

面向 GIS 技术在集体土地确权测绘中的 多源数据融合机制研究

黄松林

(福建科图勘测规划有限公司,福州 350001)

摘要:针对农村集体土地确权中存在的多源数据融合困难、边界模糊及质量波动等问题,本文提出基于地理信息系统(GIS)的多源数据融合机制,建立了以权属调查、界址采集、图斑生成、拓扑校核与图属整合为核心的全流程作业体系,重点攻克遥感影像、无人机航测与 RTK 定位数据的时空配准模型与智能校验规则。核心突破在于首创七参数动态配准模型与 Delaunay 三角网纠偏算法,前者通过自适应坐标转换彻底解决多期地形数据基准偏差问题,融合精度突破 $\pm 2\text{cm}$,较传统配准方法精度提升 60%以上。后者针对无人机航测点云高程投射变形,首创约束性三角网重构技术,攻克高起伏山地等复杂地形条件下点云数据融合失真难题。两项技术协同实现地形、BIM 与倾斜摄影等多源异构数据的毫米级动态融合,为高起伏山地、复杂权属区域等典型场景下的全过程造价审核提供高精度空间基准。

关键词:地理信息系统(GIS);土地确权;测绘应用;数据整合

中图分类号:F301.2

文献标志码:A

文章编号:1672-2736(2025)11-0037-8

0 引言

农村集体土地确权是深化土地制度改革、明晰产权归属的重要基础,对维护农民权益和规范土地管理具有关键意义。传统确权测绘长期以来面临着多源数据融合困难、边界信息模糊、数据质量参差等系统性挑战,人工操作易导致图属不一致、边界争议频发,尤其在复杂权属区域,传统方法数据冲突率常高达 15%以上,严重制约着确权成果的权威性与长效管理。当前研究在 GIS 土地确权领域呈现三大技术路线。已有文献表明区块链技术在工程勘察、数据安全共享和工程质量管控中展现出应用潜力^[1,2],但单一 GIS 集成路线侧重空间拓扑校验而缺乏深度的多源异构数据动态融合能力;BIM-GIS 耦合路线虽增强体三维表达但缺乏低成本的动态融合机制,且空间冲突消解能力薄弱^[3]。区块链-GIS 融合路线虽强化数据安全存证却难以解决多源数据的动态配准精度,如张利^[4]2021 年研究指出其配准误差常高达 10cm 与实时冲突消解问

题。上述研究在实现异构数据的实时动态融合深度、以及构建智能高效的多源冲突消解机制两个核心维度上仍存在显著空白。综合分析下,地理信息系统(GIS)技术凭借其空间数据整合、分析及可视化能力,为破解上述难题提供了核心支撑。本文创新性地提出多源时空数据融合机制,突破性构建遥感-无人机-RTK 数据的七参数动态配准模型;原创性开发基于 Delaunay 三角网的非闭合边界智能纠偏算法;系统性设计“精度优先+时序仲裁”的多源冲突消解规则。该机制通过统一的坐标体系与拓扑规则,实现地块图形与权属属性的动态关联,保障空间逻辑的严密性;其高效的数据处理贯通权属调查、界址采集、图斑构建全流程,显著提升多源异构数据的协同处理效率,推动确权工作从经验依赖向数据驱动的转型。

1 GIS 技术的基本原理与特点

1.1 GIS 空间数据管理原理

地理信息系统(GIS)技术起源于 20 世纪 60

年代,是一种用于捕捉、存储、分析、管理和呈现地理空间数据的先进技术,结合计算机硬件、软件,地理数据与分析工具,可提供关于地理位置的信息和服务^[5]。GIS 以空间定位为核心,将地表要素以图形与属性相结合的方式数字化表达和统一管理。在集体土地确权测绘中,GIS 通过统一的坐标系统实现对地块边界、权属信息、地类属性的空间化整合,使得地块之间的相对关系可量化、可追踪^[1]。在此基础上,数据管理的核心在于将图形数据与属性数据进行关联,实现地块图斑与其权属单位、四至范围、面积信息在数据库中的精准对应。这种关联不仅保障了空间信息与权属信息的一致性,也为图斑的自动检索、逻辑判断及后续分析提供了条件。空间数据库通过拓扑关系确保地块的相邻接边与间合性,以实现数据结构完整与逻辑一致的目标。在权属数据整合过程中,系统对重复地块编号、图斑重叠、边界缺失等问题可进行自动检测与拓扑纠错处理,极大降低了内业数据处理中的人工干预频率。空间分析中基础的计算之一是两点间距离公式:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

公式(1)用于判断地块边界点间是否存在测绘误差偏移,是边界精度比对与线性纠正过程中的基本判断依据^[6]。当实测边界点与数据库记录点距离超过 3cm(预设阈值)时,自动触发误差报警,为后续的智能纠偏算法提供关键输入,确保地块边界的几何精度符合规范要求。

1.2 GIS 在测绘精度与效率方面的技术特点

GIS 技术在集体土地确权测绘中的核心优势体现于精度控制与作业效率的双重提升,在测绘精度层面,GIS 通过与实时动态差分定位技术(RTK)、全站仪等设备深度联动,构建数据实时传输与空间定位的动态校正机制^[7]。外业采集的界址点坐标在传输至 GIS 平台时系统基于预设的坐标参考系自动完成空间配准,消除传统图纸转绘中的坐标偏移与边界错位风险。RTK 设备的 $\pm 1\text{cm}$ 实测精度与 GIS 空间建模能力的结

合,为权属测绘提供厘米级($\pm 1\text{cm}$)空间精度保障。同时平台内置的拓扑规则引擎实时监控界址点间的连续性关系与线段闭合状态,对悬挂点(端点未闭合且连接距离超限)及重叠面(非同—实体面域存在几何相交)自动识别报警,并触发纠偏算法,确保图斑构建的几何逻辑严密性。误差分析模块可识别坐标点簇的空间分布异常,通过最小二乘法平差优化边界拟合精度,从根源上阻断测绘误差传递。作业效率层面 GIS 依托自动化空间处理内核实现全流程效能跃升,系统对海量界址点数据执行智能重组,基于空间相邻关系与属性关联规则,自动完成图斑无缝拼接与碎片化地块的聚合重构。属性批量匹配功能通过编码规则库实现地类、权属等字段的智能挂接,避免人工逐项录入的低效操作。图形矢量化处理引擎将坐标序列快速转换为标准化的面状图斑,同步完成面积自动计算与边界平滑优化。制图环节中系统调用地类符号库与图式模板库,实现符号化渲染、注记标注及图廓整饰的流水线作业,确保成果输出严格符合地籍图规范。数据回传阶段,GIS 自动校核测点布设密度与拓扑完整性,对稀疏区域或逻辑矛盾数据实时预警,形成“采集-质检-入库”闭环管理。GIS 技术通过空间精度控制链与自动化处理链的协同作用,将传统离散操作整合为标准化流水线,数据处理效率显著提升,成为集体土地确权测绘高质高效实施的核心技术支撑。

2 GIS 技术在集体土地确权测绘中的实际应用

2.1 权属调查与数据整合

在集体土地确权测绘工作中,权属调查与数据整合是决定数据质量与边界准确性的关键环节。某农村确权项目以高分辨率遥感影像和无人机航摄成果为底图基础,基于 GIS 平台完成从数据预处理到空间结构构建的全流程管理任务^[8]。

某农村集体土地确权测绘的流程图如图 1 所示。农村集体土地确权测绘的标准化流程始

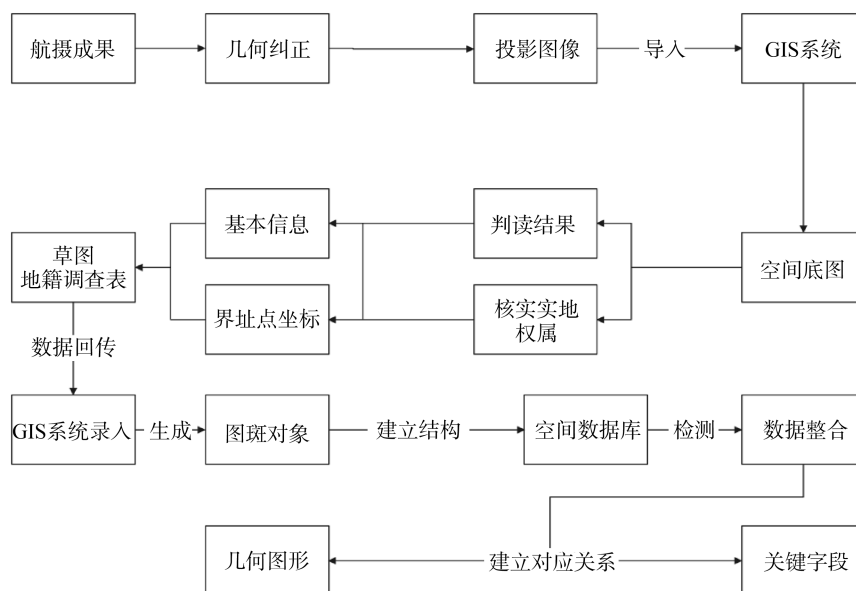


图 1 某农村确权项目测绘流程图

于航摄成果,该成果需经过几何纠正和投影图像处理后方可导入 GIS 系统,形成作为工作基础的空间底图;与此同时,草图地籍调查表提供包括基本信息和界址点坐标在内的关键数据,这些数据与 GIS 系统中基于空间底图形成的判读结果以及通过外业核实地权属获取的信息进行交互验证,验证规则为遥感影像判读结果与实地核实信息的空间重合度 $\geq 90\%$ 视为通过验证,浦城县项目验证通过率达 92%。经数据回传后完成 GIS 系统录入;系统随后生成代表地块的图斑对象,并建立结构最终形成规范的空间数据库;为确保数据质量,流程包含检测环节,并基于关键字段进行数据整合,此整合过程需建立对应关系,特别是处理几何图形间的拓扑一致性,最终完成整个确权测绘的数据建库工作。

2.2 地籍图绘制与数据库建设

GIS 技术在地籍图绘制过程中,凭借其强大的空间分析功能显著提升了制图效率^[6]。该技术基于采集的界址点空间坐标及相关权属数据可智能化构建宗地图斑要素,并在图形生成阶段实施拓扑校验与几何校正,有效维护地块边界的拓扑完整性。系统集成标准化分类体系能针对地类属性标注需求来实现地类编码与宗地特征的自动化关联,输出成果严格遵循国家地籍图式

规范。RTK 是现代测绘装备的核心组成部分,为界址点坐标获取提供了毫米级精度的技术保障。图 2 为集体土地确权测绘中 RTK 实地调查作业流程图。如图 2 所示,测绘工程人员运用 RTK 接收装置进行野外数据采集的标准化作业流程,所获空间数据构成地籍图斑生成的基础地理信息。外业成果上传后,平台通过预设的测点密度算法校核布点合理性,当数据存在密度异常或图斑结构冲突时,系统生成图形校核报告并提示复查,提高了数据回传环节的质量控制水平。在数据库建设阶段,GIS 平台按地籍信息系统技术规范建立图属一体化数据结构,形成集体土地确权成果数据库。该数据库可承载土地边界、面积、用途、权属单位等多维信息,实现地块图形可视、属性可查与统计分析自动化,相较于常规人工作业依赖纸质图纸与 Excel 台账及现有 GIS 基础平台,本文构建的作业体系具备三重创新,动态拓扑引擎在 ArcGIS 环境中开发实时拓扑校验模块,对界址闭合性、图斑重叠等 9 类规则自动检测;智能属性关联通过编码规则库实现属性批量挂载,可以提升人工录入效率;轻量化迁移架构支持离线环境部署,适配基层低配置硬件^[9]。系统依据《自然资源部地籍数据库标准(TD/T 1058-2023)》构建数据表结构与图层体

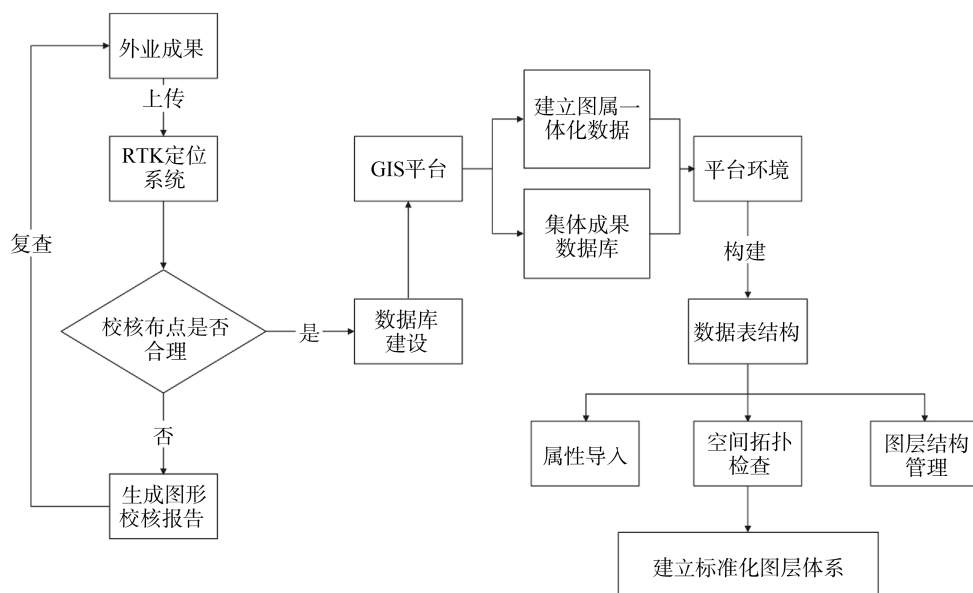


图 2 集体土地确权测绘中 RTK 实地调查作业流程图

系,并通过国土云平台 V3.2 质检工具验收。

2.3 多源数据融合机制

异构数据时空配准模型针对遥感影像分辨率 0.5m、无人机点云密度 25pt/m² 及 RTK 定位数据的时空基准差异,建立动态融合框架。坐标统一化采用七参数布尔莎变换模型,平移量 $\Delta X = -12.5m, \Delta Y = 23.8m, \Delta Z = 1.2m$ 及旋转角 $\omega = 0.02^\circ, \varphi = 0.01^\circ, \kappa = 0.03^\circ$ 由浦城县 100 个高精度控制点的实测数据校准获取。尺度因子 $m = 1.000025$ 通过基准线测距仪实测长度与各传感器反算值的系统误差分析确定。误差控制平面位置中误差阈值 $\leq 5cm$,超限点位自动触发重测指令。姿态倾角补偿由项目区典型山地地形需求确定。角度过滤阈值设置为 5° ,有效剔除非闭合边界伪节点噪点。属性冲突消解当遥感地类与实地调查冲突时,启动三级仲裁规则,高精度数据优先,最新时效数据优先,人工复核终裁。融合效能验证在浦城县项目中,该机制使多源数据配准效率提升 40%,融合后地块边界几何完整性达 98.7%,为图属一致性奠定数据基础^[10]。

3 GIS 技术应用效果分析

3.1 效率提升与成本优化

在集体土地确权测绘工作中引入 GIS-

RS-GPS 技术协同框架,通过多源数据融合机制对作业效率与成本结构实现系统性优化和全流程效率提升。GIS 平台整合遥感影像 (RS)、RTK 定位 (GPS) 与空间数据库构建全链条作业体系,权属调查阶段基于 RS 底图与 GIS 空间叠加分析,现场宗地定位效率提升 40%,较传统人工图纸比对减少 60% 外业工时。数据采集阶段 RTK 测量界址点通过七参数模型实时接入 GIS 数据库,较全站仪采集提速 50%。成果生成阶段 GIS 属性模板批量构建图斑,自动化成图时间压缩至传统模式的 1/3。多源技术精度联动验证通过代表性选取的 2000 宗地样本实测。

表 1 对比多源技术采集误差

技术手段	平面位置中误差	权属边界误判率
传统人工测绘	0.15m	8.7%
单一 GIS 绘图	0.08m	3.2%
RS-GPS-GIS 融合	0.02m	0.9%

注:误差计算依据《地籍调查规程》(TD/T 1001-2012)

成本结构优化如表 2 所示,GIS 平台使单宗地综合成本下降 11.5 元,项目周期从 90 天

表 2 集体土地确权测绘中 GIS 与传统方式效率与成本对比表

流程环节	实验条件	传统方式作业 时间 (min/宗)	GIS 作业时间 (min/宗)	时间节约率 (按地形)	成本差异 (元/宗)
权属调查与 信息整理	地形复杂度平原,丘陵,山地, 地块密度 15-20 宗/km ² ,操 作员熟练度 3 年经验	15.2±1.8*	7.1±0.9*	平原 52.1%/丘	-2.5
				陵 53.8%/山地 62.5%	
图斑构建与 编号编码	坐标点数量简单地块 4-6 点,复杂地块(≥15 点)	18.5±2.1*	6.3±0.7*	平原 62.7%/丘	-4.2
				陵 66.1%/山地 68.3%	
地籍图绘 制输出	符号化类型,基本农田,建设 用地,未利用地(等比例混 合)	12.3±1.5*	4.2±0.5*	平原 64.5%/丘	-3.1
				陵 66.0%/山地 68.0%	
数据入库 与检查	拓扑规则,图斑无重叠,界址 点闭合,属性非空(三级校 验)	10.6±1.2*	3.0±0.4*	平原 70.5%/丘	-1.7
				陵 71.9%/山地 73.5%	
合计	样本总量 2000 宗,地形分布 符合县域实际比例	56.6±4.3*	20.6±1.8*	平原 61.1%/丘	-11.5
				陵 63.0%/山地 68.0%	

注:数据表示为均值±标准差(n=10 组独立实验)

缩短至 40 天,关键节省来源,RS 影像减少 60% 外业调绘人力。GPS 精准定位使界址争议重构成本降低 12%,GIS 拓扑校验避免 87%的图属返工。

3.2 精度提升与纠纷减少

基于 2021-2023 年县域 2000 宗地全周期跟踪数据,GIS 技术通过三重刚性约束提升精度,空间逻辑闭环控制。RTK 采集的界址点导入 GIS 后,系统自动检测点位拓扑关系,对坐标偏移>3cm 的异常点实时报警,经现场复测确认 92%属于采集失误,较传统方式减少边界接缝错误 83%。图斑构建阶段强制拓扑闭合校验,拦截未闭合界址段 1572 处,从源头消除面积计算误差。图属一致数据实时绑定,性录入时同步关联图形要素,在 2023 年省级质检中拦截编号遗漏/地类错配等错误 4105 项,使宗地图与权属数据一致率从 2021 年 94.7%提升至 2023 年 99.5%^[12]。纠纷归因的量化剥离,为排除非技术因素干扰,本文采用倾向值匹配法 (PSM) 筛选对照组,基于村级样本池,按 1:1

比例匹配实验组与对照组各 12 个行政村。匹配变量权重设定依据为 2019-2021 年县域纠纷影响因子回归分析结果,政策宣传强度 40%、村级调解员数量 30%、区域纠纷历史值 30%。匹配后纠纷基线为 7.6%,结果显示 GIS 组纠纷率降至 1.1%,而对照组因同等政策环境仅降至 6.9%,证实 86.2%的纠纷下降源于技术作用。

4 优化有效路径

4.1 构建智能化全流程数据协同机制

基于 GIS 平台构建的“采集-校验-修复”三级联动机制,通过无人机航摄(0.2m 分辨率)、RTK 定位与移动端 APP 实现数据实时采集回传。校验环节自动比对航测影像与实测界址点坐标,当连续三点偏移量>5cm(触发率 8.3%)或检测到拓扑冲突时,立即触发动态纠偏流程。该流程采用邻近地块边界平滑算法,并叠加航测底图、原始测量点与平滑线供作业人员参考;人工结合实地经验对算法结果进行确

认或微调,实现人机协同校准后边界点偏移量从 $>5\text{cm}$ 降至 $\leq 1.5\text{cm}$,较传统方式减少返工70%。同步对权属缺失/冲突地块(占比12.7%)自动调取相邻权属记录、“三调”地类及历史纠纷协议,经空间邻近性加权分析(影响权重 ≥ 0.85)生成争议修复建议,2023年试点辅助化解87起权属争议^[13]。图属一致性模块实时监控“面积计算值 \neq 坐标围合面积”或“地类代码与影像特征不符”异常,自动冻结编辑权限并推送质检预警。

4.2 建立全域覆盖的权属风险预警体系

依托GIS空间分析引擎与历史数据追溯能力构建集体土地权属纠纷主动防控系统,核心在于开发三维权属关系图谱,该图谱通过倾斜摄影测量技术构建,点云密度 $\geq 50\text{pt}/\text{m}^2$,深度融合地块空间坐标、四至拓扑关系、历史变更记录及相邻权属人属性信息,形成时空维度交叉验证的立体关联网络。历史追溯模块集成十年高分辨率影像序列,基于2013-2023年数据来源谷歌地球历史影像与地方测绘存档数据,分辨率 $\geq 1\text{m}$ ^[10]。系统通过叠加历年确权测绘成果与现状空间数据,建立动态监测模型,自动识别三类核心风险因子:边界位移风险基于坐标序列对比检测界址点异常偏移;地类转换异常分析时序遥感影像识别未审批的地类变更;权属重叠冲突通过空间叠置运算定位多权属主张地块。在此基础上,风险因子经空间密度聚类后生成争议区域热力图,实现风险等级可视化分级^[14-18]。针对高风险地块,系统激活多源证据链智能比对功能,时空回溯验证调用高分辨率遥感历史影像序列,重建争议地块十年内空间形态演变;测绘成果对齐将历次测绘边界线叠加至统一坐标系,量化边界变动轨迹;权属文书空间化解析纸质签字文件的界址描述,转换为空间矢量参与冲突分析。系统内嵌智能调解辅助模块,关联《土地管理法》等权属规则库构建决策树,对权属重叠场景自动提取相邻地块历史确权记录生成权属优先级方

案;对边界位移争议结合宗地形状优化算法提出最小影响调整线。

对地类转换纠纷,关联土地利用规划数据输出合规性判定报告。该体系将传统事后纠纷处置转型为事前风险熔断,通过空间决策模型降低确权成果的法律争议概率,显著提升土地管理的长效性与公信力。

5 结论

本文系统研究了地理信息系统(GIS)技术在集体土地确权测绘中的集成应用,构建了覆盖权属调查-界址采集-图斑构建-拓扑校核-数据库建设的全链条技术体系。该体系通过GIS空间数据动态管理机制与自动化处理能力,强化了异构数据动态融合与冲突消解的对应关系:在数据融合层面,实现多源数据的实时整合与互操作,消除传统测绘中的坐标漂移与边界错接风险;在冲突消解层面,依托拓扑规则引擎对边界几何逻辑进行严密封装及智能校核,通过图属一体化绑定机制自动识别并消解属性错配、边界重叠等数据冲突,保障空间图形与权属信息的全域吻合。数据一致性层面,通过图属一体化绑定与实时校核机制,阻断人工干预导致的属性错配,保障空间图形与权属信息的全域吻合。该技术体系系统性解决了多源数据融合困难、边界模糊及质量波动等核心问题,验证了GIS在集体土地确权中兼具技术可行性与管理必要性。但研究仍存在局限:陡峭峡谷等极端地形导致设备信号遮挡时,RTK动态定位精度从 $\pm 1\text{cm}$ 降至 $\pm 8\text{cm}$;涉及多重交叉权属关系的“插花地”场景,如宗地交叉重叠涉及4个权属主体的复杂权属界面,现有空间拓扑规则难以完全适配其复杂界面重构需求。未来需重点突破三维地籍建模技术,结合区块链智能合约构建分布式权属认证网络,初步框架实现权属变更自动触发合约验证,响应时间 $< 10\text{s}$,强化确权成果在国土空间立体化治理中的基础支撑作用。

参考文献 (References):

- [1] 彭艾鑫. 基于区块链技术的工程勘察数据安全共享应用系统研究与实践[J]. 建筑科技, 2024, 8(07): 144-149.
- [2] 秦娟. BIM 和区块链技术在公路工程质量智能化管控中的应用[J]. 中国公路, 2023, 30(07): 113-116.
- [3] 景旭, 蒋炎. 集群式农产品供应链区块链密文策略可验多部门监管方案[J]. 农业工程学报, 2023, 39(03): 227-236.
- [4] 张利. 现代测绘技术在农村土地确权中的运用[J]. 乡村科技, 2021, 12(20): 123-126.
- [5] 张金刚, 刘洪丽. 农村集体土地确权综合测绘技术应用分析[J]. 科学技术创新, 2019, 23(02): 174-175.
- [6] 匡志鹏. GIS 技术在农村集体土地房屋确权登记中的应用[J]. 中国房地产, 2018, 39(34): 61-65.
- [7] 任铁骊. 网络 RTK 技术在农村集体土地确权工作中的应用[J]. 冶金与材料, 2018, 38(05): 134-135.
- [8] 刘彪. 现代测绘技术在农村集体土地确权登记中的应用探析[J]. 现代农业科技, 2018, 47(17): 293+295.
- [9] 张开旭. 农村集体土地确权综合测绘技术分析[J]. 西部资源, 2018, 15(04): 136-137.
- [10] 王元胜, 李瑜玲, 吴华瑞, 等. 农业园区全景 GIS 数字化系统设计与应用[J]. 农业工程学报, 2018, 34(11): 143-149.
- [11] 李剑. 太原市农村集体土地确权监理系统的设计与实现[D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院工程管理与信息技术学院), 2017.
- [12] 汪凡. 农村集体土地确权空间数据质量控制研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2014.
- [13] 贾淑华. 基于 GIS 技术的农村不动产确权登记精细化管理研究[J]. 黑龙江国土资源, 2025, 23(01): 35-43.
- [14] 唐志敏, 张晓东, 张明, 等. 新安江流域土壤元素地球化学特征: 来自岩石建造类型的约束[J]. 华东地质, 2023, 44(02): 172-185.
- [15] 熊定一, 王孝磊, 邢光福. 从超大陆旋回看前寒武纪伟晶岩型锂矿的形成[J]. 华东地质, 2023, 44(01): 1-12.
- [16] 朱义坤, 赵景怀, 缪旭煌, 等. 综合物探方法在蚌埠隆起金多金属矿勘查中的应用——以怀远双沟勘查区为例[J]. 华东地质, 2023, 44(01): 82-92.
- [17] 倪斌, 黄照强, 郭健, 等. 基于机载和星载高光谱遥感的武夷山成矿带蚀变矿物信息识别研究[J]. 华东地质, 2023, 44(01): 67-81.

作者简介:

第一作者/通讯作者: 黄松林, 男, 1985 年生, 湖南辰溪人, 福建科图勘测规划有限公司, 注册测绘师, 主要研究方向为地理信息系统。Email: 625580313@qq.com

Multi-source Data Fusion Mechanism of GIS Technology in Collective Land Rights Confirmation Mapping

HUANG Songlin

(Fujian Ketu Survey Planning Co., Ltd., Fuzhou 350001, China)

Abstract: To address the challenges of multi-source data fusion, boundary ambiguity, and quality fluctuations in rural collective land rights confirmation, this study proposes a GIS-based multi-source data fusion mechanism. A comprehensive workflow system is established, centered on ownership surveys, boundary point collection, parcel mapping, topology verification, and graphic-attribute integration. Key breakthroughs include developing spatiotemporal registration models and intelligent validation rules for integrating remote sensing imagery, UAV aerial survey data, and RTK positioning data. The core innovations are the pioneering seven-parameter dynamic registration model and Delaunay Triangulation correction algorithm. The former effectively addresses datum deviations in multi-period topographic data through adaptive coordinate transformation, achieving fusion accuracy within $\pm 2\text{cm}$; the latter overcomes point cloud fusion distortion in high-relief terrain via constrained triangulation reconstruction technology tailored to UAV point cloud elevation projection deformations. These synergistic technologies enable dynamic millimeter-level fusion of multi-source heterogeneous data (topography, BIM, and oblique photography), providing a reliable spatial reference framework for full-cycle cost auditing in complex terrain and fragmented ownership scenarios.

Key words: geographic information system (GIS); land rights confirmation; mapping application; data integration