

基于无人机测绘建模成果在 SOUTHMAP 上的工程应用

李涛会

无锡城市职业技术学院 江苏 无锡 214000

摘要: 针对传统测绘技术在复杂地形与大区域工程中效率低、成本高的局限,本文提出将无人机测绘建模成果与 SOUTHMAP 软件结合的应用方案。首先梳理无人机测绘建模全流程,明确数字正射影像(DOM)、数字高程模型(DEM)、数字线划图(DLG)及三维点云的核心特性;其次分析 SOUTHMAP 的核心功能,验证二者在数据格式、坐标系、精度上的兼容性;进而构建标准化应用流程,并结合工业园区地籍调查工程案例,验证该方案的实用性。指出数据兼容性、点云处理效率等现存问题,提出格式标准化、软件性能优化等解决路径,为现代工程测绘提供技术参考。

关键词: 无人机测绘; SOUTHMAP; 工程应用; 地形分析; 数据处理; 测绘精度

引言:

传统测绘技术(如全站仪、GPS-RTK)在局部高精度测量中具有优势,但面对山地、湿地等复杂地形或大区域作业时,存在作业周期长、人力成本高、数据覆盖不完整等问题。随着无人机技术与遥感测绘的深度融合,无人机测绘凭借高机动性、高分辨率、低成本等特点,可快速生成DOM、DEM、DLG及三维点云等标准化成果,成为大区域数据获取的主流手段。SOUTHMAP作为主流地形地籍成图软件,具备矢量编辑、拓扑处理、工程计算等功能,在地形测绘与地籍调查中应用广泛。将无人机测绘成果与SOUTHMAP深度结合,可实现“数据快速获取-高效处理-精准应用”的闭环,突破传统测绘局限。

一、无人机测绘建模技术与成果特性

(一) 航测建模技术流程

航测建模需遵循标准化流程,确保成果精度与工程适用性,具体分为四个阶段:

1. 前期准备

根据工程需求确定测绘范围与精度指标;通过实地踏勘识别障碍物与气象风险;利用DJI GS Pro等软件规划航线,设置飞行高度、航向重叠度、旁向重叠度,生成自动化飞行方案。

2. 飞行作业

作业前检查无人机、GNSS接收机与地面站状态;飞行中无人机按预设航线自动采集影像,同步记录POS数据;对高精度需求场景,在区域边缘与内部均匀布设像控点,用GPS-RTK获取精确坐标,用于后续精度校正。

3. 数据处理

基于Pix4Dmapper等软件完成数据处理:①影像预处理:筛选有效影像,消除镜头畸变,转换至2000国家大地坐标系;②空中三角测量:匹配影像同名点,结合像控点解算外方位元素,构建空中三角网;③三维建模:通过密

集匹配生成三维点云,构建带纹理的三维实景模型;④成果生成:提取高程信息生成DEM,正射纠正生成DOM,提取地物要素生成DLG。

4. 成果验收

依据《无人机航摄测量规范》(GB/T 39600-2020),检验DOM平面中误差、DEM高程中误差,评估影像清晰度、地物完整性,确保成果满足工程需求。

(二) 核心成果类型及应用场景

无人机测绘生成的四类核心成果,在SOUTHMAP应用中各具功能定位:

DOM: 正射投影影像,平面精度高、信息直观,可作为SOUTHMAP中地物核对与范围界定的背景底图,适用于工程规划阶段现状分析;

DEM: 栅格格式高程模型,反映地形坡度、坡向特征,是SOUTHMAP中土方量计算、坡度分析的核心数据,支撑道路选线与场地平整设计;

DLG: 矢量格式线划图,含地物结构化信息,可直接导入SOUTHMAP进行编辑与符号化,用于工程设计中的地物定位与工程量统计;

三维点云：海量三维坐标点，细节精度高，在SOUTHMAP中经滤波处理后可生成高精度DEM，或用于建筑物立面测量与施工监测。

二、SOUTHMAP软件功能与兼容性分析

（一）核心功能模块

SOUTHMAP的功能设计与无人机测绘成果应用高度适配，核心模块包括：

1. 数据导入与格式转换

支持DOM (TIFF)、DEM (TIFF)、DLG (DXF/SHP)、三维点云 (LAS) 等格式直接导入，无需第三方转换；提供坐标系转换功能，可将无人机成果从WGS84坐标系或地方独立坐标系，转换为2000国家大地坐标系，通过输入七参数或控制点联测实现坐标统一。

2. 矢量编辑与拓扑处理

针对DLG数据提供点、线、面全维度编辑工具，可补充遗漏地物、修正位置偏差；支持自定义拓扑规则，自动检测并修复悬挂点、重叠面等错误，确保数据逻辑性。

3. 地形分析与工程计算

内置坡度坡向分析工具，基于DEM生成坡度图，辅助建筑选址与道路选线；支持方格网法、断面法等土方量计算，设定期望设计高程后自动输出挖填方量与分布专题图；提供距离（精确至mm）与面积量算功能，结果可导出为Excel报表。

4. 地图符号化与出图

内置符合《国家基本比例尺地图图式》（GB/T 20257）的符号库，可对DLG进行标准化符号化；支持自定义图幅大小、比例尺与输出格式（PDF/CAD/JPG），实现“数据-成图-出图”一体化。

（二）与无人机成果的兼容性

1. 格式兼容

无人机核心成果格式均在SOUTHMAP支持范围内：DXF格式DLG导入后可自动识别图层与属性，TIFF格式DOM/DEM可直接叠加矢量图层，LAS格式点云经加载后可进行三维可视化与处理。

2. 坐标系兼容

通过“坐标系管理”模块，支持已知参数（七参数/四参数）转换与无参数联测转换，确保无人机成果与工程坐标系一致。例如，将地方独立坐标系成果通过3个以上公共控制点联测，转换误差可控制在0.05m以内。

3. 精度匹配

无人机DOM平面中误差 $\leq 0.15\text{m}$ （1:500地形图标准），DEM高程中误差 $\leq 0.2\text{m}$ ，与SOUTHMAP毫米级编辑精度匹配，可满足地形测绘、地籍调查等工程对精度的需求。

三、标准化应用流程

（一）数据导入与预处理

1. 数据导入

DOM/DEM：进入“栅格数据”模块，选择TIFF文件，设置图层名与坐标系（自动识别或手动选择），完成导入；

DLG：在“矢量数据”模块导入DXF/SHP文件，选择目标图层与符号化方式，叠加至DOM图层用于核对；

三维点云：通过“点云数据”模块加载LAS文件，设置显示方式（按颜色/高程）与密度。

2. 预处理

坐标统一：若坐标系不一致，进入“坐标系管理”，输入转换参数或通过公共控制点计算参数，执行转换；

精度校正：对无像控点成果，在DOM上选取3-5个特征点，输入已知坐标进行几何校正；

数据融合：叠加DOM与DLG检查地物完整性，对比DEM与点云高程偏差，超 $\pm 0.1\text{m}$ 时以点云为基准修正DEM。

（二）数据处理与编辑

1. DLG编辑

要素完善：以DOM为参考，补充小型建筑物、沟渠等遗漏地物，修正偏移道路边线；

属性补充：通过“属性编辑”添加地物属性（如道路等级、建筑物层数），为地籍调查类工程关联权属信息；

拓扑修复：用“拓扑检查”工具检测错误，合并悬挂点、删除重叠面，确保数据一致性。

2. 点云处理

抽稀：采用“基于曲率抽稀”保留地形与地物特征点，剔除冗余点，减少数据量50%-70%；

滤波：用“渐进形态滤波”去除植被、建筑物等非地面点，提取纯净地面点云，用于生成高精度DEM。

（三）地形分析与工程计算

1. 地形分析

坡度坡向：加载DEM，设置分析范围与栅格大小，生成坡度坡向图，用于规避高坡度区域；

等高线生成：设等高距（1:500地形图1m），生成带高程属性的等高线，叠加DOM检查连续性。

2. 工程计算

土方量：采用方格网法，加载DEM并设设计高程，软件

自动计算挖填方量，生成计算表与分布图；

量算：通过“距离/面积量算”工具，获取道路长度、建筑物占地面积，结果导出用于工程量统计。

（四）成果输出

地图成果：生成1:500-1:2000标准化地形图与坡度、土方量等专题图；

数据成果：输出DXF/SHP格式DLG（用于AutoCAD设计）、TIFF格式DOM/DEM（用于GIS分析）、LAS格式滤波点云（用于变形监测）。

四、工程案例

（一）工程概况

东部平原某工业园区，占地5.2km²，含120栋建筑物，需建立地籍数据库、生成1:500地籍图，用于土地确权。

（二）实施过程

无人机作业：飞行高度80m，航向重叠度80%，布设15个像控点，生成DOM（3cm分辨率）与DLG，平面中误差0.12m；

SOUTHMAP应用：导入DLG后添加宗地属性（权属单位、土地用途）与建筑物属性（结构、层数），生成35幅1:500地籍图；建立含空间数据、属性数据与权属证明的地籍数据库，支持查询与更新。

（三）应用效果

调查效率提升65%（4人/3天采集+3人/4天处理），地籍数据准确率100%，数据库实现动态管理，为园区规划调整提供数据支撑。

五、问题与优化建议

（一）现存问题

①部分无人机自定义格式（如专属点云格式）转换为LAS时易丢失颜色信息；地方独立坐标系无参数时转换误差可达0.2-0.5m。②数十GB点云加载需10-20分钟，低配置

电脑（内存<16GB）易崩溃；缺乏自动分割与特征提取功能，手动处理耗时。③大风天气导致DOM拼接错位（误差0.3m），像控点分布不均使DEM高程误差超0.2m，影响土方量计算精度。④SOUTHMAP地籍数据库建立等功能操作复杂，工程人员缺乏“无人机+SOUTHMAP”综合技能，易出现参数设置错误。

（二）优化建议

①推动无人机厂家默认输出TIFF/LAS通用格式；SOUTHMAP新增主流自定义格式直接支持，优化坐标系转换模块，实现像控点CSV文件自动解算参数。②采用多线程与GPU加速技术，将点云加载时间缩短至3-5分钟；新增“自动点云分割”（基于地物高度）与“特征点提取”工具，减少手动操作。③制定作业规范：风速≤5m/s、航向重叠度≥70%、像控点≥4个/km²；在SOUTHMAP中添加“精度校验”模块，自动对比实地检查点与成果误差。④制作“无人机+SOUTHMAP”视频教程与案例模板，组织线下培训并设置实操考核，鼓励考取无人机驾驶员与测绘工程师证书。

六、结论与展望

本文构建的无人机测绘成果与SOUTHMAP融合应用方案，通过标准化流程实现了数据高效处理与工程精准应用。工程案例表明，该方案可显著提升作业效率（65%-80%）、降低成本（60%），保障数据精度（平面中误差≤0.15m），为复杂地形与大区域工程测绘提供有效技术路径。

未来可从三方面深化应用：①智能化：集成AI实现地物自动识别与DLG生成，点云变形自动监测；②多源融合：融合卫星遥感、LiDAR与BIM数据，提升工程全生命周期管理能力；③轻量化：开发移动端应用与云平台，支持现场数据查看与多用户协同处理，推动工程测绘向数字化、智能化转型。

参考文献：

[1]张帅.无人机测绘技术在复杂地形工程中的应用[J].测绘工程,2022,31(4):56-61.

[2]李明,王艳.无人机航摄与SOUTHMAP结合的地籍调查方法[J].地理空间信息,2023,21(2):78-82.

[3]南方测绘.SOUTHMAP地形地籍成图软件.

基金项目：本文系无锡城市职业技术学院科研课题项目《装配式建筑构建定位精度控制研究》（项目编号：WXCY-2022-KY-08）的研究成果。