

基于大数据的智慧城市测绘技术应用研究

徐登洋 朱殿月 李学锡

江苏易图地理信息科技有限公司 江苏 扬州 225000

摘要: 随着智慧城市建设的加速推进,大数据技术为城市测绘领域带来了深刻变革。基于大数据的智慧城市测绘技术应用研究,旨在整合多维度、海量化的城市数据资源,涵盖地理空间、社会经济、环境监测等多方面信息。借助大数据分析 & 挖掘技术,结合高精度测绘手段,如无人机测绘、三维建模等,可实现城市空间信息的实时、精准获取与智能处理。此研究有助于提升城市测绘的智能化水平,为城市规划、管理与决策提供科学依据,助力智慧城市可持续发展。

关键词: 基于大数据;智慧城市;测绘技术;应用

引言: 在数字化浪潮席卷下,智慧城市建设已成为全球城市发展的新趋势,旨在实现城市的高效、绿色与可持续发展。城市测绘作为智慧城市建设的基石,为城市规划、管理、决策等提供关键的空间信息支撑。而大数据技术的崛起,为城市测绘带来了前所未有的机遇,海量多源数据的汇聚与分析,能极大提升测绘数据的精度、广度与实时性。深入研究基于大数据的智慧城市测绘技术应用,不仅有助于突破传统测绘技术的局限,更能推动智慧城市向更智能、更精细的方向迈进,具有重大的理论与现实意义。

1 理论基础与文献综述

1.1 智慧城市与测绘技术相关理论

(1) 智慧城市以“智慧化”提升城市治理效率,其概念框架涵盖基础设施、管理服务、居民生活等维度,核心要素包含物联网、云计算、AI等技术。物联网实现城市设施实时感知,如交通信号灯、环境监测设备的数据采集;云计算为海量城市数据提供存储与运算支撑;AI则通过数据分析挖掘,辅助城市规划、交通调度等决策,三者协同构建智慧城市运行体系。(2) 测绘技术经历从传统到智能的演进。传统测绘依赖人工操作,如全站仪测量,效率低、精度易受人为影响;进入智能测绘阶段,GNSS(全球导航卫星系统)、无人机测绘、三维激光扫描等技术广泛应用,实现数据采集自动化,结合AI处理数据,大幅提升测绘精度与效率,满足智慧城市对空间信息的动态、高精度需求。

1.2 大数据在测绘领域的应用现状

(1) 国内外研究进展方面,通过文献计量分析发现,国外侧重大数据与测绘技术融合的理论创新,如利用大数据优化遥感影像处理算法;国内聚焦实际应用,在国土调查、智慧城市地图更新等领域成果显著,相关文献

发表量逐年递增,体现该领域研究热度。(2) 现有技术存在局限性,一是数据孤岛问题突出,不同部门测绘数据标准不一,难以共享;二是实时性不足,传统数据处理流程长,无法及时反馈空间信息变化;三是精度与效率存在矛盾,追求高精度时需耗费更多时间,难以兼顾二者,制约大数据在测绘领域的深度应用^[1]。

2 大数据驱动的智慧城市测绘技术体系

2.1 数据采集与融合技术

(1) 多源异构数据获取覆盖空天地多维度:卫星遥感可实现大范围城市地貌、土地利用等宏观数据采集,分辨率达亚米级;无人机搭载高清相机、激光雷达,能灵活获取城市建筑群、道路等中微观数据,适应复杂地形;地面传感器如GNSS接收机、倾角传感器,实时采集点位坐标、建筑结构变形等静态与动态数据;移动终端通过crowdsourcing模式,收集市民出行轨迹、交通拥堵等实时人文数据,多渠道数据共同构成智慧城市测绘的数据源基础。(2) 数据清洗与预处理是保障数据质量的关键:针对采集数据中的噪声,采用小波变换、卡尔曼滤波等方法过滤随机干扰信号;对于缺失值,根据数据类型选择均值填补、回归填补或基于时空相关性的插值填补,如气象监测数据缺失时,利用周边站点数据进行空间插值;时空对齐通过统一时间戳格式、转换坐标系(如将地方坐标系转换为2000国家大地坐标系),消除多源数据的时空偏差,为后续融合奠定基础^[2]。(3) 基于深度学习的多模态数据融合成为主流方法:通过卷积神经网络(CNN)提取卫星遥感影像的空间特征、循环神经网络(RNN)捕捉移动终端数据的时序特征,再利用注意力机制将多模态特征进行加权融合,例如融合遥感影像与交通流数据时,可精准识别交通拥堵区域的空间分布及时序变化规律,提升数据综合利用价值。

2.2 大数据存储与管理技术

(1) 分布式存储架构应对海量测绘数据存储需求: Hadoop采用HDFS分布式文件系统, 将大文件分割为多个块存储在不同节点, 支持PB级数据存储与高效读写; Spark基于内存计算, 在Hadoop基础上优化数据处理速度, 可快速处理测绘数据中的批量计算任务, 如遥感影像拼接、地形数据建模等, 二者协同实现海量测绘数据的分布式存储与高效计算。(2) 时空数据库设计聚焦测绘数据的时空属性管理: PostGIS作为PostgreSQL数据库的空间扩展, 支持点、线、面等空间几何对象存储与空间查询, 如查询某区域内的建筑分布; MongoDB时空扩展通过GeoJSON格式存储地理空间数据, 结合时间戳字段实现时空索引, 能高效处理动态测绘数据, 如实时交通流量数据的存储与查询, 满足智慧城市对时空数据快速检索的需求。

2.3 大数据分析 with 挖掘技术

(1) 空间分析与建模直观呈现城市空间特征: 热力图通过颜色梯度展示人口密度、交通流量等数据的空间集聚程度, 辅助城市商圈规划; 三维建模利用无人机激光雷达数据与BIM技术结合, 构建城市三维模型, 实现建筑内部结构与外部形态的可视化; 动态模拟基于时空数据构建仿真模型, 如城市洪涝模拟, 预测不同降雨强度下的积水范围, 为防灾减灾提供决策支持。(2) 机器学习在测绘中实现智能化处理: 目标检测采用YOLO、FasterR-CNN等算法, 从遥感影像中自动识别建筑、道路、绿地等要素, 替代传统人工解译; 变化监测通过对比不同时期的测绘数据, 利用支持向量机(SVM)、随机森林等算法, 检测城市土地利用变化、建筑拆迁等动态信息; 预测分析基于历史测绘数据, 利用LSTM等模型预测城市人口增长、交通流量变化趋势, 为城市规划提供前瞻性依据^[3]。(3) 知识图谱构建挖掘城市要素关联关系: 以城市测绘数据中的实体(如建筑、道路、公园)为节点, 以实体间的空间关系(相邻、包含)、属性关系(建筑用途与周边商业配套)为边, 构建城市空间知识图谱, 通过图神经网络(GNN)挖掘隐藏关联, 如分析某区域道路扩建对周边房价、人口迁移的影响, 为智慧城市精细化管理提供知识支撑。

3 基于大数据的智慧城市测绘技术典型应用

3.1 城市规划与动态监测

(1) 在城市扩张模拟与土地利用优化中, 通过整合历史卫星遥感数据、人口普查数据及经济发展数据, 利用机器学习模型(如马尔可夫链-元胞自动机模型)模拟不同规划方案下的城市扩张趋势, 预测未来建设用地、

耕地、生态绿地的空间分布。同时, 结合大数据分析人口密度、产业布局与土地利用的匹配度, 识别低效利用土地, 为调整商业、住宅、工业用地比例提供依据, 实现土地资源优化配置。(2) 实时交通流量分析与拥堵预测依托多源数据: 通过道路传感器、出租车GPS、市民导航APP获取实时车流速度、车流量数据, 经大数据平台处理后生成交通流量热力图, 直观呈现拥堵路段; 再利用LSTM等时序预测模型, 结合历史交通数据、天气信息、节假日安排, 提前1-2小时预测重点路段拥堵概率, 通过交通诱导系统向市民推送最优路线, 辅助交通管理部门动态调整信号灯时长, 缓解交通压力。

3.2 公共安全与灾害管理

(1) 地质灾害风险评估与预警中, 大数据整合多维度测绘数据: 通过无人机激光雷达获取山体地形数据, 分析坡度、坡向等易滑坡因子; 结合地面传感器采集的土壤含水量、地下水位数据, 以及历史滑坡、内涝灾害数据, 构建风险评估模型, 划分高、中、低风险区域。当监测数据超出阈值时, 系统自动向周边居民、相关部门发送预警信息, 为人员转移争取时间。(2) 应急资源调度与路径规划借助大数据实现高效响应: 基于灾害现场的实时测绘数据(如无人机航拍的受灾范围、道路损毁情况), 结合应急物资储备点、救援队伍位置数据, 利用最短路径算法(如Dijkstra算法)规划最优运输路线, 避开损毁路段; 同时, 通过大数据分析受灾人口分布, 动态调配救护车、物资运输车等资源, 确保资源精准投送^[4]。

3.3 环境监测与可持续发展

(1) 空气质量、水质等环境要素的时空分布分析, 通过分布在城市各处的环境传感器(如PM2.5传感器、水质监测传感器)实时采集数据, 结合卫星遥感反演的大气污染物扩散数据, 经大数据平台处理后, 生成环境要素时空变化图谱, 清晰呈现污染源、扩散路径及时段规律, 为环保部门精准治污提供数据支持。(2) 碳足迹监测与绿色城市评估中, 大数据整合建筑能耗数据(如智能电表采集的商业、住宅建筑能耗)、交通碳排放数据(如燃油车行驶里程、新能源车充电量)及工业生产碳排放数据, 构建城市碳足迹核算模型, 量化各领域碳排放占比。同时, 结合城市绿化面积、可再生能源使用比例等数据, 评估绿色城市建设成效, 为制定碳减排目标与措施提供依据。

3.4 智慧基础设施管理

(1) 地下管网三维可视化与故障诊断, 通过地下管线探测仪、管道机器人采集管网位置、管径、材质及内部状况数据, 结合GIS技术构建地下管网三维模型, 实现管

网空间分布可视化。利用大数据分析管网使用年限、压力变化、历史故障数据,预测管道泄漏、堵塞风险,提前安排检修,减少故障对居民生活的影响。(2)建筑结构健康监测针对桥梁、高层建筑,在结构关键部位安装传感器(如应变传感器、加速度传感器),实时采集振动、变形数据,经大数据平台分析处理,评估结构健康状态。当数据超出安全阈值时,系统自动报警,提醒管理部门及时采取加固、维修措施,保障建筑使用安全^[5]。

4 基于大数据的智慧城市测绘技术挑战与优化策略

4.1 现存问题

(1)数据隐私与安全风险凸显:智慧城市测绘数据包含大量敏感信息,如居民出行轨迹、建筑私密结构、城市关键基础设施坐标等。多源数据共享过程中,易出现数据泄露、非法篡改等问题,例如移动终端采集的市民位置数据若未加密,可能被恶意利用;同时,测绘数据涉及城市地理空间核心信息,一旦遭遇网络攻击,将威胁城市安全。(2)多源数据标准化与互操作性不足:卫星遥感、无人机、地面传感器等设备采集的数据格式各异,如遥感影像多为TIFF格式,传感器数据常为JSON格式,且不同部门数据精度标准、坐标体系不统一。这导致数据难以跨平台整合,形成“数据烟囱”,例如交通部门与规划部门的道路数据因接口不兼容,无法协同支撑城市路网优化决策。(3)算法可解释性与模型泛化能力欠缺:当前测绘领域常用的深度学习算法(如用于目标检测的YOLO算法)多为“黑箱”模型,决策过程难以解释,若模型输出错误(如误判建筑结构安全状态),无法追溯原因;同时,模型在特定区域训练后,迁移到地形、气候差异大的城市时,精度显著下降,泛化能力不足,制约技术跨区域应用。

4.2 优化路径

(1)引入隐私计算技术保障数据安全:采用联邦学习技术,让多部门在不共享原始数据的情况下联合训练模型,如不同测绘单位协同优化变化监测算法时,仅交换模型参数;运用差分隐私技术,在数据集中加入微小

噪声,既保留数据统计特征,又防止个体信息被识别,平衡数据共享与隐私保护。(2)推进标准化体系建设:制定统一的数据格式标准,如规定多源测绘数据统一转换为GeoJSON格式;明确数据精度、坐标体系(如统一采用2000国家大地坐标系)及接口协议规范,推动各部门数据平台对接,例如建立城市测绘数据共享中台,实现卫星遥感、交通流等数据的无缝整合与调用。(3)部署边缘计算与轻量化模型:在无人机、地面传感器等终端设备部署边缘计算节点,实现数据就近处理,减少传输时延,如无人机实时处理遥感影像,仅回传关键特征数据;将复杂模型(如三维建模模型)轻量化,通过模型剪枝、量化等技术,降低计算资源消耗,提升在边缘设备的运行效率,增强算法在不同场景的适应性。

结束语

综上所述,基于大数据的智慧城市测绘技术应用研究意义重大且成果初显。通过将大数据与测绘技术深度融合,我们实现了城市空间信息的高效采集、精准分析与智能应用,为智慧城市的规划、建设与管理提供了坚实支撑。然而,研究过程中也面临数据安全、技术融合等挑战。未来,我们需持续探索创新,完善相关技术体系,加强跨领域合作,以更好地发挥大数据在智慧城市测绘中的作用,推动智慧城市向更高水平发展。

参考文献

- [1]何正斌.基于大数据技术的智慧城市建设初探[J].建材与装饰,2020(22):70-71.
- [2]盛龙.大数据在测绘地理信息中的应用策略[J].智慧城市,2023,9(07):36-38.
- [3]赵祎敏.基础测绘地理信息数据在智慧城市建设中的作用[J].经纬天地,2022,(04):86-88.
- [4]时勇.大数据驱动的智慧城市发展模式与未来趋势分析[J].产业创新研究,2024(19):45-47.
- [5]张丹丹.大数据技术在智慧城市规划建设中的应用探索与研究[J].科技与创新,2024(8):60-62.