

数字化测绘到信息化测绘的测绘学科新进展

银 鹏

宁夏天拓经纬测绘有限公司 宁夏 银川 750004

摘要: 在科技进步推动下, 测绘学科正经历从数字化向信息化测绘的关键跨越。数字化测绘以全站仪、GPS等设备实现地理信息数字化存储, 奠定了数据基础; 信息化测绘则依托物联网、云计算与AI技术, 构建实时动态更新、智能分析决策的地理信息服务体系。其核心突破在于多源数据融合、时空大数据处理及三维GIS与BIM/CIM深度集成, 推动测绘服务向智能化、社会化转型, 满足自然资源动态监测、智慧交通等领域的实时需求。

关键词: 数字化测绘; 信息化测绘; 测绘学科新进展

引言: 在当今科技飞速发展与数字化转型浪潮的推动下, 测绘学科正经历着深刻变革。从早期依赖人工与简单工具的模拟测绘, 到以全站仪、GPS为代表的数字化测绘阶段, 实现了地理信息的高效采集与数字化存储。如今, 随着物联网、云计算、人工智能等新兴技术的涌现, 测绘学科正加速向信息化测绘迈进, 为各行业提供实时、精准、智能的地理信息服务, 开启了测绘服务新纪元。

1 数字化测绘到信息化测绘的演进逻辑

1.1 数字化测绘阶段的核心特征

(1) 在数据采集与存储方面, 全站仪凭借高精度角度和距离测量能力, 成为地面数据采集的核心设备; GPS技术则实现了全天候、高精度的空间定位, 二者共同替代传统手工测量工具, 将地理信息转化为数字形式存储于计算机中, 改变了以往纸质记录的低效模式。(2) CAD软件成为制图核心工具, 可快速绘制矢量地形图、地籍图等专业图纸, 大幅提升制图效率; 同时, 基础地理信息数据库开始构建, 将分散的数字地图数据整合存储, 为后续地理信息应用奠定初步数据基础。(3) 该阶段存在明显局限性, 不同部门、不同项目的数据库标准不统一, 形成“数据孤岛”, 导致数据共享困难; 数据更新依赖定期外业测量和内业处理, 周期长、成本高, 难以满足动态场景下的实时需求^[1]。

1.2 信息化测绘的内涵与定义

(1) 概念提出标志着测绘行业从“数据生产”向“信息服务”的战略转变, 不再局限于生成基础地理数据, 而是聚焦数据的深度加工与价值挖掘, 为各行业提供精准、定制化的地理信息服务。(2) 核心特征体现在三方面: 多源数据融合可整合卫星遥感、无人机航测、传感器等多渠道数据, 丰富信息维度; 实时动态更新借助物联网传感设备和在线监测技术, 实现数据自动采集

与即时更新; 智能分析决策依托AI算法, 对地理数据进行深度挖掘, 为规划、管理提供科学决策支持。

1.3 转型的驱动因素

(1) 技术推动是关键支撑, 物联网技术实现地理空间信息的实时感知与传输, 打破数据采集的时空限制; 云计算为海量地理数据提供高效存储与计算能力, 解决传统存储与运算瓶颈; AI技术赋予数据智能分析能力, 推动测绘从“数据化”向“智能化”跨越, 三者共同为信息化测绘发展奠定技术基础。(2) 需求拉动是核心动力, 随着自然资源管理对国土空间动态监测、精准管控需求提升, 传统测绘难以满足实时监管要求; 智慧交通建设中, 车辆导航、交通流量优化等场景需高精度、实时化地理信息支持, 复杂应用场景对测绘服务的时效性、精准性、智能化提出更高要求, 倒逼测绘行业向信息化转型。

2 数字化测绘到信息化测绘的关键技术突破

2.1 智能感知与数据采集技术

(1) 移动测量系统(MMS)与激光雷达(LiDAR)集成应用, 实现“车走数据来”的高效采集模式。MMS搭载多传感器, 可在移动中同步获取位置、影像数据, LiDAR则能快速生成高精度点云, 二者结合打破传统静态测量局限, 在城市三维建模、道路资产普查中, 采集效率提升5-10倍, 且数据精度达厘米级。(2) 无人机倾斜摄影与三维建模技术, 攻克复杂地形数据采集难题。无人机可灵活起降于山区、厂区等难抵达区域, 通过多视角倾斜摄影获取全方位影像, 配合专业建模软件, 能自动生成真实感强的三维模型, 相比传统人工测绘, 不仅缩短项目周期80%以上, 还可还原建筑立面、植被分布等细节信息, 广泛用于违建监测、灾害评估。(3) 地下管网探测的非开挖技术(如惯性陀螺仪), 解决“地下盲盒”探测难题。惯性陀螺仪无需开挖路面, 可随探测机器人进入

管网内部,实时记录管网走向、坡度、管径等数据,精度达 0.1° ,避免传统开挖探测对交通、环境的影响,在城市管网改造中,大幅降低施工成本与安全风险^[2]。

2.2 实时动态定位与导航技术

(1)北斗三号全球组网与高精度定位服务,实现测绘定位“自主可控”。北斗三号全球卫星导航系统具备全球覆盖能力,结合地基增强技术,可提供米级、分米级甚至厘米级定位服务,替代传统依赖国外卫星的模式,在国土测绘、海洋勘探中,定位响应速度提升至秒级,且抗干扰能力显著增强。(2)室内外无缝定位技术(UWB、蓝牙信标),填补室内测绘定位空白。UWB(超宽带)技术定位精度达10-30厘米,蓝牙信标可实现室内区域覆盖,二者协同打破传统GPS无法穿透墙体的局限,在大型场馆、地下商场等场景,能无缝衔接室内外位置数据,为智慧消防、人员疏散导航提供精准空间支撑。

2.3 时空大数据处理与分析

(1)分布式计算框架(Hadoop、Spark)在测绘中的应用,破解海量数据处理瓶颈。传统单机处理GB级测绘数据需数小时,而Hadoop、Spark可通过集群分布式运算,将TB级点云、影像数据处理时间缩短至小时级,在全国地理国情普查中,高效完成数十亿条数据的存储、清洗与整合。(2)深度学习用于地物分类与变化检测,实现数据“智能解读”。通过训练深度学习模型,可自动识别影像中的建筑、道路、植被等地物,分类准确率超95%,且能对比不同时期数据,快速发现地物变化区域,相比人工判读,效率提升数十倍,在土地利用动态监测中发挥核心作用。(3)数字孪生技术中的时空场景重建,打造“虚拟镜像”测绘新模式。该技术融合多源时空数据,构建与现实世界1:1对应的虚拟场景,可模拟地形演变、建筑施工等过程,在城市规划中,能提前预判项目对交通、环境的影响,为决策提供可视化、可推演的支持^[3]。

2.4 地理信息系统(GIS)的进化

(1)云GIS与轻量化WebGIS的普及,打破GIS应用“硬件壁垒”。云GIS将数据存储与分析功能部署于云端,用户无需高性能设备,通过浏览器即可访问;轻量化WebGIS则压缩数据体积,使GIS应用能在手机、平板等移动终端流畅运行,在智慧社区、物流调度中,实现地理信息“随时查、随地用”。(2)三维GIS与BIM/CIM的深度融合,推动“地上地下一体化”管理。三维GIS实现宏观空间展示,BIM聚焦建筑内部细节,CIM涵盖城市全要素,三者融合后,可构建从建筑构件到城市整体的多尺度模型,在城市更新中,能精准对接

地上建筑与地下管网,避免施工冲突。(3)空间智能(GeoAI)辅助决策,让GIS从“工具”变“大脑”。GeoAI结合空间分析与人工智能,可挖掘地理数据中的隐藏规律,如通过分析人口分布、交通流量数据,优化公共设施选址;在灾害预警中,能预测灾害蔓延路径,为应急指挥提供科学方案,推动GIS向智能决策平台升级。

3 数字化测绘到信息化测绘的学科理论创新

3.1 时空信息模型的重构

(1)从二维地图到四维(3D+时间)动态模型的演进,突破传统静态空间表达局限。二维地图仅能平面呈现地理要素位置,而四维动态模型在三维空间维度基础上,融入时间维度,可记录地理要素随时间的变化过程,如城市建筑扩张、河流地貌演变等。通过动态模型,能直观追溯空间形态变迁轨迹,为时空规律分析提供支撑,改变以往“快照式”的测绘数据呈现模式。(2)多尺度空间语义建模与知识图谱构建,实现地理信息“语义化”表达。多尺度空间语义建模可根据不同应用需求,从微观(如建筑构件)到宏观(如区域地形)定义地理要素语义,打破尺度割裂;结合知识图谱技术,将地理要素属性、关系转化为结构化知识,实现地理信息的智能关联与推理,例如自动识别“道路-桥梁-河流”的空间关联关系,提升地理信息的语义理解与应用价值。

3.2 测绘不确定性的量化研究

(1)基于贝叶斯网络的误差传播分析,精准量化测绘误差传递规律。传统误差分析多采用线性模型,难以应对复杂测绘系统的非线性误差关系,而贝叶斯网络可通过概率推理,构建多源误差间的依赖关系模型,动态计算误差在数据采集、处理、融合全流程中的传播概率,为控制测绘成果精度提供更科学的理论依据。(2)多源数据融合中的质量评估方法,解决数据“可信度”判定难题。针对卫星遥感、无人机航测等不同来源数据的精度差异,创新建立多维度质量评估指标体系(如数据完整性、一致性、精度),通过熵权法、模糊综合评价等方法,量化各数据源质量权重,确保融合后数据的可靠性,避免低质量数据对测绘结果的干扰^[4]。

3.3 伦理与法律问题

(1)地理信息隐私保护技术(如差分隐私),平衡数据利用与隐私安全。差分隐私通过在地理数据中添加微小扰动,既保留数据整体统计特征以支撑应用,又避免个体敏感信息(如私人建筑位置、人员活动轨迹)泄露,为智慧政务、民生服务等场景的地理数据共享提供伦理保障。(2)测绘成果的知识产权归属与共享机制,

规范行业数据应用秩序。明确测绘项目中委托方、执行方的知识产权划分,针对基础地理信息等公共数据,建立分级共享制度,通过区块链技术记录数据流转轨迹,实现“可追溯、可监管”的共享模式,既保护测绘单位的智力成果,又促进地理信息资源的高效利用。

4 数字化测绘到信息化测绘的挑战与未来发展方向

4.1 当前面临的技术瓶颈

(1) 复杂场景下的多源数据同化难题突出,在城市密集建筑群、山区峡谷等场景中,卫星遥感易受遮挡、无人机航测数据存在视角偏差、LiDAR点云易受噪声干扰,不同来源数据的坐标系、精度标准差异大,现有同化算法难以实现数据无缝融合,导致整合后的数据存在精度损失或逻辑矛盾,影响后续分析决策的可靠性。

(2) 实时处理海量时空数据的算力需求激增,信息化测绘阶段,单项目产生的点云、影像数据常达TB甚至PB级,如城市三维建模需同步处理千万级地物数据,现有算力架构下,数据传输、存储与运算存在延迟,难以满足智慧交通实时导航、灾害应急快速响应等场景对数据处理时效性的要求。

4.2 学科交叉融合趋势

(1) 与计算机科学深度融合加速技术升级,边缘计算可将部分数据处理任务部署于测绘设备终端,减少数据传输量,提升实时处理效率;联邦学习能在不共享原始数据的前提下,实现多机构测绘数据协同训练,解决数据隐私与协同分析的矛盾,推动测绘智能化水平提升。(2) 与地球物理、环境科学的跨学科研究拓展应用边界,结合地球物理技术可精准探测地下地质结构,辅助地下管网、矿产资源测绘;联合环境科学开展研究,能利用测绘数据动态监测大气污染扩散、植被覆盖变化,为生态环境评估与治理提供空间数据支撑。

4.3 政策与标准化建设

(1) 测绘成果的分级开放与安全管控亟待完善,当前测绘成果中既包含公共服务所需的基础地理信息,也涉及国家安全敏感数据,需建立科学的分级体系,在开放低敏感数据支撑民生应用的同时,通过加密技术、访问权限管控等手段,保障高敏感数据安全,避免数据泄

露风险。(2) 国际化标准对接步伐需加快,ISO/TC211(地理信息/地球信息科学标准化技术委员会)制定的地理信息标准是全球行业通用准则,我国部分测绘标准与国际标准在数据格式、精度指标等方面存在差异,影响跨国项目数据共享与合作,需加强对接以提升我国测绘成果的国际通用性。

4.4 未来技术图景

(1) 量子测绘技术具备潜在突破空间,量子传感技术可实现更高精度的磁场、重力场测量,突破传统设备精度极限,有望将测绘精度提升至纳米级;量子通信能保障测绘数据传输的绝对安全,为跨区域、跨国测绘数据共享提供安全通道。(2) 元宇宙中的虚拟地理环境构建成为新方向,依托高精度测绘数据,结合VR/AR技术,可构建与现实世界高度同步的虚拟地理环境,用户能在元宇宙中直观体验地理空间变化,该技术可应用于城市规划模拟、旅游场景还原、地理教育等领域,拓展测绘服务的应用场景。

结束语

从数字化测绘到信息化测绘,测绘学科完成了服务模式与技术体系的双重跃升。在技术创新驱动下,实时感知、智能分析与多源融合能力显著增强,为自然资源管理、智慧城市建设等提供了强大支撑。但面对复杂场景下的数据融合、算力提升等挑战,仍需深化学科交叉融合与标准化建设。展望未来,量子测绘、元宇宙等前沿技术有望进一步突破,推动测绘学科迈向更高水平的智能化与泛在化服务新阶段。

参考文献

- [1]刘兰.数字化测绘与信息化测绘[J].中国信息界,2023,(06):98-100.
- [2]陈冲.数字化测绘与信息化测绘的关系研究[J].工程建设与设计,2023,(12):107-109.
- [3]王瑞芳,荆地.关于数字化测绘到信息化测绘的发展探讨[J].科技创新导报,2021,(03):33-35.
- [4]伍福万.信息化测绘时代下数字化测绘技术在工程测量中的应用[J].建材与装饰,2020,(15):192-193.