

基于测绘地理信息技术的智慧城市建设研究

陈士阳

(中建材(河南)勘测设计有限公司)

【摘要】智慧城市建设对城市空间感知与精细化治理提出更高要求, 测绘地理信息技术凭借高精度、动态化、立体化的技术优势, 在城市规划管理、智能交通系统建设中展现出强大的支撑能力。文章研究了测绘地理信息在智慧城市中的关键应用场景, 分析了其在城市数据获取、信息系统构建、数据融合机制等方面的技术实现路径, 探讨了测绘数据驱动下城市治理体系的智能化转型。研究结果为智慧城市时空信息基础平台建设提供了可操作性方案, 具有重要的工程实践价值。

【关键词】智慧城市; 测绘地理信息技术; 三维建模

中图分类号: P208

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.05.044

Research on Smart City Construction Based on Geospatial Surveying and Mapping Technology

CHEN Shi-yang

(China National Building Materials (Henan) Survey and Design Co., Ltd.)

【Abstract】The construction of smart city imposes higher demands on urban spatial perception and refined governance. The surveying and mapping geographic information technology, with its high-precision, dynamic and 3D technological advantages, provides strong support capabilities in urban planning management and the construction of intelligent transportation system. This paper investigates key application scenarios of surveying and mapping geographic information in smart cities, analyzes the technical implementation paths in urban data acquisition, information system construction, and data integration mechanism, and explores the intelligent transformation of urban governance systems driven by surveying and mapping data. The research results offer practical solutions for building spatiotemporal information foundation platform in smart cities, holding significant value for engineering practice.

【Keywords】smart city; surveying and mapping geographic information technology; 3D modeling

1 引言

当前, 高分辨率遥感、激光雷达扫描、实景三维建模等技术方法, 为城市空间全要素采集与动态更新提供了坚实技术保障。城市管理者依托精准空间信息, 可实现规划、交通、民生、安全等多系统的统一建模与联动管控, 为构建智能、高效、可持续的城市运行体系奠定坚实技术基础, 同时为后续深入分析关键应用场景、探索可行实现路径提供有效指引。

2 智慧城市建设与测绘地理信息技术概述

智慧城市建设要求对城市空间、资源及运行状态进行精确感知与动态管控。测绘地理信息技术提供了从地面到空中的多源数据采集支撑, 涵盖GNSS定位、无人机航测、激光雷达扫描及高分辨率遥感影像获取, 可支撑构建厘米级精度的城市三维空间模型^[1]。采集的数据经坐标转换、误差修正与语义标注后, 被统一编码纳入地理信息数据库, 为CIM模型的

构件表达与场景演算提供数据驱动。动态监测层面, 结合移动测量系统与地面传感设备, 可实时捕捉建筑形变、道路沉降、交通流量等指标并开展空间分析, 有效提升对城市运行状态的高频掌控能力, 为后续模型调度、系统集成及服务调用筑牢数据与结构基础。

3 测绘地理信息技术的应用场景

3.1 城市规划管理应用

城市规划依赖于对地理空间数据的高精度建模与动态更新。测绘地理信息技术通过遥感影像解译、激光雷达点云处理与倾斜摄影建模实现对城市建筑物、高程、地物类型的全面采集^[2]。采用CIM模型构建统一的城市三维空间表达框架, 结合地块分类、土地利用现状与规划指标, 将城市用地类型与规划控制线精确叠加, 实现规划边界与实际空间对象的精细化校核。在地表覆盖数据处理阶段, 应用分布式计算提升大尺度遥感数据处理效率, 通过影像

分割与地物识别算法自动提取建筑轮廓、道路结构与绿地覆盖区域,并将其编码入地理空间数据库。在地块评估过程中,根据容积率、建筑高度、地块功能属性进行空间布局适配性分析,辅助评估地块更新或功能置换的可行性。表1为某市中心区域典型功能区用地类型及空间数据统计结果。

表1 典型城市功能区用地类型与空间数据统计表

功能区名称	总面积/hm ²	建筑覆盖面积/hm ²	绿地面积/hm ²	道路面积/hm ²	建筑平均高度/m
商业区	115.6	84.2	10.4	18.7	42.5
居住区	205.3	137.6	32.8	26.1	28.9
行政办公区	78.9	51.3	14.2	11.4	36.7
工业区	142.7	106.5	6.3	19.2	22.1

商业区与行政办公区的建筑覆盖率较高,地块利用率集中,道路面积比重适中,有利于形成集约化建设格局。居住区绿地面积高于其他功能区,绿化率提升的同时建筑平均高度适中,利于居民生活密度调控与空间开放性保持。工业区建筑覆盖集中,绿地面积显著不足,需结合城市生态规划提出调整策略。

3.2 智能交通系统建设

智能交通系统以高精度时空数据为核心支撑,在测绘地理信息技术支撑下构建多源交通感知平台,车载GNSS定位、道路传感器、无人机巡查及影像采集构成核心数据输入端口,实时采集交通密度、车速分布、交叉口滞留量等关键交通指标^[3]。交通网络建模阶段,采用矢量拓扑结构构建道路连接关系图谱,细化至车道级信息标注,完成主辅路、立交桥、隧道等立体交通元素的建模与分层表达。路径规划引擎以时空权重模型为核心,综合考量交通流量、信号周期、施工封闭区等约束因子,动态生成最优路径解算方案,并输出路径偏移预警及推荐调整信息。交通状态预测模块中,融合历史轨迹数据与实时感知数据,基于时序建模与回归分析构建短时交通状态预测模型,生成分钟级更新的拥堵趋势评估图。

4 测绘地理信息技术的实现路径

4.1 三维空间数据建模

城市三维建模以实景建模数据为核心,采用倾斜摄影技术获取多角度影像序列,结合GNSS/IMU系统完成位姿解算,借助空三重建生成稀疏点云。

稀疏点云通过密集匹配算法生成高密度点云数据,结合结构光建模可进一步强化物体边缘细节。激光雷达点云通过坐标转换与高程配准模型实现全局对齐,多源点云融合过程中需重点考虑空间冗余压缩与误差传播控制。模型表面重建阶段,采用Delaunay三角网生成TIN网格,结合纹理映射构建高真实度可视化模型。空间配准精度采用最小二乘法实现误差最小化,基本公式如式(1)所示:

$$E = \sum (P_i - Q_i)^2 \tag{1}$$

式(1)中: E 为误差平方和, P_i 为模型控制点坐标, Q_i 为实测点坐标,核心目标是使整体误差收敛至最小值。该模型用于点云配准与影像控制点优化,可有效控制多源数据拼接过程中的几何误差积累。建模精度严格遵循国家实景三维相关标准,水平误差控制在0.15m以内,垂直误差控制在0.10m以内,并结合残差图开展区域误差回溯分析。城市级实景三维建模项目实施中,需重点应对建筑物遮挡、高反射表面及复杂地形带来的建模干扰问题^[4],通常采用多平台协同数据获取方式,将地面移动测量车(MMS)与无人机倾斜摄影相结合,在高楼密集区通过低空无人机获取建筑底部立面细节,补充空三重建无法覆盖的阴影区域。此外,为提升模型数据管理效率,需对生成的点云及网格数据进行压缩处理,常用八叉树结构构建空间层级索引,实现模型按需加载与快速检索。配套建筑属性信息(如建成年代、使用功能、结构类型等)通过数据库关联,实现模型“轻表重数”的结构化管理。各阶段数据经质量检验后上传至建模平台,通过精度核查、纹理连续性审查与边界闭合检测确保模型可用性,最终服务于城市规划审批、应急预案演练与景观可视模拟等实际应用场景。

4.2 城市信息平台构建

CIM平台构建以地理信息数据库为基础框架,整合矢量图层、栅格影像与三维模型进行集成部署,采用面向组件的系统架构,构建城市运行可视化管控系统。数据管理模块支持分层数据接入,涵盖基础地形、建筑物结构、道路管网、公共设施等专题图层,统一采用GeoJSON、GML、CityGML等标准格式实现数据互通转换。平台核心采用微服务架构设计,划分为数据接入、模型服务、可视化引擎、分析引擎及用户交互接口等模块,支持横向扩展与高并发

访问。API接口遵循RESTful规范定义服务调用路径,在各子系统间构建轻量级通信协议。平台集成WebGL三维渲染引擎开展场景调度管理,模型分级加载机制可实现LOD动态切换,资源调度策略基于瓦片化空间索引控制客户端加载压力。城市信息平台采用分权访问策略,根据用户角色划分数据访问权限,例如城市管理者可访问全部图层并执行系统调度操作,普通用户仅具备查询与可视化功能。系统运行过程中引入数据缓存机制与增量更新策略,避免全量重载造成的网络拥堵。平台支持与城市运行管理系统(IOC)对接,可将三维模型嵌入指挥调度大屏,实现建筑、管线、应急设备等资源的联动调用^[5]。

4.3 多源数据融合机制

多源测绘数据融合采用时空协同架构,在数据流接入层完成统一格式转换,包括遥感影像的纠正与坐标归一化、GNSS轨迹数据的时间戳标准化,以及IoT传感器数据的属性解译与空间关联。融合流程以时空对象为组织单元,构建面向地理单元的事件驱动融合模型,所有数据源通过空间编码规则关联至统一空间参考系。遥感数据与激光点云采用像元级匹配策略,通过特征提取与形态分析提升异源数据重构一致性;GNSS轨迹与交通探测数据通过轨迹栅格化方法完成时间序列拟合,融合模型基于贝叶斯估计的状态更新算法,实现多源观测信息的动态融合推理。多源测绘数据融合流程如图1所示。

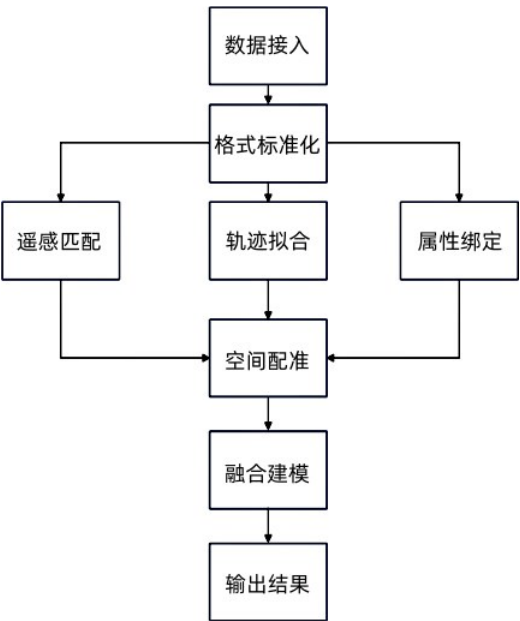


图1 多源测绘数据融合流程图

多源融合系统落地过程中,核心难点在于不同数据源的采集频率与精度存在差异,为此需建立质量评估指标体系,对不同数据源进行权重赋值与置信度校准。以交通流监测为例,若GNSS数据与地磁感应数据在某路段存在偏差,系统可根据历史准确率自动调低对应数据源权重,避免误导模型预测结果。融合中间层采用消息队列机制(如Kafka)实现多源数据的异步入库与并行处理,保障系统在高并发环境下的数据吞吐能力。

5 结语

测绘地理信息技术具备高精度数据采集、三维空间建模、多源数据融合处理等核心能力,可有效支撑智慧城市在规划建管、交通调度、系统集成等关键环节高效运转。

城市信息平台建设需依托统一的空间基准与数据接口标准,多源数据融合则通过动态更新机制,进一步提升系统响应效能。测绘地理信息技术正从静态空间表达向智能建模、实时服务方向演进,为构建城市级全息感知与智能决策体系提供持续稳定的技术支撑。未来,将进一步提升模型算法精度、拓展场景适配性。

参考文献

[1] 曾露, 潘斌. 基于测绘地理信息技术的智慧城市建设[J]. 中国信息界, 2024 (5): 98-100.

[2] 苏宏伟. 基于测绘地理信息技术的智慧城市建设研究[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7 (6): 198-201.

[3] 张冬冬. 智慧城市与测绘地理信息技术的应用[J]. 电子技术, 2022, 51 (8): 254-255.

[4] 刘阳. 测绘地理信息技术在城市建设中的应用研究[J]. 科技创新与应用, 2024, 14 (35): 179-182.

[5] 林仁超. 智慧城市建设中测绘地理信息的应用分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024 (33): 217-219.