库和地图成果的联动更新。这种联动更新体现在两个方面:一是无法实现最新地理信息数据库对地图成果的直接更新。当前的更新仍然需要进行数据筛选、人工比对才能完成,而如果基于地理信息数据库直接生成制图数据则可以通过替换地理信息数据库版本的方式实现地图的快速更新。二是地图更新成果无法快速用于地理信息数据库更新。由于当前地图生产模式下的制图数据空间坐标和属性信息的丢失,需要对地图更新成果进行重新提取并进行格式转换、投影转换甚至重新绘制图形等操作才能实现对地理信息数据库的更新。如果能建立一种地图更新机制,提取变化信息,快速对地理信息数据库进行更新,对于缩短更新周期、提高更新质量具有重要意义,也能进一步实现地理信息数据库对地图成果的快速更新。

要解决以上问题,最关键的是改变当前制图数据和地理信息数据分离异构的现状,并建立地图生产与地理信息数据库联动更新机制。而 MAPublisher 平台支持的地理信息数据库驱动制图的地图生产模式是很好的一个解决途径。

2 MAPublisher 地图生产特点与优势

2.1 MAPublisher 地图生产特点

MAPublisher 是 Avenza 公司针对 Adobe Illustrator 所

提供的插件,它将 GIS 的数据特点与 Adobe Illustrator 的强大设计环境相结合。MAPublisher 可以导入多种格式的 GIS 数据,这些导入的数据在 Adobe Illustrator 中可以携带完整的属性和空间坐标,并且所有输入的 GIS 数据的属性和图形参数在制图过程中都能存储和编辑。基于 MAPublisher 的地图生产流程如图 2 所示。

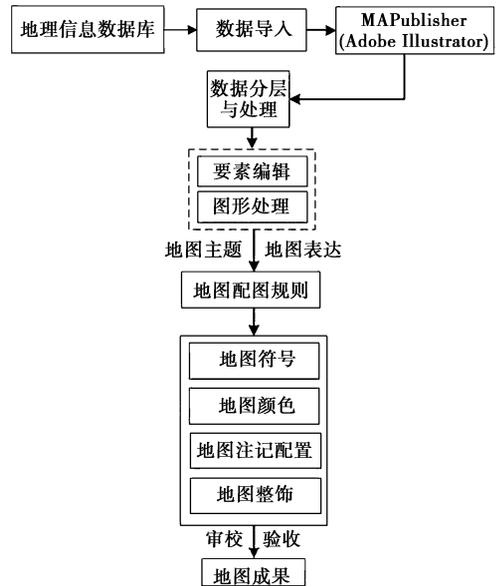


图 2 基于 MAPublisher 的地图生产流程

Fig.2 Map production process based on MAPublisher

由图 2 可知,基于 MAPublisher 的地图生产是在一个软件平台中完成,可以直接导入地理信息数据库并进行数据处理、地图配图规则设计等。两种地图生产模式的对比见表 2。

表 2 两种地图生产模式的对比

Tab.2 Comparison of two map production modes

对比内容	当前地图生产	MAPublisher 地图生产
地图数据组织	数据无空间坐标信息,地理空间数据转换为点、线、面、文本四类	直接采用空间数据进行编绘,保留了数据的空间坐标和属性信息
数学精度	丢失空间坐标,地图要素相对定位	保留空间坐标,地图要素可绝对定位
符号设计	针对点、线、面可快速设计符号	调用 AI 完成,但可以保留符号的参数信息,在地图配图规则中可通过参数进行符号的调整
地图注记	地图注记需要在 GIS 软件中配置,然后导出至平面设计软件中	利用标注引擎直接对地理信息数据进行地图注记配置
配图规则	依据图示图例进行逐层配图,包括样式的复制和符号的替换,配图较为耗时	通过地图主题,将配图规则与数据链接,可实现快速配图
地图共享	地图缺乏空间坐标,共享有限	地图具备空间坐标,共享程度高

2.2 MAPublisher 地图生产优势

1) 对空间坐标的支持

MAPublisher 支持当前 GIS 主流软件的几乎所有空间坐标,可以直接导入地理信息数据库,改变了制图数据与

地理信息数据分离异构的现状,真正实现了地理信息数据库驱动制图。对空间坐标的支持可以保证地图的数学精度、方便地图共享,为地图成果和地理信息数据库联动更新奠定了基础。

2) 强大的数据交互性能

MAPublisher 支持当前主流的 GIS 数据格式导入导出,提高了通过获取现势性资料对地图成果进行更新的效率和质量,而对于当前地图生产主流平面设计软件 CorelDRAW 和 Adobe Illustrator 数据格式的支持,不仅方便调用已有地图编制成果,还能改造已有地图成果使其具备空间坐标,实现数据共享。

3) 依托平台的主流性

CorelDRAW 和 Adobe Illustrator 是当前地图生产的主流软件平台,MAPublisher 依托 Adobe Illustrator,具备了对地理信息数据强大的支持功能,同时也能很好地利用 Adobe Illustrator 的图形编辑、色彩模型、地图特效等功能,降低了改进当前地图生产工艺的成本。

3 地图快速更新机制的建立

3.1 地图快速更新机制建立的关键问题

基于 MAPublisher 地图的快速更新机制建立包括两个方面:一是利用地理信息数据库对 MAPublisher 地图成果进行联动更新,建立 MAPublisher 地图成果与地理信息数据库匹配关系,通过自动检查更新实现;二是利用 MAPublisher 地图成果对地理信息数据库进行更新,将 MAPublisher 的地图最新成果导出进行更新,避免人工比对和重复性生产。地图快速更新机制建立的流程如图 3 所示。

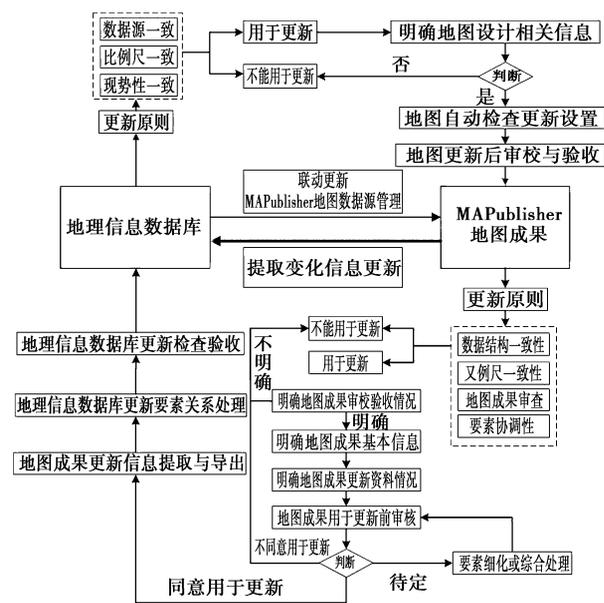


图 3 地图快速更新机制的建立

Fig.3 The establishment of the rapid map updating mechanism

3.2 地理信息数据库对地图成果联动更新机制的建立

3.2.1 MAPublisher 地图数据源管理与自动检查更新

采用 MAPublisher 的地图数据源管理建立地图成果各

图层的数据源链接,通过自动检查更新的操作,利用地理信息数据库直接对地图成果进行更新并能保留相应要素的符号、样式和注记等。

3.2.2 更新原则

利用地理信息数据库对地图成果的更新应遵从以下 3 个原则:1) 数据源一致性原则。是指地图成果的数据源链接必须为地图编制时导入的地理信息数据库,可根据地图更新需要针对部分要素建立数据源链接。2) 比例尺一致性原则。地图编制时会依据地图表达的需要对线状和面状地理信息要素进行综合,只有当二者比例尺相当时才能进行线状和面状要素的联动更新。3) 现势性原则。地理信息数据库定期发布不同的版本,应根据地图更新的需求,选择合适的版本对地图成果进行更新。

3.2.3 更新机制流程

为了保证联动更新的质量,针对地理信息数据库更新的特点和地图成果的需求,应遵从以下流程:

1) 明确地图设计相关信息

明确地图设计中使用的地理信息数据库版本、地图成果的比例尺与空间坐标、地图要素的表达特点、地图编制专业技术设计书的审批情况等,以上信息明确后方可建立地图的联动更新,否则不予建立。

2) 地图自动检查更新设置

地图自动检查更新是通过在 MAPublisher 中建立数据源链接后采用其自带的自动检查更新功能实现的,实际作业时直接替换导入数据源路径下地理信息数据库即可。

3) 地图更新后审核与验收

经过地图自动检查更新后的地图成果需经地图审核与验收后才能作为最终地图成果使用,地图的审核、验收遵从地图生产的相关规定执行。

3.3 利用 MAPublisher 地图成果对地理信息数据库进行快速更新

3.3.1 地图更新信息提取与更新字段设计

地图更新信息提取是利用 MAPublisher 地图成果对地理信息数据库快速更新的重要前提。为了便于变化信息的提取,利用 MAPublisher 进行地图生产的过程应对更新的地理信息要素进行时间标识并保证要素的唯一性,比如当利用影像资料对某段道路走向进行修改后应该对整条道路进行时间标识,而不是将道路打断只对变化的路段进行时间标识,这样就可以直接替换地理信息数据库中的数据,提高更新的效率。

结合地理信息数据库结构和地图快速更新的需求,建立用于地理信息数据库更新的地图成果各要素的属性表,属性表包含地理信息数据库各要素的属性字段和地图快速更新的属性字段,其中地图快速更新的属性字段,见表 3。

其中,检查者和审核意见在利用地图成果对地理信息数据库更新时填写,其他信息在地图生产过程中填写。其中审核意见分为同意用于更新、不同意用于更新及待定,待定是指地图成果需进行要素细化(或综合)才能用于地理信息数据库更新。

表 3 地图快速更新的属性字段
Tab.3 Property fields of the rapid map updating

字段名称	字段定义	类型	长度	字段说明
ZSOURCE	资料来源	Text	25	更新资料来源
ZREAMRK	资料说明	Text	500	更新资料说明
SCALE	比例尺	Text	50	地图成果的比例尺
DATE	时间	Text	8	地图更新时间
CORRECTOR	修改人员	Text	8	更新者
CHECK	检查人员	Text	8	检查者
AUDIT	审核意见	Text	100	审核意见

3.3.2 更新原则

利用 MAPublisher 地图成果对地理信息数据库的更新应遵从以下 4 个原则:1) 数据结构一致性原则。提取地图成果的数据结构应与地理信息数据库一致才能入库更新。2) 比例尺一致性原则。地图成果的比例尺应与地理信息数据库的比例尺(针对线状和面状要素)相近时才能进行更新,否则应对要素进行制图综合或细化表达后才能用于更新。3) 地图成果审查原则。地图成果必须经过检查、验收或变化信息更新确认准确无误后才能用于更新。4) 要素协调性原则。当地图成果用于地理信息数据库更新后应确保与之相关的其他要素的变化更新、相对位置关系更新等。

3.3.3 更新机制流程

1) 明确地图成果审校验收情况

包括地图生产中的检查记录表、验收报告、地图审图批准文件等,这些信息是判定地图成果准确性的重要依据,是能否用于地理信息数据库更新的前提,没有审校验收相关文件的不能用于更新。

2) 明确地图成果基本信息

主要包括地图成果的名称、比例尺、空间坐标、制图区域、服务对象、采用的制图数据等,这些信息的确定是判定能否用于地理信息数据库更新的重要依据。

3) 明确地图成果更新资料情况

地图成果中如有利用地理信息数据库以外资料进行更新的需要进行说明,应明确资料的来源、形式、比例尺、空间坐标、现势性以及资料的处理等。

4) 地图成果用于更新前审核

结合 2)、3) 对地图成果能否用于地理信息数据库更新进行地图审核,并填写审核意见。

5) 地图成果更新信息提取与导出

审核通过后,依据表 3 的 DATE 属性提取地图成果更新信息并将成果导出地理信息数据库相应数据格式,对于投影坐标信息不一致的应在导出前在 MAPublisher 中进行投影坐标转换后再导出。

6) 地理信息数据库更新要素关系处理

利用地图成果更新地理信息数据库中相应地理信息要素时应注意处理与相邻要素的空间位置关系,确保各要素位置关系的准确性和协调性。

7) 地理信息数据库更新检查验收

地图成果用于地理信息数据库更新经过检查后地图快速更新字段应删除,并依据地理信息数据库规范填写相应的更新说明,经过检查验收后才可发布使用,检查验收遵从地理信息数据库的相关规定执行。

3.4 应用示范

本研究将基于 MAPublisher 的地图快速更新机制应用于服务乡村振兴的“一乡一图”工程,实现了地图快速更新,地图与地理信息数据库更新效率提高了近 50%,取得了很好的应用效果。

1) 地理信息数据库对地图成果的快速更新

地理信息数据库对 MAPublisher 地图成果快速更新如图 4 所示。图 4 左侧为地理信息数据库的街区最新成果,其新增了部分街区,并且片区名称由“翠园”改为“东方山庄”;图 4 右侧为 MAPublisher 软件下潭城镇地图成果,通过数据源管理和自动检查更新,实现了地理信息数据库对地图成果的联动更新,显著地提高了更新效率。

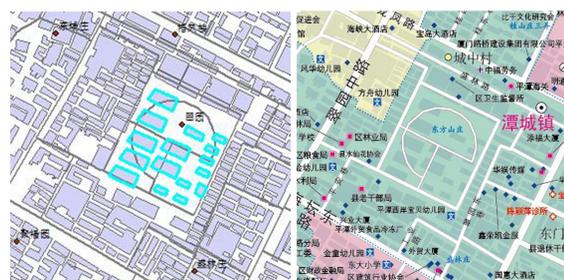


图 4 地理信息数据库对 MAPublisher 地图成果快速更新应用示范

Fig.4 The application demonstration of using geographic information database to update MAPublisher map

(下转第 96 页)

开始,每一次增加 5%,对地类赋值正确的比例进行统计,各村按算术平均数计算得出统计结果,见表 2。

表 2 阈值设定和正确率对应表

Tab.2 Table of threshold setting and corresponding accuracy rate

阈值	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
正确率	72.65%	72%	63.68%	69.87%	68.8%	67.52%	64.31%	61.32%	58.5%	54.27%

根据实验情况,阈值设定在 50%—55%的预判地类准确度最高,考虑到有部分图斑是发生空间或地类变化的,即无法进行自动赋值,因此,通过该方法能够在未发生变化或部分未发生变化的图斑中很好地继承二调图斑属性。当然可根据图斑的变化程度对阈值进行调整,变化程度越高阈值需设置越低。

5 结束语

该方法不仅能够进行地类编码的自动赋值,还能将相关国土、林业数据如建设用地增减挂钩数据、旱改水、高标准农田、设施农用地审批、土地整治、林业调查等相关信息通过综合匹配的方式挂接到三调图层中,再通过人工判断快速进行数据生产。目前,该方法已经在 ArcGIS 平台实现应用,极大地提高了作业员的工作效率。未来可继续探索通过属性相似度的分析,将关联数据信息匹配到三调数据图层中,为全国第三次土地调查数据建库提供支持。

参考文献:

- [1] FU ZL, WU J H. Entity matching in vector spatial data [J]. The International Archives of the Photogrammetry,

Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVII, 2008(1123):1 467-1 472.

- [2] 汪艳霞,杜清运,任福,等.目标相似性的矢量数据联动更新方法[J].测绘科学,2015,40(5):106-111.
- [3] 郝艳玲,唐文静,赵玉新,等.基于空间相似性的面实体匹配算法研究[J].测绘学报,2008,37(4):503-506.
- [4] 唐炉亮,李清泉,杨必胜.空间数据网络多分辨率传输的几何图形相似性度量[J].测绘学报,2009,38(4):336-340.
- [5] SAMALA, SETHS, CUETO K.A Feature-based approach to conflation of Geospatial Sources [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2004, 18(5):459-489.
- [6] 江浩,储衍东,闫浩文,等.多尺度地理空间现状目标形状相似性的度量[J].测绘科学,2010,35(5):35-38.
- [7] 储节磊,龚晖.矢量图形的比较识别研究[J].计算机应用与软件,2010,27(12):250-252.
- [8] PAUL A. ZANDBERGEN. 面向 ArcGIS 的 Python 脚本编程 [M]. 李明巨译.北京:人民邮电出版社,2014.
- [9] 李诗宇,邓吉强.基于 ArcPy 的地理数据自动化处理与分析方法[J].科技创新与生产力,2018(3):44-46,49.

[编辑:张 曦]

(上接第 92 页)

2) MAPublisher 地图成果对地理信息数据库快速更新

MAPublisher 地图成果对地理信息数据库快速更新如图 5 所示,图 5 左侧为 MAPublisher 潭城镇地图成果,根据地图表达的需要增加表示了村界,图 5 右侧为将地图成果的村界提取出来,依据更新机制的原则和相关流程,实现了对地理信息数据库村界的快速更新,显著地提高了地理信息数据库的更新效率。



图 5 MAPublisher 地图成果对地理信息数据库快速更新应用示范

Fig.5 The application demonstration of using MAPublisher map to update geographic information database

4 结束语

本文分析了当前地图生产的特点与主要更新方法,并指出其存在的主要问题,从 MAPublisher 地图生产的特点与优势出发,建立了地图快速更新机制,显著地提高了地图和地理信息数据库的更新效率,为地理信息数据库和地图的快速更新提供了一种新思路。制图综合依然是当前地图快速更新的难点,建立多比例尺地理信息数据库,实现不同比例尺地理信息数据库之间的联动更新是当前地图生产与地图快速更新的研究热点,也是地图快速更新机制需要深入研究和完善的方向。

参考文献:

- [1] 花存宏,龚丽芳,任易.“互联网+”时代地图市场发展趋势及对策分析[J].测绘通报,2016(7):126-128,132.
- [2] 杨顺坡,于良浩,周宁,等.基于 MAPublisher 软件的地图编制方法研究——以济南市为例[J].城市勘测,2016(5):110-113.

(下转第 100 页)

考虑外泄漏改正不充分造成的 20% 的信号量变化,则为 5.0 ± 3.8 mm/yr,与 GSFCM 基本一致,说明 JPL 的年际信号与其他数据估算结果的差异主要是内泄漏改正不充分导致的。相比 GLDAS 数据,JPLM 的内泄漏改正效果更佳。

3 结束语

本文使用卫星重力、卫星测高与温盐数据研究红海 2003—2014 年质量变化,分析比较了不同数据结果的季节性信号与年际信号,主要结论如下:

1) 红海质量变化主要受季节性信号影响,在冬季呈正增长趋势,夏季呈负增长趋势。红海地区周年信号显著且分布较为均匀一致,半年信号较弱,易受数据误差的影响。GSFCM 估算的红海质量变化的周年与半年振幅为 $19.6 \pm 1.0/3.5 \pm 1.0$ cm,与测高-比容结果 ($19.2 \pm 0.9/4.1 \pm 0.9$ cm) 基本一致,两者时间序列相关系数为 0.98,说明卫星重力数据能够有效监测红海质量变化。将卫星测高数据作为模拟数据进行泄漏误差改正模拟实验,结果表明红海地区尺度因子恢复信号相比真实信号的信号量减小了 20%,说明 JPL 的季节性信号偏小是因尺度因子偏小导致外泄漏改正不充分造成的,尺度因子信号恢复方法不适用于红海地区。

2) GSFCM 与测高-比容估算的 2003—2014 年红海质量变化的长期变化速率分别为 $4.8 \pm 2.0/4.3 \pm 2.0$ mm/yr,两者均显示红海年际信号分布较为均匀一致,且在红海全境内呈正增长趋势。JPL 估算的长期变化速率为 -2.6 ± 3.4 mm/yr,且在红海北部呈现显著的负增长趋势,这是因 GLDAS 数据在红海周围陆地区域的年际信号不准确,导致内泄漏改正不充分造成的,表明质量更佳的陆地水文数据是使 JPL 估算的红海质量变化年际信号更准确的关键。

参考文献:

- [1] 周剑. 南海和印度洋海面变化特征及其机制研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [2] 王泽民, 张保军, 姜卫平, 等. 联合卫星测高、GRACE、海洋和气象资料研究南海海水质量变化 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2018, 43(4): 571-577.
- [3] FENG W, LEMOINE J M, ZHONG M, et al. Mass-induced sea level variations in the Red Sea from GRACE,

steric-corrected altimetry, in situ bottom pressure records, and hydrographic observations [J]. Journal of Geodynamics, 2014(78): 1-7.

- [4] SOFIANOS S S, JOHNS W E, MURRAY S P. Heat and freshwater budgets in the Red Sea from direct observations at Bab el Mandeb [J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2002, 49(7-8): 1 323-1 340.
- [5] TRAGOUE E, GARRETT C, OUTERBRIDGE R, et al. The heat and freshwater budgets of the Red Sea [J]. Journal of physical oceanography, 1999, 29(10): 2 504-2 522.
- [6] SMEED D A. Exchange through the Bab el Mandab [J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2004, 51(4-5): 455-474.
- [7] 蒋涛, 李建成, 王正涛, 等. 联合 Jason-1 与 GRACE 卫星数据研究全球海平面变化 [J]. 测绘学报, 2010, 39(2): 135-140.
- [8] SWENSON S, CHAMBERS D, WAHR J. Estimating geocenter variations from a combination of GRACE and ocean model output [J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2008, 113(B8): B8410.
- [9] CHENG M, RIES J C, TAPLEY B D. Variations of the Earth's figure axis from satellite laser ranging and GRACE [J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2011, 116(B1): 1 205-1 209.
- [10] A G, Wahr J, ZHONG S. Computations of the viscoelastic response of a 3-D compressible Earth to surface loading: an application to Glacial Isostatic Adjustment in Antarctica and Canada [J]. Geophysical Journal International, 2013, 192(2): 557-572.
- [11] GAILLARD F, REYNAUD T, THIERRY V, et al. In situ-based reanalysis of the global ocean temperature and salinity with ISAS: Variability of the heat content and steric height [J]. Journal of Climate, 2016, 29(4): 1 305-1 323.
- [12] WAHR J, SMEED D A, LEULIETTE E, et al. Seasonal variability of the Red Sea, from satellite gravity, radar altimetry, and in situ observations [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2014, 119(8): 5 091-5 104.

[编辑:张曦]

(上接第 96 页)

- [3] 廖克. 中国地图学发展的回顾与展望 [J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1 517-1 525.
- [4] 钟炜. 基于 MAPublisher 的空间数据库制图方法 [J]. 江西测绘, 2014(2): 7-8.
- [5] JONES, C. B., KIDER D. B., LUO L. Q., et al. Database design for a multi-scale spatial information system [J]. International Journal of Geographic Information Systems, 1996, 10(8): 901-920.
- [6] 林艳. GIS 数据库增量更新的模型研究 [C] // 中国测绘学会九届四次理事会暨 2008 年学术年会论文集, 北

京: 中国测绘学会, 2008.

- [7] 周焯, 肖强, 赵国成, 等. 基础地理空间数据持续更新模式分析 [J]. 测绘工程, 2014, 23(1): 12-16, 20.
- [8] 向红梅, 谭立力, 曾光清. 基础地理空间数据库增量更新与动态管理方法 [J]. 测绘科学, 2016, 41(11): 189-193.
- [9] 张海涛. 城市基础地理信息数据库动态更新策略探讨 [J]. 北京测绘, 2015, 29(5): 1-5.

[编辑:任亚茹]