

上述实验环境配置为基于地理信息系统的全民所有自然资源资产清查信息化管理应用研究提供了全面的技术支持。

5.2 实验数据集

在基于地理信息系统的全民所有自然资源资产清查信息化管理应用研究中,为确保研究的全面性与准确性,构建了涵盖湿地、草原、森林及矿产资源的实验数据集,如表 2 所示。

表 2 实验数据集

序号	资源类别	数据标识	资源属性详情
1	湿地资源	T001	面积:102.4hm ²
2	湿地资源	T002	面积:78.6hm ²
3	草原资源	W001	水域面积:3.2km ²
4	草原资源	W002	水域面积:0.5km ²
5	森林资源	F001	林地面积:150hm ²
6	森林资源	F002	林地面积:200hm ²
7	矿产资源	M001	矿种:铁矿;储量:1200 万 t
8	矿产资源	M002	矿种:铜矿;储量:800 万 t

该实验数据集为基于地理信息系统的全民所有自然资源资产清查信息化管理应用研究提供了基础数据支撑,涵盖了各类自然资源资产的关键信息,有助于实现资源的有效管理与决策支持。

5.3 实验结果分析

在全民所有自然资源资产清查信息化管理应用研究中,试点区域在系统部署后实现了对自然资源资产数据的实时动态监测,并通过智能化分析模块快速完成数据校验与异常预警,显著提升了清查工作的规范性和准确性。应用该系统前后的数据误差率如图 4 所示。

数据误差率从试点前的 5.3% 降至 1.2%,验证了该系统在提升数据质量方面的有效性。

应用该系统前后的关键指标如表 3 所列。

单宗资产清查时长从 15 天缩短至 3 天,表明系统优化了数据采集与处理流程;数据更新延迟从 7 天降至 0.5 天,实现了资产信息的动态更

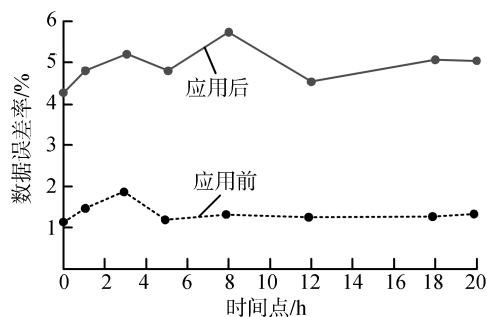


图 4 应用前后数据丢失量对比

表 3 应用本文系统前后效果对比

指标	应用前	应用后
单宗资产清查时长/天	15	3
数据更新延迟/天	7	0.5
资产权属纠纷数量/年	12	2
资产信息完整率/%	76	94

新;资产权属纠纷数量从年均 12 起减少至 2 起,资产信息完整率从 76% 提升至 94%,说明该系统在提升清查效率、保障数据时效性以及维护资产权属清晰度方面成效显著。

6 结语

本文基于地理信息系统,运用数据预处理、分类编码、数据挖掘及信息化管理等技术手段,构建了全民所有自然资源资产清查信息化管理体系。研究有效提升了清查工作的规范性与数据质量,为资源管理提供了科学依据。然而,研究在复杂场景适应性及多源数据融合方面仍有不足。未来将进一步优化算法模型,拓展系统功能,以适应更广泛的应用需求。

参考文献 (References):

[1] 陈国忠. 福清市全民所有自然资源资产清查技术流程研究[J]. 城市勘测, 2025, 40(01): 170 - 174.

[2] 胡伟, 贺卫中等. 常州市全民所有储备土地资产清查信息系统建设研究[J]. 无线互联科技, 2025, 22(02): 68 - 73.

[3] 李萍, 刘玮. 全民所有自然资源资产监督体系研究[J]. 黑龙江国土资源, 2024, 22(04): 44 - 51.

[4] 林浩顺. 数据挖掘在自然资源信息化中的应用

- [J]. 无线互联科技, 2022, 19(17): 128 - 130.
- [5] 董彦君. 自然资源确权登记信息管理和应用[J]. 大众标准化, 2022, 41(09): 121 - 123.
- [6] 万春华, 孔垂猛. 基于云计算的网络信息安全存储系统[J]. 中国高新科技, 2024, 31(07): 113 - 114 + 134.
- [7] 郑烁. 基于用户分级限制的云电子信息安全存储系统[J]. 江西科学, 2023, 41(06): 1186 - 1190.
- [8] 贾霞, 龚旭峥, 王旻雯. 浙江省国有耕地资源清查价格评估现状, 问题与对策建议[J]. 浙江国土资源, 2024, 40(03): 32 - 34.
- [9] 王述强, 吕凯, 刘祥林, 等. 基于 HAND 的流域洪水淹没快速分析技术[J]. 水文, 2024, 44(02): 57 - 65.
- [10] 张清, 朱芳, 陈珏雯, 等. 基于 HEC - RAS 的山丘区河流洪水淹没模拟分析[J]. 内蒙古水利, 2024, 45(01): 62 - 63.
- [11] 廖耀星, 高玮志, 张轩, 等. 基于深度学习和水动力模型的洪水演进快速模拟方法[J]. 中国防汛抗旱, 2024, 34(02): 16 - 22.
- [12] 阙家骏, 谈娟娟. 基于 DEM 的水库下游洪水淹没演进过程研究[J]. 水电能源科学, 2024, 42(03): 212 - 215.
- [13] 李聪好, 刘家奇, 刘欣鑫, 等. 适应复杂区域的时序 SAR 影像洪水监测与分析[J]. 遥感学报, 2024, 28(02): 346 - 358.
- [14] 秦静, 王曦, 吴桐, 等. 全民所有自然资源资产清查存在困难与政策建议[J]. 中国国土资源经济, 2023, 36(03): 10 - 15.
- [15] 李广泳, 郭晋洲, 陶舒, 等. 全民所有自然资源资产清查实践的理论与关键技术体系探讨[J]. 生态经济, 2024, 40(04): 151 - 158.
-

作者简介:

第一作者/通讯作者: 陈晓强, 1983 年生, 男, 福建诏安人, 福建省地质测绘院, 工程师, 主要研究方向为地理信息工程。Email: 19577313712@163.com

Research on the Application of Information Management for the National Natural Resource Asset Inventory based on Geographic Information Systems

CHEN Xiaoqiang

(Fujian Geological Surveying and Mapping Institute, Fuzhou 350111, China)

Abstract: The conventional information management method for the inventory of natural resource assets owned by the whole nation relies on manual field investigations and paper records combined with simple databases for inventory management. Due to the inability to deeply explore and analyze data, the application effect is poor. Therefore it is proposed the application research of information management for the national ownership of natural resource assets inventory based on geographic information systems. The Pandas library in Python is utilized for data preprocessing, and rule – based tagging methods is applied to classify and label the national inventory data of natural resource assets. A data feature classification coding system is designed based on geographic information systems, using an improved hierarchical clustering coding algorithm for coding optimization to complete data feature classification. Machine learning is used based isolated forest algorithm to mine with analyzing preprocessed national owned natural resource asset inventory data. A comprehensive management system is constructed using multi – objective optimization algorithms and 3D visualization technology, to further achieve systematic application of information management for the inventory of all natural resource assets owned by the people. The experimental results showed that after applying the system in the pilot area, the data error rate decreased from 5.3% to 1.2%, the duration of a single asset inventory was reduced from 15 days to 3 days, the data update delay was reduced from 7 days to 0.5 days, the number of asset ownership disputes decreased from an average of 12 to 2 per year, and the asset information completeness rate increased from 76% to 94%, with significant results.

Key words: geographic information system; hierarchical clustering encoding algorithm; machine learning; isolated forest; three dimensional visualization

基于二三维一体化实景测绘技术的智慧城市管理研究

陈学伟, 刘彦宗*

(嘉峪关金地国土规划勘测有限责任公司, 甘肃 嘉峪关 735100)

摘要:为提升智慧城市管理的精准性与效率,解决传统二维测绘技术在城市空间表达上的局限性,研究聚焦二三维一体化实景测绘技术,提出了利用多源数据采集、三维建模以及二三维数据融合技术,构建高精度、真实感强的三维实景模型,以解决多源数据深度融合的智能化程度不足,大规模场景下的实时性挑战等弊端,同时验证其在基础设施管理、城市规划、交通管理及应急响应中的应用模式与成效,并对该技术的现状问题及发展趋势进行了剖析,以期提升城市管理的可视化、智能化水平,推进智慧城市的高质量发展。

关键词:二三维一体化;实景测绘技术;智慧城市;城市管理

中图分类号:P208 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2025)10-0116-7

0 引言

随着信息技术的飞速发展,二三维一体化测绘技术与智慧城市管理成为当前研究的热点。在二三维一体化测绘技术方面,国外起步较早,部分发达国家已在多源数据融合、高精度建模等方面取得显著成果,国内近年来也加大了研发力度,在数据采集设备和处理软件上不断创新,逐步缩小与国外的差距^[1]。在智慧城市管理领域,国外一些城市已构建起较为完善的管理体系,利用二三维一体化测绘技术实现了城市设施的精准管理和实时监测,国内智慧城市建设蓬勃发展,众多城市积极探索适合自身的管理模式,但仍面临一些挑战。然而,当前研究存在明显不足,比如多源数据深度融合的智能化程度不足,难以自动识别和处理复杂数据,导致数据利用效率不高;大规模场景下的实时性挑战突出,数据处理和分析速度难以满足城市快速变化的需求。本文旨在针对这些问题,深入研究基于二三维一体化实景测绘技术的智慧城市管理,以为智慧城市建设提供更有效的技术支持和管理策略。

1 二三维一体化实景测绘技术核心原理

基金项目:甘肃省科学技术厅科技型中小企业技术创新基金(23CXGB0007)。

1.1 多源数据采集技术

多源数据采集是构建二三维一体化实景模型的基础,其核心在于通过不同设备与技术获取时空信息数据,并确保数据的高精度、真实感、实时性、强可分析性等^[2],当前主流采集技术包括摄影测量技术、LiDAR技术和UAV搭载传感器(混合)技术,各技术在数据获取精度、效率、成本和使用场景上存在差异(表1)。

(1)摄影测量技术。倾斜摄影与近景摄影测量基于光学成像原理,通过多视角影像解算获取地物三维信息,倾斜摄影利用无人机搭载多镜头(1个垂直、4个倾斜)从不同角度同步拍摄,经空中三角测量、密集匹配等算法构建实景三维模型^[3];近景摄影则使用单反或专业相机对目标近距离拍摄,基于立体像对解析实现高精度建模,该技术依赖可见光成像,数据获取成本低、效率高,但易受光照、天气影响,复杂场景下纹理匹配精度不足^[4]。

(2)LiDAR技术。LiDAR技术通过发射激

表 1 主流多源数据采集技术的差异

技术类型	精度	效率	成本	使用场景
摄影测量 (倾斜/近景)	中高(厘米级)	高(大面积 快速采集)	低(设备及人力 成本低)	城市三维建模、地形 测绘、大范围场景
LiDAR(机载)	高(分米至厘米级)	极高(大面积覆盖)	高(设备及数据 处理成本)	地形测绘、森林资源调查
LiDAR(车载)	中高(厘米级)	高(线性区域 快速采集)	高(设备集成度高)	道路设施普查、 城市部件采集
LiDAR(地面)	极高(毫米级)	低(单次扫描 范围小)	极高(设备及操作成本)	古建筑保护、小范围 精细化建模
UAV 搭载传感器 (混合)	高(按需配置)	中(受续航限制)	较高(设备集成与 数据处理)	复杂地形、应急监测、 高危区域

光脉冲并测量反射光的飞行时间 (ToF) 计算距离,结合角度编码器获取目标表面三维点云^[5]。机载 LiDAR 搭载于无人机或固定翼飞行器,可快速覆盖大面积区域,适用于城市地形测绘、森林资源调查;车载 LiDAR 集成于移动平台,在行进中采集道路及周边环境数据,常用于道路设施普查;地面 LiDAR 通过定点扫描获取高精度点云,适用于古建筑、地质灾害点的精细化建模。LiDAR 技术不受光照条件限制,但设备成本高,数据处理复杂度大。

(3) UAV 搭载传感器(混合)技术。该技术通过无人机平台集成激光雷达、高分辨率相机、热红外传感器等多种设备,实现多源数据同步采集。无人机灵活机动的特性使其可深入复杂地形或高危区域作业,结合激光雷达的穿透能力与相机的纹理捕捉优势,能获取高精度三维模型及丰富的地物信息^[6]。混合传感器配置可根据需求灵活调整,但设备集成与数据融合难度较高,续航能力限制作业时长。

1.2 三维建模技术

三维建模是将采集到的多源数据转化为三维模型的关键环节,涉及点云处理、曲面重建和纹理映射等多个步骤,常用的三维建模方法包括基于立体视觉的密集匹配算法、移动最小二乘法 (MLS) 曲面重建和泊松重建等。基于立体视觉的密集匹配算法以多视影像为输入,通过计算影像间的视差,生成密集点云,该方法首先利用特

征匹配算法获取稀疏同名点,然后通过区域增长、半全局匹配 (SGM) 等算法扩展到整个影像区域,生成稠密的视差图,再根据相机参数将视差转换为三维坐标,这种方法计算效率较高,适用于大场景建模,但对纹理特征不明显区域(如水面、白墙)的重建效果较差^[7]。移动最小二乘法 (MLS) 是一种常用的点云曲面重建方法,其核心思想是通过局部加权最小二乘法对每个点进行曲面拟合,从而得到整个点云的曲面表示,MLS 方法能够有效处理噪声点和不规则点云,生成光滑的曲面模型^[8]。泊松重建算法则基于隐式曲面表示,通过求解一个泊松方程来重建三维模型,该方法将点云数据看作是一个指示函数的采样,通过求解泊松方程:

$$\Delta^2 f = \rho \tag{1}$$

式中: f 为待求解的隐式函数, ρ 为根据点云数据计算得到的源函数,从而得到三维模型的表面,泊松重建能够自动处理孔洞,生成的模型具有较好的拓扑结构,适合于对模型细节要求较高的场景。

1.3 二三维数据融合技术

二三维数据融合的目标是将二维地理信息数据(如矢量地图、专题图层)与三维模型进行有机整合,实现空间信息的统一表达与协同分析,这一过程涉及坐标转换、几何配准和语义关联三个关键步骤^[9]。坐标转换是实现二三维数据空间基准统一的基础,常用的转换方法包括七

参数转换模型和四参数转换模型,七参数转换模型考虑了三个平移参数、三个旋转参数和一个尺度参数^[10],其转换公式为:

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta x_0 \\ \Delta y_0 \\ \Delta z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 + \varepsilon_x & \varepsilon_z & \varepsilon_y \\ \varepsilon_z & 1 + \varepsilon_y & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & \varepsilon_x & 1 + \varepsilon_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: ΔX 、 ΔY 、 ΔZ 为转换后的坐标增量; Δx_0 、 Δy_0 、 Δz_0 为平移参数; ε_x 、 ε_y 、 ε_z 为旋转参数,通过最小二乘法拟合已知控制点的坐标,可以求解出转换参数。

几何配准是将二维矢量数据与三维模型在空间位置上进行对齐的过程,常用的方法包括基于特征的配准和基于区域的配准,基于特征的配准方法首先提取二维矢量数据和三维模型的特征点(如角点、边缘点),然后通过特征匹配算法(如 RANSAC 算法)找到同名点,最后利用变换矩阵将二维数据与三维模型对齐,基于区域的配准方法则直接比较二维数据和三维模型的几何形状或纹理信息,通过优化相似度度量函数实现配准^[11]。

语义关联是实现二三维数据深度融合的关键,其目的是建立二维要素与三维模型之间的属性对应关系,这一过程通常借助本体模型(如 OWL)和空间拓扑关系实现^[12]。以某智慧城市交通管理场景为例,通过本体模型定义“道路—桥梁”“道路—交叉口”等语义关系,将二维矢量数据中的道路中心线、交叉口坐标与三维模型中的桥梁立体结构、交通信号灯等设施进行关联,同时将道路等级、限速等属性信息赋予三维模型对应要素,当发生交通事故时,系统可通过语义关联快速检索事故路段二维数据中的交通流量、周边道路等级等信息,并结合三维模型直观呈现事故现场地形、桥梁高度等空间特征,辅助管理者制定救援方案。此外,利用空间索引技术(如 R-TREE、KD-TREE)可以提高数据检索和关联的效率,为智慧城市管理提供更丰富、更准确的空间信息支持。

2 智慧城市管理中的应用

2.1 基础设施管理

二三维一体化实景测绘技术广泛应用于城市地下管网、桥梁隧道、市政设施等基础设施的全生命周期管理,通过整合高精度三维模型与二维属性数据,实现设施空间位置、结构特征及运行状态的精准感知与动态监测,有效解决传统管理中数据分散、可视化不足、维护效率低等问题^[13]。

以某市地下综合管廊智能化管理项目为例,传统二维图纸难以直观呈现管廊空间布局及内部设施关联关系,导致巡检效率低、故障定位难。项目团队采用二三维一体化实景测绘技术,利用地面激光扫描(TLS)对管廊内部进行毫米级精度点云数据采集,结合移动测量系统(MMS)获取管廊外部环境信息,构建高精度三维实景模型。同时,将管廊内电力、通信、给排水等管线的二维属性数据(管径、材质、使用年限等),通过本体模型(OWL)建立“管线—阀门”“管廊—支架”等语义关联,精准映射至三维模型对应位置。

项目实施后,管廊巡检时间由单次 4 小时缩短至 1.5 小时,故障定位精度从 50m 提升至 1m 以内,维修响应效率提高 60%,每年减少因管线故障导致的经济损失约 800 万元。通过二三维数据的深度融合与可视化管理,显著提升了城市地下基础设施的运维效率与安全保障能力。

2.2 城市规划

二三维一体化实景测绘技术在城市规划中的应用覆盖用地分析、建筑布局优化、市政设施规划、景观设计等多领域。通过整合二维矢量数据的属性信息与三维模型的空间形态,该技术为规划方案的科学性、可视化及公众参与提供了有力支撑,有效解决传统二维图纸难以直观展现空间关系、规划模拟分析不足等问题^[14]。

以某城市新区规划项目为例,传统二维规划图纸无法直观呈现复杂地形与建筑的空间关系,导致建筑采光不足、通风不畅等问题频发,规划