引文格式：张栋,范亚兵,田喜平,等. 地图数据级联更新系统设计与实现[J]. 地理空间信息, 2026, 24(2):105-108. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.02.022

地图数据级联更新系统设计与实现

张　栋[1]，范亚兵[1]，田喜平[1]，运晓东[2*]
（1. 中国人民解放军61363部队，陕西 西安 710054；2. 北京吉威数源信息技术有限公司，北京 100043）

摘　要：针对各级比例尺地图数据更新模式孤立、数据一致性较差、更新效率低、自动化程度低、交互式作业与自动化作业模式孤立等一系列问题，在地图数据缩编技术、一致性检测与处理技术、变化检测技术等关键技术研发的基础上，设计并实现了一套地图数据级联更新系统。该系统具备地图数据编辑、级联数据建库、增量更新、级联更新、质量检查、制图等能力，具备自动处理与协同作业相结合的作业模式、CS与BS混合架构、自动化程度高等特点，满足多尺度地图数据级联更新需求，全面提升了作业生产效率，系统在实际多尺度地图数据级联更新生产应用并取得了良好效果。

关键词：多尺度；缩编；级联更新；增量更新；自动化
中图分类号：283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）02-0105-04

Design and Implementation of Map Data Cascade Update System

ZHANG Dong[1], FAN Yabing[1], TIAN Xiping[1], YUN Xiaodong[2]
(1. 61363 Unit, Chinese People's Liberation Army, Xi'an 710054, China;
2. Beijing Geoway Data Source Information Technology Co., Ltd., Beijing 100043, China)

Abstract: Based on the research and development of key technologies such as map data reduction, consistency detection and processing, and change detection, we designed and implemented a map data cascade update system to address a series of problems such as isolated update modes, poor data consistency, low update efficiency, low automation level, and isolated interactive and automated operation modes for map data at all levels of scale. The system has the capabilities of map data editing, cascading data library construction, incremental update, cascading update, quality inspection, mapping, etc, and has the job mode that combining automatic processing and collaborative work, CS and BS hybrid architecture, and high automation level, meeting the needs of multi-scale map data cascading update and comprehensively improving job production efficiency. The system has achieved good results in practical multi-scale map data cascading update production applications.

Key words: multi-scale, map generalization, cascade update, incremental update, automation

地图现势性衡量地图反映现实世界的最新程度，是核心质量指标。传统地图更新模式常按比例尺独立进行，导致多尺度数据不一致、重复投入和现势性不匹配等问题[1-2]。现有研究方法虽在联动更新方面取得进展，但仍难以实现全流程自动化，依赖大量人工干预[3-5]。本文结合自动处理与人机交互，设计并实现了一套地图数据级联更新系统，有效提升更新效率与用户体验，满足多尺度数据协同更新的生产需求[6-12]。

1　主要关键技术

1.1　地图数据不一致性检测与处理

1.1.1　地图数据不一致性检测

1）地图数据不一致检测总体路线。不一致性检测主要对数据间的几何信息及属性信息的差异进行检测[13]。根据空间冲突目标数据类型的不同，可分为点与点、点与线、点与面、线与点、线与线、线与面、面与点、面与线、面与面9类空间冲突关系组合[14]。因此，不一致检测主体思路是先进行图形匹配，基于图形匹配的结果决定是否进行属性匹配。对图形及属性一致性非常高的数据，存储两者间的匹配信息，为相邻尺度数据的关联关系构建提供技术支撑，后续根据关联关系进行多尺度数据级联更新，不一致性检测总体路线如图1所示。

2）不一致检测算法流程。以居民地为例说明居民地不一致检测算法流程，将小比例尺居民地数据和待匹配的大比例尺数据集分别记为 U_S 和 U_L，它们是2个待检测的数据总集。将每组确定存在匹配关系的小比例尺数据集和大比例尺数据集分别记为 NU_{Si} 和 MU_{Li}，i 表示小比例尺数据的索引序号。如：$NU_{S1}=\{A_1\}$，$MU_{L1}=\{B_1, B_2, B_3\}$ 则表示一组1∶3的匹配关

第一作者简介：张栋（1984—），本科，研究方向为地图制图，E-mail：19551532@qq.com。
通信作者：运晓东（1981—），本科，工程师，研究方向为地理信息系统研发，E-mail：yunxiaodong@geoway.com.cn。

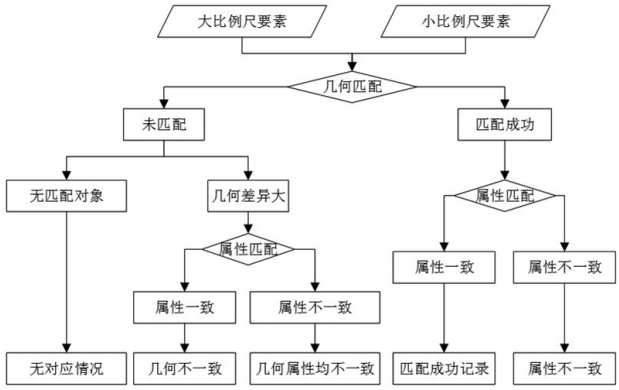
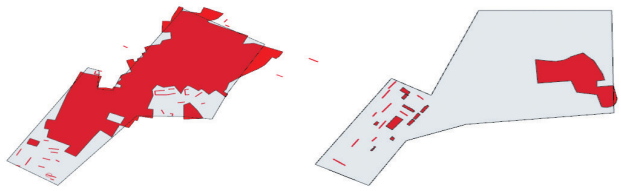


图1 不一致性检测总体路线

系。将所有确定匹配关系的小比例尺数据记为 $MU_S=\{MU_{S1},MU_{S2},\cdots,MU_{Sn}\}$，将所有确定匹配关系的大比例尺数据记为 $MU_L=\{MU_{L1},MU_{L2},\cdots,MU_{Ln}\}$。

CandiU_{Li} 表示某小比例尺要素 A_i 通过空间搜索初步识别到的大比例尺候选匹配集合。

图2是检测出居民地小比例尺与大比例尺一致性较高和较低的示例。



a 一致性较高　　b 一致性较低

图2 小比例尺居民地与大比例尺数据一致性

1.1.2 地图数据不一致处理

1）不一致处理策略。基于不一致检测的结果，根据跨比例尺数据的不一致类型进行不一致性处理。

2）无对应要素。小比例尺数据未搜索到同名大比例尺数据，或者与搜索到的同名大比例尺数据间存在较大差异。这类小比例尺数据需由人工判断其是否有保留的意义。

3）图形不一致。小比例尺数据在容差范围内搜索到同名大比例尺数据，匹配比例满足匹配要求不满足一致性要求，且属性一致的情况。分要素几何类型来看，点状数据一般只存在无对应要素与图形完全一致2种结果，无需处理。针对面状数据，主要采用图形裁剪、融合、化简等方法进行处理；线状数据则保持拓扑连通性的前提下进行拟合和化简。

4）属性不一致性。小比例尺数据在容差范围内搜索到同名大比例尺数据，匹配比例满足于一致性要求，仅属性不一致的情况。属性的自动处理方法主要基于大比例尺数据的属性赋值给小比例尺数据。

5）几何属性均不一致。小比例尺数据在容差范围内搜到同名大比例尺数据，匹配比例满足匹配要求不满足一致性要求，且属性也不一致的情况。这类数据的处理思路可参考图形不一致及属性不一致的情况。

2）不一致处理算法流程。以居民地为例说明居民地不一致处理算法流程:

①定义 S_{Range} 为小比例尺街区面域；②定义 $\text{GeomU}_{\text{Invalid}}$ 为识别到的空白冗余区域集合；③定义 $\text{GeomU}_{\text{Extj}}$ 为识别到的外部待融合的遗漏区域集合；④定义 $S_{\text{ConvexHul}}$ 为大比例尺最小凸包面域；⑤若按凸包的范围进行裁剪，势必会造成裁剪后的小比例尺街区面域过于紧贴大比例尺数据，因此考虑到擦除后的图形效果，可以对凸包区域进行一定程度的外扩，基于 $S_{\text{ConvexHul}}$ 的图形面域按照一定范围进行外扩，得到新的裁切面域 $S_{\text{ConvexHulB uffer}}$；⑥遍历 $\text{GeomU}_{\text{Invalid}}$ 中的每一个空白冗余区域 $\text{Geom}_{\text{Invalid}}$，利用 $S_{\text{ConvexHulB uffer}}$ 对每一处进行裁切剔除，剩余的图形即为初步处理后的小比例尺街区结果，定义为 $S_{\text{Range New}}$；⑦遍历 $\text{GeomU}_{\text{Extj}}$ 中的每一个遗漏区域，将其与 $S_{\text{Range New}}$ 进行图形合并，更新图形 $S_{\text{Range New}}$；⑧对 $S_{\text{Range New}}$ 做整体性的图形处理，涉及化简、综合处理，更新图形 $S_{\text{Range New}}$。

1.2 变化信息发现

地理信息更新的前提是地理信息变化的发现，一系列变化的发现可归结为地物目标的变化检测问题。由于地理空间数据采集与共享的方式不同，变化信息检测方法也是多样化的，主要可以从遥感影像数据、矢量数据等数据源中获取变化信息。

1）基于矢量-矢量变化检测。矢量-矢量的变化信息检测主要在于要素的空间位置匹配，要素的空间位置匹配是指将多个不同数据源中的同一地物识别出来，依据距离度量、几何形状、拓扑关系、图形结构、属性信息等，找出同名要素完成要素匹配，其流程如图3所示。

2）基于矢量-影像变化检测。矢量-影像的变化信息检测主要通过矢量与影像叠加，以矢量图斑边界为依据获取栅格图斑，以栅格图斑为单位进行变化检测，对纹理特征、光谱特征以及几何特征等进行特征统计，基于特征统计结果依托高斯回归、贝叶斯分析以及四分位间距统计等算法进行大数据分析，最后通过分析决策进行变化信息检测。

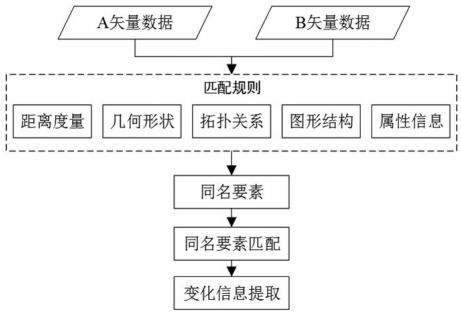


图3　矢量–矢量变化发现

3）基于深度学习遥感影像变化检测。深度学习方法随着遥感大数据时代的到来和人工智能的迅速发展被引入到遥感影像变化检测领域中[15]。基于深度学习的变化检测与信息自动提取内容分成3个主要的步骤，分别为海量样本构建、网络学习训练以及模型的预测与应用。

1.3　基于规则库的地图自动缩编

地图缩编是根据大比例尺地图信息包括小比例尺信息的原理，利用已有的大比例尺地图数据，通过制图综合生成多个小比例尺数据的过程[16]。传统的地图缩编处理规则存在2个问题，一是功能比较多，需要准备大量的菜单、工具，从而导致处理、作业慢，并且容易操作出错。二是传统的数据处理操作只能逐步进行，一个操作只能完成一个功能，一次只能执行一个操作。需要较多的人工干预，自动化程度低。规则库的体系设计，既能够提高自动化、半自动化程度，减轻功能菜单因较高灵活性而带来的效率低下问题，又能够兼顾流程的可定义、可配置性，接口开放，方便快速制定规则流程。

系统采用规则库技术对多比例尺地图数据进行缩编，规则库由三部分构成，分别是方法库、规则集库和方案库。①方法库：方法库由一系列方法集合组成，方法是对算法和处理对象的一个封装，是指对抽象处理对象完成某一功能的算法。方法库中包含基础方法如属性选择、属性计算、空间选择、要素信息统计等，几何方法主要包括合并、降维、化简、夸大等。②规则集库：规则集库是由多条规则组合而成。每条规则对应于一项数据处理业务的流程，包括数据的输入、处理环节、过滤判断、数据结果等。规则集中的每一个处理环节都是由方法库提供。规则集作为地图化处理规则的集合形式，其本身支持嵌套。通过不同规则及规则集的有序组合，可以灵活的实现更复杂的规则。③方案库：方案库是规则集的具体实例化，将抽象的规则集实现为具体的应用方案。

规则库处理流程分为3个主要处理环节。首先是规则的创建，通过对业务流程和数据的分析，用户能够确定针对不同要素类型的处理规则，这些针对不同业务所定义的规则的集合可以保存在规则集中。其次，针对不同区域、不同地理特征的要素，对规则集进行实例化，确定规则集的输入、输出和处理参数，称之为方案实例化。最后通过地图化规则处理器运行实例化后的方案，输出地图化处理结果。

2　系统设计与实现

2.1　系统架构设计

系统采用分层架构进行设计，实现数据、业务之间的松耦合。系统总体架构由基础设施层、数据库、数据模型、技术支撑层、应用层、客户端、用户层组成，如图4所示。



图4　系统总体架构设计

2.2　系统主要流程

1）基于缩编和一致性处理的建库流程。首先进行数据预处理，输入的数据首先经过格式转换、投影转换等步骤处理为同一空间参考数据，然后通过数据合并完成多幅地图数据的合并。对数据进行一致性检测，当一致性较好时采用一致性处理进行数据生产，当一致性较差时则采用地图缩编进行数据生产。数据生产完成后对各级比例尺地图数据进行关联关系构建。

2）基于变化信息发现的更新流程。根据数据情况采用变化信息进行追踪，然后进行交互更新编辑、质量检查与增量包导出，最后对地图数据增量包进行

入库，如图5所示。

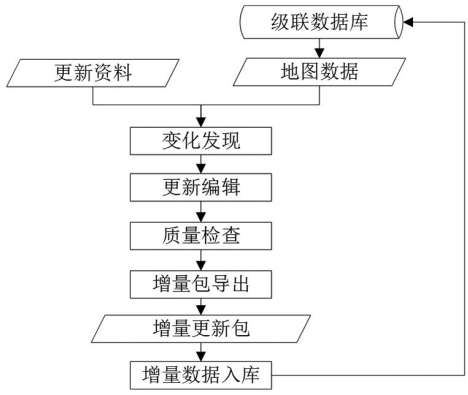


图5 基于变化信息发现的更新流程

2.3 系统功能设计

级联更新系统由级联更新生产子系统和级联更新数据库管理子系统组成，如图6所示。

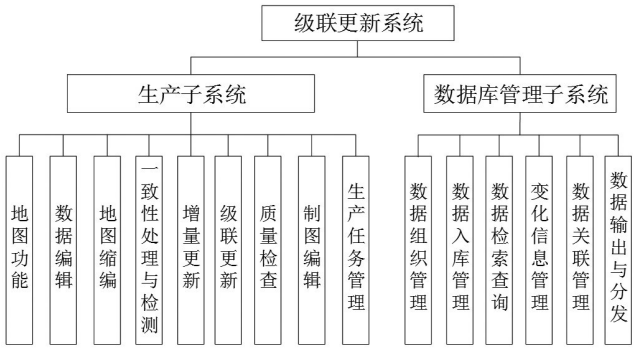


图6 系统功能架构

3 应用与示范

系统在多个用户单位投入运行，并在实际地图数据级联更新生产中起到了重要作用，满足多尺度地图数据级联更新需求。如图7、8、9所示。

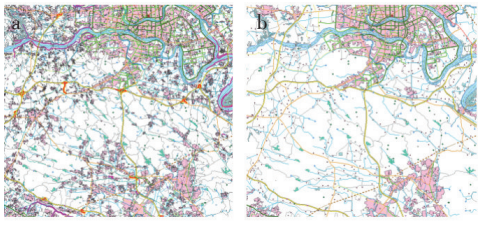


图7 缩编效果

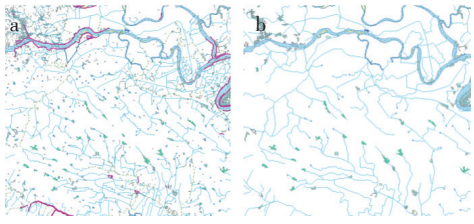


图8 水系缩编效果



图9 道路缩编效果

4 结 语

本文在地图数据缩编技术、一致性处理技术、变化检测技术、级联更新技术等关键技术研发的基础上，采用CS与BS架构相结合，设计并实现了一套地图数据级联更新系统。系统具备自动化程度高、人机交互与自动化相结合，算法能力扩展性强等特点，满足多尺度地图数据级联更新需求，全面提升了作业自动化程度与效率、缩短地图数据更新周期、减轻更新工作强度并提升了用户使用系统体验，系统在多尺度地图数据级联更新生产应用中取得了良好效果。未来根据用户反馈，持续的迭代升级系统与提升用户使用体验及数据生产效率。

参考文献

[1] 陈佳丽,易宝林,任艳. 基于对象匹配方法的多重表达中的一致性处理[J]. 武汉大学学报(工学版),2007,40(3):115-119

[2] 郜允兵,谢传节,戴华阳,等. Web空间数据编辑中数据一致性保护机制[J]. 测绘信息与工程,2007,32(1):1-3

[3] 许俊奎,武芳,朱健东,等. 相邻比例尺居民地匹配[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2014,39(3):340-345

[4] Weibel R, Brassel K. A Multi-scale Framework for Map Generalization[J]. Geographical Systems,1995,2(1):5

[5] Ruas A. Strategies for Map Generalization[M]. Kemp K K. Encyclopedia of Geographic Information Science. Thousand Oaks,CA:Sage Publications,2008:422-426

[6] 陈军,赵仁亮,乔平林. 数字地图自动综合研究进展[J]. 测绘学报,2003,32(3):189-195

[7] Zhang H, Zhang L. Change Detection for Updating Topographic Databases:A Review[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2011,66(6):753-765

[8] Li Z, Zhou Q. A Review of Automated Map Generalization Using Agent-based Approaches[J]. International Journal of Geographical Information Science,2007,21(8):871-895

[9] 张敏,郑凤娇,石淼,等. 多尺度时空数字地形图联动更新方法[J]. 测绘通报,2019(增刊):278-280

[10] 张亮,闵天,胡菡,等. 1:2 000到1:10 000数字线划图缩编技术研究[J]. 地理空间信息,2024,22(9):117-120

(下转第117页)