

国土空间规划编制中现状底图整合技术与数据质量控制方法

徐芸¹, 金铭²

(1. 日照东方太阳城文化旅游研究院有限公司, 山东 日照 276800;

2. 山东荣创筑研装饰设计有限公司, 山东 日照 276800)

摘要 本文聚焦国土空间规划编制中现状底图整合的核心技术方向与数据质量控制方法, 旨在构建精准、可靠、动态的国土空间“一张图”。系统阐述了多源异构数据融合的技术路径与具体实施步骤, 探讨了以地理实体和三维空间模型为核心的现状表达范式升级。同时, 构建了一套贯穿数据全生命周期的质量控制体系, 详细解析了从自动化质量探查到强规则监控的闭环管理流程。结合成都市“一张图”实施监督信息系统、蚌埠市及广西壮族自治区的实践数据, 论证了技术集成应用在提升规划科学性与治理现代化水平方面的关键价值, 旨在为规划编制从“经验判断”向“数据赋能”转型提供可操作的实施方案参考。

关键词 国土空间规划; 现状底图整合; 多源数据融合; 地理实体建模; 数据质量控制

中图分类号: TU98

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.07.041

0 引言

国土空间规划是国家空间治理的“地基”, 现状底图的精准度直接关系到国土空间规划的科学性。数据来源太单一、不同地方的数据标准不一样、数据更新慢等问题使传统底图很难满足现在全域全要素、全生命周期精细化管理的需求。遥感影像、物联网感知、社会大数据等新型数据源已经和人工智能、三维重建、流式计算等先进技术深度融合在一起, 给底图整合带来了全新的可能。本文重点探讨了具体技术的实施方案及质量控制措施, 通过整合最新的实践案例和真实数据, 构建了国土空间数字底板。

1 多源异构数据融合的技术路径与实施步骤

1.1 标准化数据接入与自动化采集流程

多源数据融合的底层逻辑是建立一套高效、自动化的数据管道。根据企业级数据集成的最佳实践, 一个完整的接入流程可拆解为五个关键环节, 其技术难点与主流解决方案如表 1 所示。

这一自动化流程的核心价值在于将技术人员从繁琐的手工 ETL 工作中解放出来, 通过配置化、可视化的方式, 保障数据能够持续、稳定、低延迟地汇入国土空间基础信息平台。

1.2 基于语义关联与空间配准的深度融合技术

数据接入之后, 要想整合成一张能直接拿来用的“底图”, 深度融合这一步是关键。需要做好高精度的空间配准。就拿生产高可信度的地理空间产品来说, 专业软件操作时, 第一步通常是创建个“捕获会话”, 把带着方位信息的影像精准地导进来, 还需要给这些影像确定一个统一的空间参考标准。接下来是“新建对齐”环节, 要利用好连接点, 对影像的精确方位和姿态进行优化调整。这一步非常重要, 是消除不同数据源之间几何位置偏差的关键, 只有把位置偏差消除了, 数据才能准确地对在一起。关于解决语义鸿沟的问题^[1]。例如: 国土调查数据里的“物流仓储用地”, 工商登记数据里的“物流公司”, 还有从手机信令数据里识别出来的“职住活跃区”, 它们之间其实是有内在联系的。要实现深度融合, 就得用知识图谱技术, 构建一个国土空间要素语义模型。在该模型中, 需明确定义实体的基本概念、属性特征, 并理清它们的相互关系。

2 从二维平面到三维实体的底图表达升级

2.1 地理实体建模与结构化组织

实体化提取是从多源空间数据里对独立地理实体进行识别与分离的过程, 应结合深度学习、计算机视

作者简介: 徐芸(1987-), 女, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 国土空间规划。

表1 国土空间底图整合各流程环节方案

流程环节	主要任务与技术难点	推荐工具/技术	在国土空间底图整合中的具体应用
数据源注册与连接	适配各类数据库、API、文件系统的异构接口，统一认证	低代码数据集成平台（如 FineDataLink）、自定义连接器	统一注册“三调”数据库、历年遥感影像库、规划审批数据库、物联网传感器 API 等，实现“一键连接”
数据采集与抽取	平衡实时流数据（如传感器）与离线批量数据（如历史地形图）的采集策略，保障高并发与容错性	Kafka 等消息中间件用于实时流；调度任务用于批量同步	通过 Kafka 实时接入重点区域监控视频流；定时调度任务增量同步每日变化的用地审批数据
数据转换与治理	格式转换、坐标系统一、字段语义映射、缺失值处理与重复记录去重	低代码 ETL 工具、Python 清洗脚本	将不同坐标系的历史专题图统一转换至 2000 国家大地坐标系；将各部门对“绿地”的不同定义进行语义标准化
数据同步与入仓	协调全量同步与增量同步，确保数据高效、稳定进入统一数仓	数据集成平台的全量/增量同步功能	首次整合时进行全量同步建立底图基线；之后每日定时对变化图斑进行增量同步，更新底图
权限与安全管控	实现表、字段、行级别的细粒度访问控制，满足数据安全与合规要求	平台内置的统一权限管理体系	—

等技术实现自动式处理，针对建筑物对象，可以借助基于卷积神经网络（CNN）的语义分割模型，自动从高分辨率遥感影像与激光雷达点云中识别建筑物轮廓，随后利用矢量化处理生成多边形几何模型。于 2025 年蚌埠市开展城市监测之际，借助改进的 U-Net++ 模型对 0.2 米分辨率的遥感影像做建筑物提取，模型针对测试集的 F1 分数达到 0.92，成功达成超 7.7 万栋单体化建筑的采集工作，还把单体化建筑的占地面积、高度、层数等基础属性记录了。针对道路这一实体，可借助基于图神经网络（GNN）的中心线提取途径，从道路矢量数据里找出道路中线，结合高程数据生成出三维道路模型，水系实体提取应结合水体指数（NDWI）以及形态学分析，从遥感影像中判别河流、湖泊等水体的边界，搭建三维水系网络。几何重建可看作是实体化提取的延伸，应利用倾斜摄影建模、激光雷达点云分类等技术构建具有真实纹理的三维实体模型，倾斜摄影建模凭借多视角影像匹配造就密集点云，依靠 Mesh 重建算法生成具有真实纹理的建筑物白模，精度符合 1:500 比例尺要求。激光雷达点云分类得结合随机森林、支持向量机等机器学习算法，对点云实施地面、建筑物、植被等分类操作，提取建筑物立面的点云然后生成三维模型。2024 年深圳市进行城市更新规划期间，采用倾斜摄影和激光雷达融合在一块的建模技术，产出覆盖全市的三维建筑物模型，模型平均所得平面精度为

0.1 米，垂直方向高程精度 0.05 米，为城市更新项目开展空间分析提供精准根基^[2]。结构化组织就是把提取出来的地理实体按空间关系和语义逻辑进行组织的步骤，需构建实体彼此的拓扑关系与语义联系，建筑物实体要跟周边道路、绿地、管线等实体搭建连接关系，造就完整的城市空间网络。

2.2 三维空间建模与动态场景构建

地形实体建模是开展三维空间建模的基础，应创建数字高程模型（DEM）用以表达地形起伏，生成 DEM 有两种途径：一是导入勘测数据以达成生成，就像借助无人机激光雷达扫描得到高精度地面点云，生成分辨率超出 1 米精度的 DEM；二是在专业设计软件里手动缔造，如通过界定边界、绘制并修正高程点与等高线来生成 DEM。2024 年成都开展天府新区规划工作当中，凭借无人机激光雷达扫描技术制作出分辨率 0.5 米的 DEM，精确呈现出新区里丘陵、沟谷等地形模样，为规划方案的对比挑选提供了地形分析的根基。实体集成是把地理实体模型和地形模型整合到一起的过程，得解决实体与地形的空间匹配方面的问题，针对建筑物实体，需依据其基底坐标和高程数据，把它放置到 DEM 的相应位置，并对其高度进行调整以匹配地形；针对道路对应的实体，应按照其中心线与横断面设计，弄出三维道路模型，保证其与地形能实现平滑连接。实体集成可借助三维 GIS 软件（CityEngine、SketchUp）

进行自动化处理,就像利用 CityEngine 的规则建模本领,可凭借道路中心线和建筑物轮廓自动生成三维模型,并与地形模型融合在一起,构建出初步的城市三维场景。语义化建模是把实体编码和属性信息赋予三维模型的过程,应借助语义标注技术达成模型的可查询效果,语义标注应构建实体与属性的映射关系,就像为每一个建筑物模型标注其 GUID、用途、层数等属性,为每条道路模型标注诸如等级、宽度、交通流量之类的属性。语义化建模得借助 BIM 和 GIS 融合技术达成,产出语义化三维模型;还可开展自定义插件的开发工作,在三维建模软件中直接对实体的属性加以标注。2025 年上海市开展城市数字孪生建设当中,借助 BIM+GIS 融合技术生成语义化三维模型,支持用户点击模型后查询实体详细属性,为城市规划及管理提供了交互式工具。动态场景构建乃语义化建模的延伸,应引入实时数据流达成场景的动态更新,实时数据流有交通流量、环境监测数据、城市事件等方面,得利用物联网传感器、视频监控、社交媒体等渠道去采集,接着依靠数据中台开展数据的清洗、融合与分发^[3]。

3 贯穿全流程的数据质量控制与持续治理体系

3.1 基于规则引擎的自动化质量监控闭环

现代化数据质量控制主要靠可配置的规则引擎来实现自动化操作。这里面最核心的就是“三大支柱”,分别是监控对象、质量规则以及规则强度。具体实施的话,分下面三步走。第一步是数据探查。系统会自动生成一些报告,像字段空值率是多少、值域是怎么分布的、主键是不是唯一的等,通过这些报告就能评估出数据源一开始的健康程度如何。第二步是配置并执行质量监控规则。这些规则得把完整性、准确性、唯一性、一致性和及时性这五大方面都覆盖到。而这里规则强度特别重要,它就像一个关键开关。“强规则”要是没通过,就会直接阻断后面的任务,避免脏数据继续传播;“弱规则”没通过的话,就只是发出告警,主要是用来观察数据变化的趋势。第三步是订阅告警和处置问题。需要保证数据一出现问题,马上就能通知到相关责任人,然后一直追踪,直到问题解决,这样就形成了一个完整的管理闭环^[4]。

3.2 多源一致性校验与时空拓扑检查

在复杂的数据融合场景里,保证数据一致性的校验工作特别关键。多源交叉验证是大家经常用的一种办法。例如:通过遥感解译得到的耕地范围,和农业部门统计的种植业数据进行空间叠加,再对比一下面

积。要是两者差异超过了合理的范围即启动核查任务,查找问题。同样,用移动信令数据估算出来的人口热力分布情况,要和社区统计的人口数据在宏观趋势上做校验,看是不是大致相符^[5]。还有一种保障数据逻辑正确性的重要手段,就是时空拓扑规则检查,这可以说是最后一道防线。这里面包括空间拓扑检查和时间序列拓扑检查。空间拓扑检查,如行政区划这种面状要素,需要保证它们拼接起来没有缝隙,也不能有重叠的地方;河道这种线状要素,如果是连续的,不能有断开的情况。这些检查内容都可以写成自动化的规则,然后融入日常的数据更新流程当中,这样就能及时发现问题,保证数据质量。

4 结束语

国土空间规划现状底图的整合与质量控制,是一项融合了技术创新与体系化管理的复杂工程。在技术层面,它遵循从自动化多源接入、语义深度融合,到地理实体与三维建模的递进路径,其目标是构建一个结构化的、可计算的,而非仅可视图的数字空间基底。在管理层面,它依赖于一个贯穿“探查—监控—比对—处置”全流程的、基于规则引擎的数据治理体系,通过定义清晰的规则与强度,实现数据质量的常态化、自动化守护。当前的成功实践,如成都市“一张图”系统,已证明这种“技术—管理”双轮驱动模式的有效性,其不仅支撑了规划编制审查从“经验判断”向“数据赋能”的转变,更通过监测评估预警功能,筑牢了动态监管的防线。广西、蚌埠等地的“城市体检”工作,则凸显了精细化现状数据在精准识别公共服务短板、支撑城市品质提升中的决策价值。

参考文献:

- [1] 段松江,吴开杰,倪千尧,等.渝北区国土空间规划现状底图构建方法研究[J].智能城市,2024,10(09):69-71.
- [2] 张楠,周艳,林富明,等.国土空间规划视角下的生态保护红线划定底图编制研究[J].测绘与空间地理信息,2020,43(S01):1-5,12.
- [3] 刘军华.国土空间规划体系下专项规划编制研究:以福州市环境卫生专项规划为例[J].未来城市设计与运营,2024(08):42-46.
- [4] 程斌.国土空间详细规划现状底图底数转换管控及编制方法研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(11):1805-1806.
- [5] 江雨瑶.国土空间总体规划编制中底图底数的研究[J].中国房地产业,2023(20):50-53.