

Analysis on the evidential efficiency of multi-source surveying and mapping data in natural resources law enforcement

Dadao Yang

Hebei Third Surveying and Mapping Institute, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

With the continuous advancement of digitalization and intelligentization in natural resource management, law enforcement evidence collection models utilizing multi-source geospatial data are gradually replacing traditional methods that rely on single-source mapping technologies or specific data types. This has become a core technological pathway to enhance law enforcement precision and ensure integrity of evidence chains. The paper proposes establishing unified technical standards, improving legal frameworks, creating cross-departmental data sharing platforms, and promoting deep integration of artificial intelligence with automated processing in multi-source geospatial evidence collection. These measures aim to achieve comprehensive objectives of technical credibility, data accessibility, and evidentiary collectability.

Keywords

Multi-source mapping; Natural resources law enforcement; Remote sensing image; UAV aerial photography

多源测绘数据在自然资源执法中的取证效能分析

杨大东

河北省第三测绘院, 中国·河北 石家庄 050000

摘要

随着自然资源管理数字化、智能化水平的不断提高,基于多源测绘数据的执法取证模式逐渐取代依赖单一测绘手段或单一数据类型的传统采集模式,成为提升执法精准性与证据链完整性的核心技术路径。成为提升执法精准性与证据链完整性的核心技术路径。本文提出,应构建统一技术标准、完善法律法规、建立跨部门数据共享平台,并推动人工智能与自动化处理在多源测绘取证中的深度融合,以实现技术可信、数据可用、证据可采的综合目标。

关键词

多源测绘; 自然资源执法; 遥感影像; 无人机航拍

1 引言

近年来,随着生态文明建设的推进和自然资源管理体制改革的深化,土地、森林、水域、矿产等自然资源领域的执法任务日益繁重。传统依赖人工巡查、现场勘查的取证方式,在违法行为发现的及时性、证据的客观性以及覆盖范围方面存在明显不足。在违法行为日趋隐蔽、涉及区域更广、持续时间更长的背景下,执法部门迫切需要借助高精度、高时效性的数据采集与处理技术,构建科学、系统的取证体系。

2 多源测绘数据的构成与技术特性

2.1 卫星遥感数据

卫星遥感是自然资源执法中宏观监测的基础数据源,能够在范围、长周期内连续获取地表变化信息,适应跨区

域、多时段的监测任务。根据轨道类型可分为极轨卫星和地球同步卫星两类,前者如我国的高分一号、高分六号,可获取亚米级高分辨率影像,适用于精细化地物识别;后者则在实时性与大范围动态监测方面表现突出。不同传感器类型也赋予了遥感不同的能力,多光谱影像可反映地表不同物质的光谱特征,高光谱影像则可识别细微的物质成分差异,合成孔径雷达(SAR)还具备全天候、全天时成像能力,有效弥补光学影像受云雾影响的局限。在执法取证应用中,卫星遥感可通过多时相影像对比分析发现土地利用变化、森林覆盖减少、河道形态改变等可疑现象。

2.2 无人机航空摄影测量数据

无人机平台因其机动性高、成本适中、部署周期短,在自然资源执法中的补充取证环节具有不可替代的作用。常见平台包括多旋翼和固定翼两类,多旋翼机灵活性高,适合小范围精细化航空摄影测量;固定翼机则续航时间长,适合中等规模的巡查任务。无人机可搭载可见光相机、红外热成像仪、多光谱与高光谱传感器,实现对不同地物类型与状态

【作者简介】杨大东(1987—),男,中国河北唐山人,本科,工程师,从事测绘航空摄影研究。

的多角度感知^[1]。在实际应用中,通过布设地面控制点(GCP)进行精确定位,并结合正射影像生成技术,可获得无畸变、空间精度达到厘米级的影像数据。无人机在违法行为取证中的优势主要体现在细节捕捉与快速响应两个方面。如在卫星遥感发现可疑建设的情况下,无人机能够在短时间内飞抵现场,获取高清影像直观呈现违法设施形态与范围。

2.3 激光雷达(LiDAR)数据

激光雷达利用激光脉冲测距原理获取高精度三维点云数据,能够直接反映地形高程与地物空间结构。根据载体不同,可分为空基LiDAR(机载或无人机搭载)、地面站式LiDAR(TLS)与车载LiDAR(MLS)。空基LiDAR适合大范围地形建模,地面LiDAR在精度与细节刻画方面优势明显,车载LiDAR则可高效扫描道路、河岸等线性资源。通过点云滤波与分类,可生成数字高程模型(DEM)、数字表面模型(DSM)及高精度断面分析成果,为违法规模量化和地形扰动程度评估提供精确数据。在执法取证中,LiDAR的三维特性使其能够量化违法活动的空间规模。与影像数据相比,LiDAR对地表覆盖物的穿透能力更强,能够在植被密集或建筑遮挡条件下获取真实地形,为多源融合提供不可替代的结构信息。

2.4 GIS 属性数据

地理信息系统(GIS)在自然资源执法中扮演着数据整合与空间分析平台的角色。GIS不仅能存储和管理影像、点云等空间数据,还能关联土地权属、规划用途、生态红线等法律与管理属性信息。这种属性与空间的耦合,使得执法人员能够快速判断某一变化区域是否触碰法律红线或违反规划许可。如将遥感或无人机获取的变化图斑叠加到土地利用现状图和基本农田分布图中,可以迅速判定其是否构成违法占用耕地行为。GIS具备强大的空间分析能力,支持缓冲区分析、叠加分析、网络分析与可视化建模等功能,可为违法主体定位、违法行为类型认定以及执法路径优化提供辅助支持。在证据管理方面,GIS还能作为多源测绘数据的归档与可视化平台,将不同时间、不同来源的证据成果统一展示,增强证据体系的完整性与可追溯性。为便于直观比较不同测绘数据源在自然资源执法中的技术特征与适用场景,表1汇总了卫星遥感、无人机航拍、激光雷达与GIS属性数据的主要参数、优势、局限与典型应用领域。从表中可以看出,这些数据类型在分辨率、覆盖范围等方面各有侧重,融合使用能够在取证广度与精度之间形成有效互补。

表1 多源测绘数据类型在自然资源执法取证中的对比

数据类型	主要参数	优势
卫星遥感	分辨率:米级~亚米级;覆盖范围:省域/全国;更新周期:数小时~数天	覆盖范围广、周期性强;适合宏观变化监测;多光谱/高光谱可识别地物类型
无人机航拍	分辨率:厘米级;覆盖范围:数平方公里/架次;续航:30-120分钟	部署灵活、分辨率高、细节捕捉能力强;可搭载多类传感器
激光雷达(LiDAR)	精度:厘米级;点密度:数百~数千点/m ² ;输出:点云/DEM/DSM	精确获取三维结构与地形;穿透植被能力强;适合体积/高度量算
GIS 属性数据	精度依赖数据源;包含空间位置与属性信息;支持多格式	可整合空间与法律、规划信息;空间分析能力强;支持可视化管理

3 取证效能的实现机制

3.1 从数据获取到证据固化的全流程链条

多源测绘数据在自然资源执法中发挥取证效能,需要经历从信息感知到法律证据固化的完整链条。首先是数据获取阶段,由卫星遥感或无人机巡查发现可疑变化区域,确保初步监测的覆盖范围与时效性^[2]。其次是精细采集阶段,针对目标区域部署高分辨率无人机航空摄影测量或激光雷达扫描,以获取可直接支持量化分析的细节数据。接着进入数据处理与融合阶段,通过几何校正、坐标统一、点云滤波、影像拼接等技术,将多源数据在同一坐标系下进行配准与融合,形成结构化信息。在融合结果基础上,空间分析阶段利用GIS系统将变化信息与土地权属、规划许可、生态保护区划等属性数据叠加对比,从而明确违法行为的空间位置、范围与性质。最后是证据生成与固化阶段,通过生成正射影像、三维模型、量化统计表和变化对比图等形式,形成完整的取证包,并辅以元数据存档、时间戳签名和加密存储,确

保证据可追溯、可复核并具备司法采信条件。这一链条不仅保证了数据在技术层面的准确性,也确保其在法律程序中的有效性。

3.2 多源数据在空间证据链构建中的功能定位

在自然资源执法中,空间信息是连接违法行为与法律认定的重要纽带。多源测绘数据凭借精确的空间定位和多维度的时序记录,可以在证据链中承担多种功能。首先是起始证据功能,即通过宏观监测及时发现违法行为的线索,为立案提供初步依据。其次是佐证功能,通过多源数据与现场勘查结果、权属登记信息相互印证,提高证据体系的稳定性与抗争议能力。再次是核心证据功能,在案件裁决中,空间量化数据能够直观且客观地反映违法行为的规模、范围及持续时间,为执法决定提供直接依据。更重要的是,多源测绘数据具备动态监控功能。这种动态化证据不仅增强了执法的科学性,也为违法主体行为模式分析和后续预防提供了基础数据支撑^[3]。

3.3 空间精度与时效性的协同保障机制

取证效能的核心在于空间精度与时效性的双重保障。空间精度直接关系到证据的可信度与可采性，多源测绘融合通过地面控制点（GCP）布设、传感器精度校准以及多次观测数据的交叉验证，将定位误差控制在可满足法律要求的范围内。时效性则体现在对违法行为的快速发现与即时取证能力上，卫星遥感可实现定期巡查，无人机和 LiDAR 则可在短时间内部署到现场完成精细化采集。这种协同机制的优势在于，它既能保证发现违法行为的广度，又能确保取证细节的深度。例如，对于一次突发的非法采砂活动，卫星遥感可能在日常监测中捕捉到河道形态变化的早期信号，而无人机航拍与 LiDAR 则能在数小时内完成现场扫描并生成三维地形模型，为执法提供具有高精度和高时效性的证据组合。

4 融合机制与多维协同模式

4.1 垂直、水平与时序的多维一体化融合

多源测绘数据在自然资源执法中的取证效能，很大程度上依赖于融合路径的科学设计与分层实施。垂直融合强调宏观—中观—微观分层感知的有机衔接：宏观层面以卫星遥感实现广域巡查，保障监测覆盖的完整性；中观层面以无人机航拍锁定重点区域，捕捉细节变化并确认异常性质；微观层面则由激光雷达或地面测量设备提供高精度量化数据，实现面积、体积及结构等参数的精确测定。这种自上而下的模式平衡了覆盖范围与精度需求，使执法既能全域掌握情况，又能精准固化证据。水平融合则着眼于跨数据类型的异构互补。光学影像在可视化效果上突出，但易受天气影响；雷达影像具备全天候成像能力，却在纹理细节呈现上有所不足；点云数据可真实反映三维结构，但缺乏颜色与材质信息；GIS 属性数据则将空间位置与法律、规划信息结合，却缺乏实景呈现能力。通过在统一坐标系下叠加这些数据，可以实现信息互证。时序融合关注动态变化的全过程记录，将不同时期、不同来源的观测数据整合，能够重构违法行为的发生、持续与整改过程。在林地侵占案件中，多时相卫星影像可呈现数年间的森林覆盖变化，近期无人机与 LiDAR 数据则补充地形与结构的精细细节。这种时序证据链不仅有助于证明

违法事实，还能揭示违法主体的行为模式与持续性，为案件定性与量裁提供科学依据，同时也可用于整改后跟踪，防止重复违法。

4.2 跨部门共享与质量合规协同保障

多源测绘数据的融合效能要想在执法中充分释放，离不开跨部门的协同机制与严格的质量控制。自然资源执法常涉及国土、林业、水利、生态环境等多个部门，这些部门在数据类型、观测范围与业务重点上各有优势。通过建立统一的数据标准和接口规范，确保不同部门在精度、格式与时间标注上的兼容性，可以实现数据的无缝融合与实时共享。跨部门的联合平台不仅能提升取证效率，还能减少重复巡查和资源浪费，形成执法合力。在质量控制方面，应在数据采集、处理和融合的各个环环节设置精度评估与误差分析机制。例如，在坐标统一前进行多点匹配检验，影像与点云叠加时进行残差校验，以确保空间一致性。在法律合规方面，采集主体需具备相应测绘资质，航拍或测绘过程应符合空域与区域管理规定；融合成果应附带原始数据、元数据、处理记录和技术报告，以便第三方复核。存储与传输环节应采取加密与权限控制，防止数据篡改或泄露。

5 结语

多源测绘数据通过垂直、水平与时序的融合，实现了自然资源执法在覆盖范围、精度与时效上的协同优化，构建了可视化、可溯源、可验证的证据体系，并在跨部门共享与质量控制的支撑下具备较高的法律采信价值。未来，应在标准建设、数据安全和智能化处理等方面持续完善，推动执法由被动取证向主动监管转变，为自然资源保护和生态文明建设提供更强支撑。

参考文献

- [1] 郑方亮. 融合深度学习的多源测绘信息数据挖掘方法研究[J]. 黑龙江科学, 2025, 16(14): 101-103.
- [2] 陈永宁. 基于无人机倾斜摄影的多源数据融合测绘建模技术研究[J]. 经纬天地, 2025, (03): 28-32.
- [3] 刘文宾. 多源数据融合提升地形测绘精度的方法研究——以江西省南城典型地貌区为例[J]. 华北自然资源, 2025, (03): 90-93.