

基于RTK无人机点云数据的草原违法占用边界自动提取方法

尤琦

内蒙古自治区林业和草原监测规划院

DOI:10.32629/as.v9i2.3723

[摘要] 草原身为我国关键生态屏障同畜牧业生产场地,近年遭人类活动作用,违法占用情形屡次发生,严重毁坏草原生态均衡与资源可延续运用状况。本文结合基层草原监管现实场景,绕开繁杂理论和多余数据内容,将焦点置于方法实用属性和可操作属性方面,深入探究基于RTK无人机点云数据的草原违法占用界限自动提取途径,借助数据预先处理、地面点过滤操作、违法区域辨别工作、界限提取及优化四个核心环节,搭建一套贴合实际、容易落地、精度具备可靠性的自动提取流程体系,处理基层监管当中“寻找精准、描绘清晰、效率较高”的核心需要,给草原违法占用行为的迅速查办、精确管控提供技术方面的支撑力量,推动草原生态保护及监管效能的提升进程。

[关键词] RTK无人机; 点云数据; 草原违法占用; 边界自动提取; 基层监管

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Automatic Extraction Method of Illegal Occupation Boundary of Grassland Based on Point Cloud Data of RTK UAVs

Qi You

Inner Mongolia Forestry and Grassland Monitoring and Planning Institute

[Abstract] As a critical ecological barrier and livestock production base in China, grasslands have suffered repeated illegal encroachments in recent years due to human activities, severely disrupting ecological balance and sustainable resource utilization. This study, grounded in grassroots grassland supervision practices, focuses on practical and operational methodologies rather than complex theories or redundant data. It explores an automated boundary extraction approach for illegal grassland occupation using RTK drone point cloud data. Through four core stages—data preprocessing, ground point filtering, illegal area identification, and boundary extraction optimization—the research establishes a practical, implementable, and reliable automated system. This framework addresses the core challenges of grassroots supervision: "precise detection, clear delineation, and high efficiency," providing technical support for rapid investigation and accurate management of illegal encroachments. Ultimately, it advances grassland ecological protection and regulatory effectiveness.

[Key words] RTK UAV; point cloud data; illegal occupation of grassland; automatic boundary extraction; grassroots supervision

引言

草原是我国陆地生态系统的重要构成单元,同时具备生态、经济以及社会多重价值,在维持水土、涵养水源、调节气候、维护生物多样性等方面发挥不可替代的功能^[1]。鉴于此,本文立足于基层草原监管实际存在的痛点问题,深入研究RTK无人机点云数据在草原违法占用界限自动提取领域的应用情况,舍弃繁杂的算法推导过程和多余数据信息,着重对方法的实用性和可操作性进行优化,构建一套贴合实际、便于实施的自动提取方法体系,解决传统方式存在的不足,为基层草原违法监管工作提供简单、高效、精准的技术解决方案。

1 RTK无人机点云数据的核心优势及应用适配性

1.1 核心优势

与传统测绘数据以及普通无人机影像相比,RTK无人机点云数据的优势主要体现在三个维度,契合基层监管现实需要。其一为定位精度较高,RTK技术能够实现厘米级定位,搭配激光雷达传感器获取的点云数据,能够精确捕捉草原地表细微变化,不管是小型违法建筑的地基部分,还是车辆碾压形成的痕迹,均能清晰还原,避免传统GPS定位误差大、界限划分模糊的问题^[2]。其二为获取效率较高,RTK无人机能够自主规划飞行路线轨迹,无需人工全程跟随操作,一日可完成数十平方公里范围的草原数

据采集工作, 相较人工徒步巡查方式, 效率提升数十倍数, 尤其适用于大范围草原区域的违法排查任务。三是具备强大的适应性, 不依赖草原地形和植被覆盖度条件, 不管是地势平缓的草原地带、起伏的丘陵草原区域, 还是中低度植被覆盖的区域, 均能穿透植被空隙, 获取地表真实的三维信息, 有效破解传统影像资料难以穿透植被屏障、无法辨认地下空间或植被覆盖下违法痕迹的难题。

1.2 应用适配性

草原范围的违法占用行为具体划分为两种类型, 一种是呈现显性特征的违法行为, 如违规建造房屋、挖掘沙土开采石料、修筑通行道路等活动, 会使地表形态发生改变, 形成显著的地物边界; 另一种是具有隐性特征的违法行为, 如未经批准进行开垦作业、过度实施碾压操作等, 虽然不会形成高大的建筑物, 但会造成地表高程、倾斜坡度产生细微变化, 与周边正常的草原区域形成差异。RTK无人机生成的点云数据资料, 能够精确地捕捉到这些显性和隐性的变化现象, 能完美适配草原违法占用边界提取的需求。与此同时, 基层草原监管人员大多不具备复杂的专业测绘知识体系, RTK无人机操作流程简便, 可对数据处理流程进行简化优化, 提取方法不需要复杂的参数设置, 能适配基层人员的操作水平, 能够快速推广应用, 切实实现“借助科技力量赋能基层监管工作”的目标^[3]。

2 草原违法占用边界自动提取方法设计

2.1 数据预处理

数据预处理是保障边界提取精度的基础, 核心目的是剔除冗余无效数据、修正数据误差, 保证点云数据的完整性和准确性。该步骤简化了传统预处理流程中的复杂计算, 与基层实际操作需求相贴合。首先开展点云去除噪声的处理工作, RTK无人机获取的点云数据中, 会混入少量噪声点, 这些噪声点主要来源于飞行过程中的气流干扰、激光雷达传感器的测量误差以及空中飞鸟、尘埃颗粒等干扰因素, 这些噪声点会对后续边界识别精度产生影响^[4]。本文选用简单高效的统计滤波方法, 通过计算每个数据点周边一定范围内的邻居点距离数值, 剔除掉距离超出合理范围区间的噪声点个体, 操作过程具备简便特性, 不需要进行复杂的参数调试工作, 基层工作人员可以快速掌握相关操作技能。其次实施点云配准处理作业, 当草原区域的范围较为广阔, 单次飞行活动无法完成数据采集任务时, 需要分多次开展飞行作业以获取点云数据信息, 在这种情况下需要将多组点云数据拼合连接成完整的区域点云结构。采用以RTK定位信息为基础的配准方法形式, 利用无人机飞行过程中记录留存的厘米级定位数据资料, 自动完成多组点云数据的拼接工作流程, 不需要人工进行手动配准操作, 减少人为因素导致的误差问题, 提升处理工作的效率水平。最后开展点云简化处理任务, 由于RTK无人机获取得到的点云数据密度较大, 数据总量较为庞大, 会增加后续处理工作的时间成本消耗, 通过运用体素格网简化方法, 在不影响数据精准程度的前提下, 减少点云数据的数量规模, 简化数据处理的操作流程, 缩短处理工作的时间长度, 对基层监管工作

的快速响应需求形成适配状态。

2.2 地面点滤波

地面点滤波操作的核心目标是点云数据中地面点与非地面点的分隔, 其中地面点和草原地表形成对应关系, 非地面点则关联着违法建筑物、树木、石块等具有干扰性的地物, 该环节是辨别正常草原区域和违法占用区域的关键。传统滤波方法复杂烦琐, 参数设置冗杂。本文结合草原地表的具体特征, 对渐进形态学滤波法进行优化, 简化参数设置, 以提升滤波效率和准确性。该方法的核心思想是, 通过合理设置滤波窗口和高度阈值, 分阶段消除点云数据中的非地面点, 保留地面点^[5]。鉴于草原地表呈现整体平缓态势, 局部区域存在细微起伏情况, 对滤波窗口大小开展合理设置工作, 防止出现窗口过大致使地面点产生丢失问题, 或是窗口过小而无法有效清除非地面点的现象。同时, 结合草原植被覆盖的特征情况, 对合适的高度阈值加以设定, 完成草原植被点和违法建筑物等非地面点的区分任务, 在实现树木、灌丛等干扰点清除的同时, 能够对草原地表的细微起伏信息进行留存, 从而为后续违法区域的识别工作提供有力支撑。滤波操作完成之后, 能够获取草原地表的地面点云数据, 对地表的高程、坡度等三维信息进行清晰展现。

2.3 违法区域识别

违法区域识别工作属于提取边界操作的核心环节, 其核心构思是通过对地面点云的高程、坡度等特征开展对比分析, 找出和周边正常草原区域存在显著差异的区域, 将其确定为疑似违法占用区域, 该环节不需要人工进行逐点识别操作, 能够实现自动识别功能, 极大地提高工作效率水平。首先, 开展正常草原特征模型的构建工作, 挑选该区域内不存在违法占用情况、植被覆盖状态均匀、地表呈现平缓特征的区域作为样本区域, 对样本区域地面点云的高程均值、坡度均值等特征参数进行提取操作, 将其作为判断正常草原的标准依据。其次, 针对滤波后的地面点云实施特征提取工作, 逐点计算每个位置的高程、坡度数值, 与样本区域的特征参数进行对比分析, 找出特征参数超出合理范围的区域, 将其确定为疑似违法占用区域。对于显性违法区域, 例如违规建房、挖沙采石等情形, 其高程、坡度状况与周边正常草原区域存在明显差异, 能够实现快速准确地识别效果; 对于隐性违法区域, 例如非法开垦、过度碾压等情况, 其高程、坡度虽然变化较为细微, 但通过与样本区域参数进行对比, 同样能够实现准确识别, 避免出现隐性违法行为的遗漏问题。最后, 开展疑似区域的筛选工作, 剔除由于地形自然变化、局部植被稀疏等原因导致的误识别区域, 结合基层监管工作的经验情况, 设定较为简单的筛选条件, 不需要借助复杂的算法程序, 基层工作人员可以依据实际情况进行灵活调整, 保障违法区域识别工作的准确性程度。

2.4 边界提取与优化

边界提取及形态优化作为获取精确违法占据范围的核心环节, 根本目标系对违法地域的轮廓边缘实施提取操作, 并针对边缘的平滑程度与完整属性开展优化作业, 力求达成边缘线明晰可

辨、精准无误的状态,契合基层监管场景下“描绘清晰、可重复利用”的实际诉求。初始阶段,开展边线初步萃取工作,运用区域蔓延算法模型,将疑似违法区域内部的坐标点设定为种子基点,以渐进方式进行拓展生长,对邻近的违法区域坐标点实施连接操作,从而构建起初始形态的违法区域边线结构,该算法具备操作流程简洁的特性,能够在短时间内完成边线轮廓的提取任务,无需进行复杂烦琐的参数配置作业。中间阶段,实施边线平滑优化举措,经初步提取的边线可能存在锯齿状凸起、线条不连续等状况,对边线的精确程度与视觉识别效果产生不良影响,采用多项式曲线拟合技术手段,针对初步形成的边线开展平滑处理工序,消除锯齿状的突出部分,填补边线存在的断裂节点,促使边线呈现更加平滑顺畅、连续完整的形态特征。最终阶段,开展边线验证与修正工作,借助无人机实地拍摄获取的影像数据资料,由基层监管工作人员实施简易的人工验证程序,针对提取结果存在偏差的边线部分,进行手动细微调整操作,修正边线位置的误差值,确保边线形态与实际违法占据区域实现完全吻合的状态。此环节有机融合了自动化提取技术与人工微调机制,既能够保障提取作业的效率水平,又可以确保边线的精度标准,与基层监管工作的实际操作流程形成良好的适配关系。

3 方法应用优势与基层适配性分析

3.1 应用优势

从数据采集环节至边线提取环节的全流程作业过程中,自动化实现程度处于较高水平,能够大幅削减人工干预的频率与强度,单日作业量可达成对大范围草原区域违法边线的提取任务,相较于传统人工操作方法,作业效率获得显著提升,能够对基层监管工作的紧急需求作出快速响应。借助RTK无人机设备所具备的厘米级定位精度性能以及点云数据的三维空间特征优势,能够对显性与隐性违法占据行为实施精准化识别操作,边线提取的精度指标能够满足基层监管工作中违法查处环节的实际需求,有效避免因边线界定模糊而引发执法争议的情况发生。在成本控制方面具备显著优势,无需投入大量的人力资源,仅需一台RTK无人机设备即可完成数据采集任务,数据处理流程得到简化优化,无需依赖复杂专业的软件系统与硬件设备,从而降低基层监管工作在人力与物力方面的成本支出,与基层草原监管部门的经费预算状况形成良好的适配性。

3.2 基层适配性

基层草原监管工作的核心需求可概括为“操作简易、运行高效、结果精准”三大要素,本文所阐述的方法论完全契合上述需求特征。其一,在操作便捷性方面,无人机飞行作业、数据处

理分析、边线提取操作等各个环节均进行了简化优化设计,无需掌握复杂专业的知识体系与操作技能,基层监管工作人员只需经过简易的培训流程,即可熟练掌握操作要点,无需依赖专业测绘技术人员的支持。其二,在设备配置要求方面,数据处理工作可在普通性能的电脑设备上完成,无需配备高性能服务器系统以及复杂专业的软件程序,有效降低了方法推广应用的技术门槛。其三,所提取的边线具备清晰明确、精准可靠的特点,可直接应用于违法案件查处、监管档案留存、后续动态监管等实际工作场景,能够切实解决基层监管工作中“目标定位不准、轮廓描绘不清、作业效率低下”的突出问题,充分发挥科技手段对监管工作的赋能作用,助力基层草原监管工作效能实现实质性提升。

4 结论

本文立足基层草原监管现实状况,深刻探究基于RTK无人机点云数据的草原违法占据边界自动提取办法,舍弃繁杂的理论推演和多余数据,聚焦办法的实用性与可操作性,凭借数据预先处置、地面点过滤、违法区域辨认、边界提取与优化四个关键环节,搭建一套接地气、容易落地、精度可信赖的自动提取流程。该办法有效填补传统提取办法效率低下、精度欠缺、适应性薄弱的短处,能够迅速、精确地提取草原违法占据边界,匹配基层监管人员的操作水准和工作需要,可有效提高草原违法监管的效率与精度,为草原违法占据行为的迅速查办、精确管控给予技术支持,助力草原生态保护和资源可持续运用。

[参考文献]

- [1] 闫野. 无人机LiDAR点云数据在铁路轨道平顺性智能诊断中的应用[J]. 无线互联科技, 2025, 22(24): 5-9.
- [2] 李春晓. 无人机复合巡检场景下输电线点云数据处理与优化研究[J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(34): 99-101+107.
- [3] 刘冰山, 王利, 舒宝, 等. 基于无人机激光点云数据与多准则决策方法的GNSS监测站智能化选址方法[J]. 测绘工程, 2025, 34(06): 18-26+39.
- [4] 王茜, 刘扬, 方登茂, 等. 基于多光谱遥感的无人机测绘点云数据偏移校正研究[J]. 电子制作, 2025, 33(15): 113-116.
- [5] 袁梓威. 基于无人机点云数据的超高压输电线路运检管理探讨[J]. 产业创新研究, 2025, (14): 81-83.

作者简介:

尤琦(1968-),男,汉族,江苏省扬州市人,大学,高级畜牧师,研究方向:草原。