目录

用户手册 1.1
版权信息 1.2
简介 1.3
安装 1.4
- 操作环境 1.4.1
- 安装步骤 1.4.2
- 许可证管理器 1.4.3

工具说明 1.5
- 起始页 1.5.1
- 工具栏 1.5.2
  - 显示模式 1.5.2.1
  - 玻璃效果 1.5.2.2
  - 实时等高线 1.5.2.3
  - EDL显示 1.5.2.4
  - X-Ray 1.5.2.5
  - 视图工具 1.5.2.6
  - 全局显示 1.5.2.7
  - 交叉选择 1.5.2.8
  - 设置点大小与类型 1.5.2.9
  - 新建窗口及2D/3D切换 1.5.2.10
  - 剖面查看 1.5.2.11
- 快速工具栏 1.5.3
  - 添加数据 1.5.3.1
  - 加载并合并点云数据 1.5.3.2
  - 删除数据 1.5.3.3
  - 导出数据 1.5.3.4
  - 工程操作 1.5.3.5
- Ribbon工具栏 1.5.4
  - 选项 1.5.4.1
  - 快捷方式 1.5.4.2
- 工程管理窗口 1.5.5
  - 图层管理 1.5.5.1
    - 点云 1.5.5.1.1
    - 栅格 1.5.5.1.2
    - 矢量 1.5.5.1.3
    - 表格 1.5.5.1.4
    - 模型 1.5.5.1.5
    - 轨迹 1.5.5.1.6
    - 影像工程 1.5.5.1.7
- 窗口管理 1.5.6

- 数据源管理 1.5.7
- AI问答助手 1.5.8
- Ribbon 页 1.5.9
  - 文件 1.5.9.1
  - 工具 1.5.9.2
    - 测量工具 1.5.9.2.1
    - 捕捉选项 1.5.9.2.2
    - 选择工具 1.5.9.2.3
    - 书签工具 1.5.9.2.4
      - 选择和裁切 1.5.9.2.4.1
      - 交叉选择 1.5.9.2.4.2
      - 按圆裁切 1.5.9.2.4.3
      - 按矩形裁切 1.5.9.2.4.4
      - 按多边形裁切 1.5.9.2.4.5
    - 数据管理 1.5.9.2.5
    - 批处理 1.5.9.2.6
    - 分布式处理 1.5.9.2.7
    - Geo处理 1.5.9.2.8
      - 模型构造器 1.5.9.2.8.1
      - 模型列表 1.5.9.2.8.2
  - 预处理 1.5.9.3
  - 分类 1.5.9.4
  - 矢量编辑 1.5.9.5
    - 编辑 1.5.9.5.1
    - 图层管理 1.5.9.5.2
    - 实用工具集 1.5.9.5.3
    - 辅助 1.5.9.5.4
    - 高程模式 1.5.9.5.5
    - 高度过滤 1.5.9.5.6
    - 绘制实体 1.5.9.5.7
    - 要素提取 1.5.9.5.8
    - 脚趾线提取 1.5.9.5.9
    - 实体选择 1.5.9.5.10
  - 地形 1.5.9.6
  - 机载林业 1.5.9.7
  - 地基林业 1.5.9.8
  - 影像 1.5.9.9
  - 光谱 1.5.9.10
  - 矿山 1.5.9.11
  - 建筑物 1.5.9.12
  - 显示 1.5.9.13
    - 显示和记录 1.5.9.13.1
      - 渲染到图像 1.5.9.13.1.1
      - 相机漫游 1.5.9.13.1.2

录屏 1.5.9.13.1.3
背景网格 1.5.9.13.1.4
显示原点 1.5.9.13.1.5
天空盒 1.5.9.13.1.6
相机设置 1.5.9.13.1.7
显示模型 1.5.9.13.1.8
显示三角网 1.5.9.13.1.9
显示点 1.5.9.13.1.10
窗口 1.5.9.13.2
新建窗口 1.5.9.13.2.1
关闭当前窗口 1.5.9.13.2.2
关闭所有窗口 1.5.9.13.2.3
视图布局 1.5.9.13.2.4
平铺窗口 1.5.9.13.2.4.1
Tab视图 1.5.9.13.2.4.2
操作 1.5.9.13.3
窗口联动 1.5.9.13.3.1
卷帘 1.5.9.13.3.2
转到 1.5.9.13.3.3
剖面查看 1.5.9.13.3.4
剖面绘制工具 1.5.9.13.3.5
剖面窗口工具 1.5.9.13.3.6
预处理 1.5.10
安置 1.5.10.1
安置误差计算 1.5.10.2
航带平差 1.5.10.3
3D控制点报告 1.5.10.4
航线质量检查 1.5.10.5
高差质量检查 1.5.10.6
航带重叠分析 1.5.10.7
密度质量检查 1.5.10.8
大疆L1/L2重建 1.5.10.9
UAV激光雷达精度验证 1.5.11
检校记录 1.5.11.1
精度检查 1.5.11.2
数据管理 1.5.12
点云工具 1.5.12.1
去噪 1.5.12.1.1
噪声滤波 1.5.12.1.2
归一化 1.5.12.1.3
根据地面点归一化 1.5.12.1.4
反归一化 1.5.12.1.5
合并 1.5.12.1.6
边界提取 1.5.12.1.7

重采样 1.5.12.1.8
PCV 1.5.12.1.9
纹理映射 1.5.12.1.10
点云光谱映射 1.5.12.1.11
点云分幅 1.5.12.1.12
转换GPS时间 1.5.12.1.13
点云平滑 1.5.12.1.14
按属性聚类 1.5.12.1.15
植被指数 1.5.12.1.16
亮度对比度 1.5.12.1.17
调整点云颜色 1.5.12.1.18
单位转换 1.5.12.1.19
点云属性计算器 1.5.12.1.20
点云分块 1.5.12.2
按范围分块 1.5.12.2.1
按点数分块 1.5.12.2.2
按直线分块 1.5.12.2.3
按多边形分块 1.5.12.2.4
点云裁剪 1.5.12.3
按圆裁剪 1.5.12.3.1
按矩形裁剪 1.5.12.3.2
按多边形裁剪 1.5.12.3.3
点云提取 1.5.12.4
按类别提取 1.5.12.4.1
按高程提取 1.5.12.4.2
按强度提取 1.5.12.4.3
按回波次数提取 1.5.12.4.4
按GPS时间提取 1.5.12.4.5
按附加属性提取 1.5.12.4.6
按组提取 1.5.12.4.7
矢量工具 1.5.12.5
线平滑 1.5.12.5.1
按多边形裁剪矢量 1.5.12.5.2
移除重复顶点 1.5.12.5.3
地形贴合 1.5.12.5.4
按属性分割 1.5.12.5.5
合并矢量 1.5.12.5.6
提取多值到点 1.5.12.5.7
栅格工具 1.5.12.6
影像镶嵌 1.5.12.6.1
影像分幅 1.5.12.6.2
栅格计算器 1.5.12.6.3
定义栅格NoData值 1.5.12.6.4
按多边形裁剪栅格 1.5.12.6.5

按圆形裁剪栅格 1.5.12.6.6
按矩形裁剪栅格 1.5.12.6.7
按掩膜提取栅格 1.5.12.6.8
按属性提取 1.5.12.6.9
波段合成 1.5.12.6.10
创建彩色合成 1.5.12.6.11
模型工具 1.5.12.7
模型平滑 1.5.12.7.1
合并3D Tiles 1.5.12.7.2
LiBIM合并 1.5.12.7.3
投影与坐标转换 1.5.12.8
定义投影 1.5.12.8.1
重投影 1.5.12.8.2
坐标转换 1.5.12.8.3
转换投影面高程 1.5.12.8.4
高程调整 1.5.12.8.5
转换关系计算 1.5.12.8.6
大地水准面拟合 1.5.12.8.7
3D Tiles重投影 1.5.12.8.8
数据配准 1.5.12.8.9
点对配准 1.5.12.8.9.1
手动旋转和平移 1.5.12.8.9.2
ICP配准 1.5.12.8.9.3
自定义坐标系 1.5.12.8.9.4
大地水准面模型 1.5.12.8.10
创建转换关系 1.5.12.8.11
高程拟合 1.5.12.8.12
ASCII重投影 1.5.12.8.13
点云格式转换 1.5.12.9
转换为ASCII 1.5.12.9.1
转换为TIFF 1.5.12.9.2
转换为Shape 1.5.12.9.3
转换为DXF 1.5.12.9.4
转换为LAS 1.5.12.9.5
转换为E57 1.5.12.9.6
转换为PLY 1.5.12.9.7
转换为3DTiles 1.5.12.9.8
转换LandXML 1.5.12.9.9
转换LiData为LiData 1.5.12.9.10
LAS转换为LiData 1.5.12.9.11
栅格格式转换 1.5.12.10
TIFF转换为LiModel 1.5.12.10.1
转换为带纹理的LiModel 1.5.12.10.2
TIFF转换为LiData 1.5.12.10.3

TIFF转换为ASCII 1.5.12.10.4
TIFF转换为USGS DEM 1.5.12.10.5
TIFF转换为IMG 1.5.12.10.6
ASCII转换为TIFF 1.5.12.10.7
USGS DEM转换为TIFF 1.5.12.10.8
IMG转换为TIFF 1.5.12.10.9
模型格式转换 1.5.12.11
LiModel转换为TIFF 1.5.12.11.1
LiModel转换为OBJ 1.5.12.11.2
LiModel转换为OSGB 1.5.12.11.3
LiModel转换为3DTiles 1.5.12.11.4
LiModel转换为S3M 1.5.12.11.5
LiTin转换为DXF 1.5.12.11.6
LiTin转换为OBJ 1.5.12.11.7
LiTin转换为FBX 1.5.12.11.8
LiTin转换为LiData 1.5.12.11.9
LiTin转换为OSGB 1.5.12.11.10
LiTin转换为3D Tiles 1.5.12.11.11
LiTin转换为LandXML 1.5.12.11.12
LiBIM转换为OBJ 1.5.12.11.13
LiBIM转换为FBX 1.5.12.11.14
LiBIM转换为Collada 1.5.12.11.15
LiBIM转换为CityJSON 1.5.12.11.16
LiBIM转换为3DTiles 1.5.12.11.17
LiBIM转换为OSGB 1.5.12.11.18
LiTree转换为OBJ 1.5.12.11.19
LiTree转换为CityJSON 1.5.12.11.20
LiTree转换为3D Tiles 1.5.12.11.21
LiTree转换为OSGB 1.5.12.11.22
3D Tiles转换为S3M 1.5.12.11.23
3D Tiles转换为OSGB 1.5.12.11.24
3D Tiles转换为OBJ 1.5.12.11.25
OBJ转换为3D Tiles 1.5.12.11.26
矢量格式转换 1.5.12.12
Shape转换为KML 1.5.12.12.1
KML转换为Shape 1.5.12.12.2
矢量格式转换 1.5.12.12.3
ASCII转矢量 1.5.12.12.4
矢量转ASCII 1.5.12.12.5
矢量转LandXML 1.5.12.12.6
统计 1.5.13
格网统计 1.5.13.1
体积统计 1.5.13.2
栅格统计 1.5.13.3

分类 1.5.14
地面点分类 1.5.14.1
CSF地面点滤波 1.5.14.2
深度学习分类地面点 1.5.14.3
提取中位地面点 1.5.14.4
按属性分类 1.5.14.5
分离低点 1.5.14.6
低于地表分类 1.5.14.7
孤立点分类 1.5.14.8
空中噪点分类 1.5.14.9
噪声点分类 1.5.14.10
高于地面分类 1.5.14.11
按高差分类 1.5.14.12
邻近点分类 1.5.14.13
按范围分类 1.5.14.14
建筑物分类 1.5.14.15
模型关键点分类 1.5.14.16
水域分类 1.5.14.17
深度学习提取道路 1.5.14.18
机器学习分类 1.5.14.19
按掩膜分类 1.5.14.20
顶部表面点分类 1.5.14.21
按机器学习模型分类 1.5.14.22
选择区域地面点分类 1.5.14.23
按附加属性分类 1.5.14.24
深度学习分类 1.5.14.25
自定义深度学习分类 1.5.14.26
深度学习环境下载 1.5.14.27
自定义分类工具 1.5.14.28
分类编辑 1.5.14.29
分块编辑工具 1.5.14.29.1
剖面绘制工具 1.5.14.29.2
断裂线绘制工具 1.5.14.29.3
断裂线工具 1.5.14.29.4
地形点模拟工具 1.5.14.29.5
DEM预览工具 1.5.14.29.6
TIN工具 1.5.14.29.7
选择工具 1.5.14.29.8
分类方法面板 1.5.14.29.9
剖面窗口工具 1.5.14.29.10
关联窗口工具 1.5.14.29.11
LabelMe 1.5.14.30
地形 1.5.15
插值参数设置 1.5.15.1

水文分析 1.5.15.2
排水线分析 1.5.15.2.1
水淹分析 1.5.15.2.2
填洼 1.5.15.2.3
流向 1.5.15.2.4
流量累积 1.5.15.2.5
河网 1.5.15.2.6
REM 1.5.15.2.7
空间分析 1.5.15.3
山体阴影 1.5.15.3.1
坡度 1.5.15.3.2
粗糙度 1.5.15.3.3
坡向 1.5.15.3.4
视域分析 1.5.15.3.5
天空开阔度 1.5.15.3.6
年日照量 1.5.15.3.7
入射太阳辐射 1.5.15.3.8
多期分析 1.5.15.4
偏差分析 1.5.15.4.1
变化检测 1.5.15.4.2
施工进度分析 1.5.15.4.3
数字高程模型 1.5.15.5
数字表面模型 1.5.15.6
冠层高度模型 1.5.15.7
数字正射影像 1.5.15.8
栅格生成等高线 1.5.15.9
点云生成等高线 1.5.15.10
Tin生成等高线 1.5.15.11
生成高程注记点 1.5.15.12
等高线矛盾检查 1.5.15.13
等高线接边 1.5.15.14
断裂线接边 1.5.15.15
生成TIN 1.5.15.16
Tin生成DEM 1.5.15.17
DEM接边 1.5.15.18
DEM精度分析 1.5.15.19
断面分析 1.5.15.20
LiModel编辑 1.5.15.21
LiTin编辑 1.5.15.22
查询倾角和走向 1.5.15.23
等高线编辑 1.5.15.23.1
编辑 1.5.15.23.1.1
实用工具 1.5.15.23.1.2
编辑工具 1.5.15.23.1.3

等高线处理 1.5.15.23.1.4
实体选择 1.5.15.23.1.5
实体捕捉 1.5.15.23.1.6
图层管理 1.5.15.23.1.7
机载林业 1.5.16
森林参数 1.5.16.1
基于格网计算林业群体参数 1.5.16.1.1
基于多边形计算林业群体参数 1.5.16.1.2
按林分计算林业群体参数 1.5.16.1.3
高度变量原理 1.5.16.1.4
强度变量原理 1.5.16.1.5
郁闭度原理 1.5.16.1.6
间隙率原理 1.5.16.1.7
叶面积指数原理 1.5.16.1.8
回归分析 1.5.16.2
样本数据和自变量 1.5.16.2.1
线性回归 1.5.16.2.2
支持向量机 1.5.16.2.3
快速人工神经网络 1.5.16.2.4
随机森林回归 1.5.16.2.4.1
回归预测 1.5.16.2.4.2
单木分割 1.5.16.3
CHM分割 1.5.16.3.1
查看CHM分割结果 1.5.16.3.2
CHM补洞 1.5.16.3.3
点云分割 1.5.16.3.4
基于树干单木分割 1.5.16.3.5
查看点云分割结果 1.5.16.3.6
CHM生成种子点 1.5.16.3.7
层堆叠生成种子点 1.5.16.3.8
基于种子点分割 1.5.16.3.9
方位角计算 1.5.16.3.10
林分自动划定 1.5.16.3.11
基于影像单木分割 1.5.16.3.12
批处理 1.5.16.4
林业群体参数 1.5.16.4.1
点云分割 1.5.16.4.2
CHM分割批处理 1.5.16.4.3
配准 1.5.16.5
基于树木位置的自动配准 1.5.16.5.1
清除树ID 1.5.16.6
根据文件清除树ID 1.5.16.7
统计单木属性 1.5.16.8
树模型管理 1.5.16.9

查看方位角和距离 1.5.16.10
单木建模 1.5.16.11
按树ID提取点云 1.5.16.12
森林结构变化检测 1.5.16.13
单木分割接边 1.5.16.14
ALS种子点编辑 1.5.16.15
单木点云编辑 1.5.16.16
地基林业 1.5.17
林业群体参数 1.5.17.1
基于格网计算林业群体参数 1.5.17.1.1
基于多边形计算格网计算森林群体参数 1.5.17.1.2
按林分计算格网计算森林群体参数 1.5.17.1.3
空间结构量化 1.5.17.1.3.1
覆盖度原理 1.5.17.1.4
孔隙率原理 1.5.17.1.5
叶面积指数原理 1.5.17.1.6
点云分割 1.5.17.2
基于树干的单木分割 1.5.17.3
基于树枝和树干的单木分割 1.5.17.4
查看点云分割结果 1.5.17.5
基于种子点的单木分割 1.5.17.6
单木属性量测 1.5.17.7
清除树ID 1.5.17.8
根据文件清除树ID 1.5.17.9
单木分割接边 1.5.17.10
按树ID提取点云 1.5.17.11
单木属性统计 1.5.17.12
树干弯曲度计算 1.5.17.13
单木报告 1.5.17.14
单木建模 1.5.17.15
树模型管理 1.5.17.16
提取树干（TLS） 1.5.17.17
生物量估算 1.5.17.18
生物量模型管理 1.5.17.19
匹配树位置 1.5.17.20
TLS种子点编辑 1.5.17.21
TLS单木点云编辑 1.5.17.22
DBH量测 1.5.17.23
查看方位角和距离 1.5.17.24
林分分析与报告 1.5.17.25
影像 1.5.18
新建工程 1.5.18.1
导入Pos 1.5.18.2
相机校正 1.5.18.3

地面控制点 1.5.18.4
导出工程 1.5.18.5
一键处理流程 1.5.18.6
对齐到点云 1.5.18.7
更新对齐 1.5.18.8
畸变校正 1.5.18.9
去雾 1.5.18.10
生成报告 1.5.18.11
调整拼接线 1.5.18.12
筛选连接点 1.5.18.13
分组 1.5.18.14
合并分组 1.5.18.15
三维网格纹理印射 1.5.18.16
光谱 1.5.19
光谱指数 1.5.19.1
植被指数计算器 1.5.19.1.1
归一化指数计算器 1.5.19.1.2
地质和矿物指数计算器 1.5.19.1.3
光谱指数计算器 1.5.19.1.4
NDVI 1.5.19.1.5
NDWI 1.5.19.1.6
NDBI 1.5.19.1.7
NBR 1.5.19.1.8
SAVI 1.5.19.1.9
光谱角分类 1.5.19.2
最小噪声分离 1.5.19.3
Savitzky Golay滤波 1.5.19.4
主成分分析 1.5.19.5
构建掩膜 1.5.19.6
提取光谱子集 1.5.19.7
波长管理 1.5.19.8
点选查看光谱 1.5.19.9
查看光谱库 1.5.19.10
矿山 1.5.20
巷道 1.5.20.1
提取巷道点 1.5.20.1.1
法线计算 1.5.20.1.2
泊松建模 1.5.20.1.3
表面重建 1.5.20.1.4
巷道中心线提取 1.5.20.1.5
露天矿 1.5.20.2
体积变化分析 1.5.20.2.1
提取坡顶坡底线 1.5.20.2.2
坡道间合规分析 1.5.20.2.3

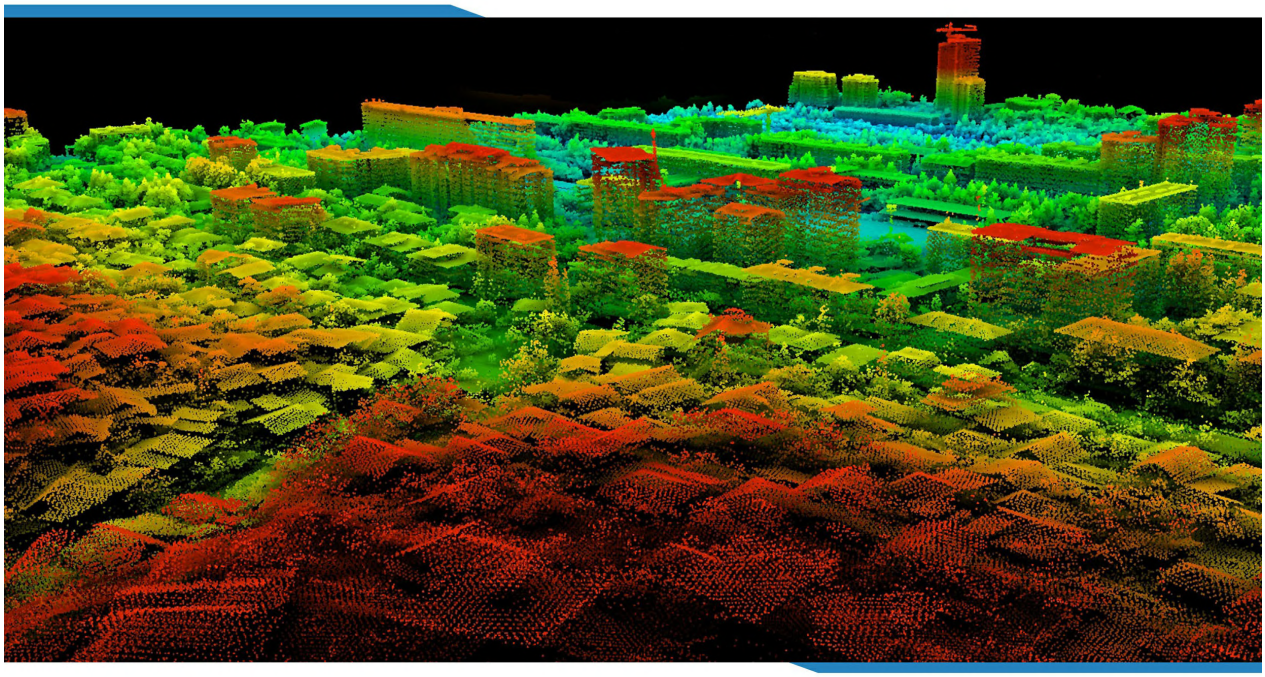
模型编辑 1.5.20.3
编辑器 1.5.20.3.1
选择工具 1.5.20.3.2
编辑工具 1.5.20.3.3
设置 1.5.20.3.4
建筑物 1.5.21
建筑物模型配准 1.5.21.1
影像窗口 1.5.21.2
配准点列表窗口 1.5.21.3
建筑物轮廓提取 1.5.21.4
自动创建建筑物模型 1.5.21.5
建筑物编辑 1.5.21.6
模型编辑 1.5.21.7
实用工具 1.5.21.8
手动创建建筑物模型 1.5.21.9
建筑物高程模式 1.5.21.10
建筑物编辑工具 1.5.21.11
LiBIM倾斜影像贴图 1.5.21.12
LiBIM正射影像贴图 1.5.21.13
模型贴图照片编辑 1.5.21.14
模型材质编辑 1.5.21.15
辅助工具 1.5.21.16
界面显隐 1.5.21.17
建筑物模型列表 1.5.21.18
属性计算 1.5.21.19
行业应用教程 1.5.22
航带拼接 1.5.22.1
点云自定义深度学习 1.5.22.2
影像自定义深度学习 1.5.22.3
DEM/DSM/等高线生产 1.5.22.4
机载点云单木分割 1.5.22.5
地基点云单木分割 1.5.22.6
露天矿边坡线提取 1.5.22.7
机载点云建筑建模 1.5.22.8
附录 1.5.23
文件格式 1.5.23.1
LiData 1.5.23.2
LiAtt 1.5.23.3
LAS 1.5.23.4
LiModel 1.5.23.4.1
LiTin 1.5.23.5
LiTower 1.5.23.6
裁切范围文件 1.5.23.7
圆形范围文件 1.5.23.7.1

矩形范围文件 1.5.23.7.2
按GPS时间提取文件 1.5.23.8
同名点对文件格式 1.5.23.9
POS文件 1.5.23.10
OUT文件 1.5.23.11
控制点文件 1.5.23.12
高程注记点文件 1.5.23.13
样地数据文件 1.5.23.14
种子点文件 1.5.23.15
单木分割结果文件格式 1.5.23.16
七参数计算控制点文件格式 1.5.23.17
断面成果输出文件格式 1.5.23.18
矩阵文件格式 1.5.23.19
中心线文件格式 1.5.23.20
LiBIM文件格式 1.5.23.21
批处理调用功能ID列表 1.5.23.22
快捷键 1.5.23.23
常用菜单栏快捷键 1.5.23.24
常用视图窗口快捷键 1.5.23.25
剖面编辑快捷键 1.5.23.26
调整高性能显示模式 1.5.23.27
FAQ 1.5.24
安装和授权常见问题 1.5.24.1
平台常见问题 1.5.24.2
航带拼接常见问题 1.5.24.3
地形模块常见问题 1.5.24.4
林业模块常见问题 1.5.24.5
Changelog 1.6

北京数字绿土科技股份有限公司

LiDAR360 用户手册

激光雷达数据处理和分析软件



www.lidar360.com

版权

北京数字绿土科技股份有限公司

LiDAR360 V9.0

用户手册

版权及版本

文件版本9.0

版权©北京数字绿土科技股份有限公司。版权所有。本文件的复印和打印必须遵守LiDAR360相关软件的最终用户许可协议中的条款。

由

北京数字绿土科技股份有限公司出版

网址: www.lidar360.com

尊敬的用户：

感谢使用LiDAR360软件。很高兴向您提供激光雷达点云数据处理服务。北京数字绿土科技股份有限公司致力于不断提升我们的产品。因此我们感谢您对我们的软件、培训和文件材料的改进提出意见和建议。请通过info@lidar360.com联系我们，谢谢。

法律注释

数字绿土®为北京数字绿土科技股份有限公司的注册商标。本文件中提到的其它商品名、公司名和品牌名可能是其持有者的商标财产。

版权所有

© 2026 北京数字绿土科技股份有限公司

印刷日期：2026年1月1日

简介

LiDAR360是一款强大的激光雷达点云数据处理和分析平台，拥有10余种国际领先的点云数据处理算法，单机可同时处理超过300G点云数据，并支持分布式处理。平台包含丰富的地物智能分类、特征提取，以及交互处理功能，可为地形、林业、矿山、实景三维、电力等行业提供支持。

具体而言，LiDAR360包含以下模块：

- 航带拼接 — 基于严密的几何模型自动匹配来自不同航带、架次的数据，实时显示拼接结果, 生成高精度点云。并提供多种数据质量检查和分析工具，确保数据准确性。
- 数据管理 — 该模块为用户提供自动化的点云、栅格、矢量、模型数据处理工具，如去噪、分块、裁剪、合并等，以及丰富的数据格式转换、坐标转换工具。
- 统计 — 基于点数、点密度、Z值等对点云进行统计分析，评估数据质量。
- 分类 — 基于形态学及深度学习算法的地物自动化分类功能，可对机载、地基激光雷达采集的各类场景的点云数据进行分类，支持地面、建筑、植被、道路、车辆、及电力、交通场景的多种地物。并为用户提供点云/影像深度学习训练工具，帮助用户分类出任意所需的地物。
- 矢量编辑 — 提供50余种矢量绘制、交互及辅助编辑工具，支持基于点云、影像半自动提取地物轮廓，并以质检、整饰等工具支持矢量数据生产的完整流程。
- 地形 — 支持生成DEM、DSM、DOM、等高线等地形产品，并可对其进行添加断裂线、置平等交互操作，确保用户生产出理想的地形成果。并提供山体阴影、排水线、水淹区域、可视域、日照量等分析功能，以及变化检测、偏差分析、断面分析等工程测量工具。
- 机载林业 — 基于机载点云数据提取多种森林结构参数（如：高度分位数、叶面积指数、郁闭度等），分割单木并提取单木属性（包括单木位置、树高、枝下高、冠幅等），利用多种回归分析功能，结合地面调查数据反演森林生物量、蓄积量。
- 地基林业 — 基于地基点云进行单木分割，树干提取，并获取单木属性（包括树高、胸径、枝下高、立木材积、生物量等），并可生成成果报告，创建每棵树木均符合真实尺寸的森林三维模型。
- 矿山安全 — 基于点云、影像等数据提供了针对井下矿与露天矿的安全监测与分析应用。可实现井下巷道三维模型自动构建、简化、平滑等，从而进行巷道体积测算、断面分析等应用，露天矿可进行体积变化分析、边坡线自动提取、边坡安全风险自动识别等。
- 建筑物建模 — 提供了一套基于机载点云与航拍影像数据的联合构建工具。包括基于已有2D矢量底图自动三维建筑物模型构建，点云与倾斜（或下视）影像自动对齐、影像（倾斜影像、正射影像、材质）纹理贴图、建筑物属性计算（建筑物高度、海拔、占地面积、屋顶面积、体积、建筑物形态、模型）等，并提供了一系列模型、影像编辑工具。根据CityGML标准，模型可达LOD2.2精度。
- 地质 — 基于机载点云数据提取提取地形特征、地质结构面特征等。
- 光谱 — 提供完整的高光谱与多光谱数据处理分析能力。支持光谱数据预处理、光谱库管理、光谱角分类及多种地物信息提取。内置包括NDVI、NDWI等在内的113种光谱指数计算工具，用于植被健康度、水体识别、矿物填图等定量分析，并可与其他模块联动，实现光谱与点云、影像数据的融合分析与联合分类。
- 分布式计算 — 提供强大的集群计算能力，支持将海量点云与影像处理任务（如噪声过滤、重采样、分类、地形生成等）动态分发至局域网内多台计算机节点并行处理。通过智能任务调度与负载均衡，显著提升TB级数据的处理效率，将传统单机数天的计算任务缩短至数小时，轻松应对超大规模项目需求。
- 影像处理 — 支持对下视、倾斜的真彩色、红外、高光谱影像进行空三构建，添加控制点生成具有真实坐标的空三工程。支持相机检校、畸变校正、区域网平差以及特征点交互等功能，保证用户生成理想的正射影像成果。

LiDAR360版本

模块	免费版本	全功能版本
数据可视化	√	√
海量数据支持	√	√
数据管理	申请7天免费试用	√
预处理	申请7天免费试用	√
UAV精度质检	×	√
分布式	×	√
统计	申请7天免费试用	√
分类	申请7天免费试用	√
地形	申请7天免费试用	√
矢量编辑	申请7天免费试用	√
机载林业	申请7天免费试用	√
地基林业	申请7天免费试用	√
矿山	申请7天免费试用	√
建筑建模	申请7天免费试用	√
影像	申请7天免费试用	√
光谱	申请7天免费试用	√
地质	申请7天免费试用	√

开始

安装LiDAR360软件请参考安装和激活。使用软件请参考教程。

安装

开始安装前，请从北京数字绿土科技有限公司官方网站下载最新版本的GreenValley Suite安装程序。

操作环境

- 内存（**RAM**）：不小于32GB。
- 中央处理器（**CPU**）：Intel® Core™ i5/i7；双核处理器。
- 显示适配器：推荐GTX 970版本以上的NVIDIA独立显卡，显存不小于4GB.
- 操作系统：微软 Windows 7 （64位），微软 Windows 8 （64位），微软 Windows 10（64位），微软 Windows 11（64位）或Windows Server 2012及以上。

> 注意： 为确保软件的最佳性能和稳定性，我们建议使用 Windows 10 或更高版本的操作系统。在 Windows 7 的某些特定配置下，本软件不保证能完全兼容，可能会出现运行异常。
>
> 注意： 请使用高性能图形模式运行软件，操作步骤见调整高性能图形模式。
>
> 注意： 如果使用着色器渲染点云颜色策略，需要支持OpenGL和glsl版本不低于4.6，及显存不少于4GB的显示适配器。

安装步骤

1. 运行GreeenValley Suite安装程序。
2. 安装对话框出现，点击“下一步”。
3. 如果你接受许可证协议中的条款，点击“我同意”以继续。
4. 选择安装路径（或者采用默认设置），然后点击“安装”。
5. 安装完成后，点击“完成”。

许可证管理器

LiDAR360许可证为软件授权码，授权码根据LiDAR360用户所提供的激活信息生成。获得授权码后可按以下操作激活LiDAR360。

1.运行LiDAR360。

2.点击文件 > 激活License，license管理对话框将出现。

3.软件授权模式分为单机授权和集团授权，收到授权码后，可以通过在线或者离线方式进行激活和迁出。

- 单机授权
  - 激活/更新

    在线激活/更新：当用户可联网时，在“单机授权”标签页，输入授权码，选择“在线”，点击“激活”联网进行激活或更新，或者选中Key列表中的授权码，点击鼠标右键，弹出的菜单中选择“激活key”。可在界面上查看授权码的过期时间，在key列表选中授权码，在当前key支持的软件列表界面查看各个模块授权的到期时间。点击 ，可以使用代理，设置地址、端口、用户名和密码。

离线激活/更新：输入授权码，选择“离线”，点击“生成请求文件”，生成请求文件（.req）。借助一台可联网电脑，浏览器输入 https://user.bitanswer.cn ，输入授权码登录，点击“离线升级”，上传请求文件（.req），并下载生成的升级文件（.upd)。在license管理界面，点击“应用许可文件”。

- 迁出

  当用户需要解除授权码和机器的绑定时，可在线或离线对授权码进行迁出。授权码迁出之后，通过再次激活可以在本台机器和其它机器使用，可重新输入授权码进行激活。试用激活码不支持迁出。

  在线迁出：在“单机授权”标签页，输入授权码，选择“在线”，点击“迁出”，或者选中Key列表中的授权码，点击鼠标右键，弹出的菜单中选择“迁出key”。点击 ，可以使用代理，设置地址、端口、用户名和密码。

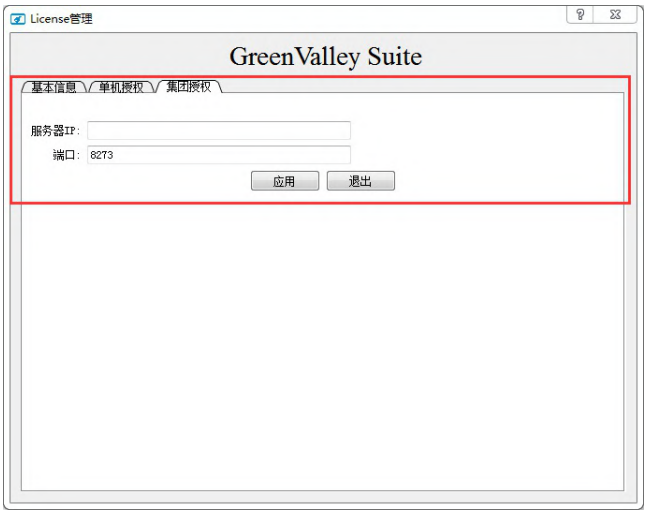
离线迁出：输入授权码，选择“离线”，点击“生成迁出文件”，生成迁出请求文件（.req）。借助一台可联网电脑，在浏览器输入 https://user.bitanswer.cn ，输入授权码登录，点击离线升级，上传请求文件（.req），并下载生成的升级文件（.upd)。在license管理界面，点击“应用许可文件”。

- 删除

当用户需要将授权信息从机器上删除时，可在授权码上点击鼠标右键，选择删除key。授权码删除之后，在本台机器可以再次激活进行使用，无法在其它机器使用。

- 集团授权

  在局域网内的集团服务器上安装集团授权服务工具并添加集团服务扩展模块，在集团授权管理中心，通过在线或者离线的方式激活授权码，局域网内其它用户在license激活界面输入服务器的IP地址，端口默认为8273，无需修改，点击“应用”。



6.点击license管理界面右上角的帮助按钮，可以查看license管理的帮助手册。

> 注意：如果更新授权码的时候软件已经打开，更新后请重启软件。
>
> 注意：如果授权码已经在其中一台机器上使用，现在要在另一台机器上使用，应该先在第一台机器上对授权码进行迁出。若激活码已经被删除，应该先在本台机器上进行激活，然后再进行迁出。
>
> 注意：请联系info@lidar360.com询价及购买许可证密钥用于激活LiDAR360。

使用着色器渲染点云颜色策略

软件目前提供使用着色器渲染点云颜色策略的选项，开启后可使用分窗口渲染功能，用户可根据需要进行选择，选择步骤如下：

1. 点击软件右上角Ribbon工具栏上点击显示设置 > 渲染 > 使用着色器渲染颜色策略。
2. 点击“确定”后，将提示是否重启软件，若重启即可完成渲染点云颜色策略的切换。选择“Cancel”后，软件不重启，将会在下次启动软件时以所设置的颜色策略进行渲染。

3.使用着色器渲染颜色策略指的是同一点云在不同窗口可以按不同的颜色策略显示，渲染采用的是可编程管线着色器shader技术。

工具说明

本章详细介绍了LiDAR360软件的菜单栏、工具栏、工程管理窗口以及工具箱中各个功能的用法。

- 起始页
- 工具栏
- 快速工具栏
- Ribbon工具栏
- 工程管理窗口
- AI问答助手

Ribbon Tab功能介绍

- 文件
- 工具
- 预处理
- 分类
- 矢量编辑
- 地形
- 机载林业
- 地基林业
- 矿山
- 建筑物
- 影像
- 光谱
- 显示工具

工具箱功能介绍

- 安置
- 数据管理
- 统计
- 分类
- 地形
- 矢量编辑
- 机载林业
- 地基林业
- 矿山
- 建筑物

- 影像
- 光谱

起始页

如下图所示，软件启动后，开始页如下所示。

开始页可通过标题旁边的关闭按钮关闭，还可通过[显示]->[显示/隐藏]->[开始页]的勾选来控制显隐性。

最新消息

最新消息展示了软件更新内容，包含新增模块和功能以及已有功能的完善。

开始

开始部分提供了若干工程操作功能。

最近文件

最近文件列表记录了软件最近成功打开文件的列表。鼠标左键单击文件，会将文件加入到当前窗口(Viewer)中，如果当前没有窗口，则会创建一个窗口，并将数据添加进去。

资源

资源包括：访问公司网址、快速入门、提交需求、提交BUG、检查更新、投影基准网络、关于、免费试用申请等。

工具栏

本章详细介绍了LiDAR360软件界面左侧一列的工具栏中，各个功能的用法。

- 显示模式
- 玻璃效果
- 实时等高线
- EDL显示
- 视图工具
- 全局显示
- 交叉选择
- 设置点大小与类型
- 新建窗口及2D/3D切换
- 剖面查看

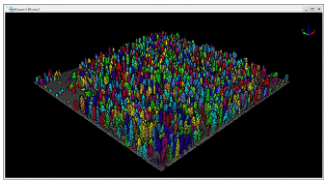
显示模式

功能描述：可显示或隐藏窗口显示模式设置界面，设置界面如图所示。

步骤

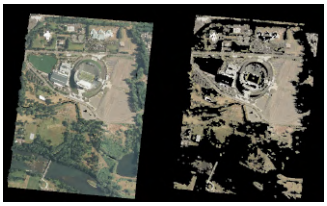
1. 选择要设置显示模式的窗口。
2. 选择要控制渲染的数据类型。
3. 在渲染下拉框中选择渲染模式：目前点云支持的渲染模式有按高程显示、按强度显示、按类别显示、按RGB显示、按GPS时间显示、按树ID显示、混合显示等近20种。
4. 设置渲染模式的参数,对应窗口会根据设置的参数进行数据对象的渲染。

下图展示了按树ID显示的效果图：



点云按**RGB**显示

1. 选择要设置显示模式的窗口。
2. 选择点云类型。
3. 选择按RGB显示，点云按RGB属性显示。
4. 点击选择颜色按钮，弹出选择颜色窗口。 在选择颜色窗口中设置颜色。也可点击"Pick Screen Color"按钮，在点云窗口中点击要拾取颜色的像素点（如选择地面颜色的点云）。点击"OK"按钮结束颜色选择。
5. 勾选“指定颜色渲染”，出现缓冲区设置界面，点云按选择的颜色显示（如仅显示地面点）。
6. 修改缓冲区数值，可以修改允许显示的颜色范围。下图左侧为按RGB显示，右侧为按指定颜色渲染。



矢量显示

矢量支持按高程、文件、等高线、图层显示四种模式。

1. 高度 根据矢量数据的高程做赋色。
2. 文件 不同的矢量文件设置不同的颜色方案。
3. 图层 不同图层设置不同的颜色，支持单个图层的显隐控制。

矢量支持修改矢量点大小，线宽，面填充。 启动面填充后，支持修改面的透明度，对面填充进行随机赋色。

> 注意：按等高线显示只针对利用点云生成等高线生成的shp格式文件有效。

栅格显示

栅格支持按单波段和山体阴影显示。

1. 单波段 根据栅格数据的单元格数值进行软件，支持选择不同颜色条，叠加山体阴影。
2. 山体阴影 以灰度图叠加山体阴影渲染。
3. 类别 根据栅格数据的分类信息，对不同的类别设置不同的颜色进行显示。

表格显示

表格支持按高度和文件显示。

1. 高度 按表格文件中各点坐标的高程显示
2. 文件 不同的表格文件按不同的颜色显示，颜色可设置

模型显示

模型支持按照高度、类别、纹理、语义、顶点颜色显示。

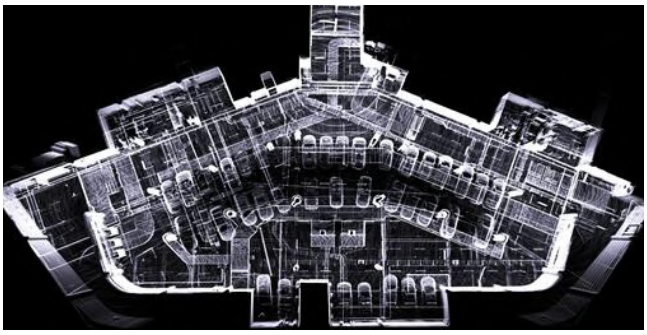
1. 高度 按模型高度显示
2. 类别 单色显示，可设置颜色
3. 纹理 对于有纹理的LiModel、LiBIM和3DTile文件，按纹理色彩显示
4. 语义 对于LiBIM文件，屋顶、墙面、地面按不同颜色显示
5. 顶点颜色 对具有顶点颜色的模型文件(如曲面重建生成的obj)，按照顶点颜色显示为彩色模型

支持修改模型数据的透明度。

玻璃特效

Glass 功能描述：对窗口内的点云数据启用玻璃效果，如同隔着玻璃看点云显示，视觉出现半透明效果。

点击此功能后，可以对当前窗口内的内容启用或禁用玻璃效果，下图是启用玻璃效果图：

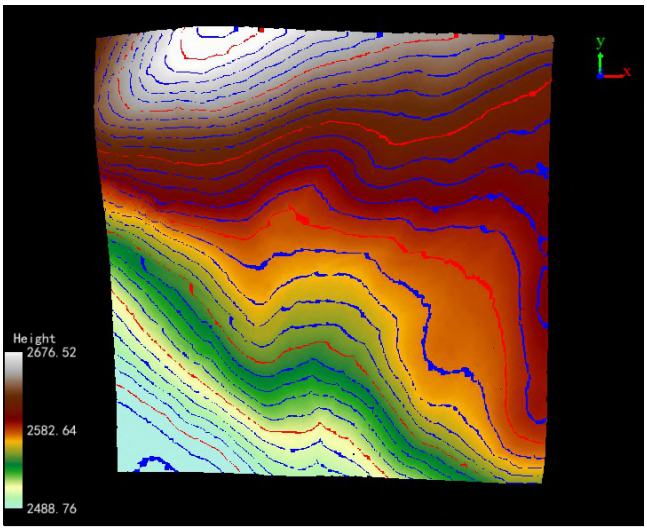


> 注意：玻璃特效可以和其它显示效果叠加，只针对点云数据有效果。

实时等高线

功能描述：控制对窗口内的点云和模型数据使用实时等高线效果。

开启此功能后，可以对当前窗口内的点云和模型数据启用实时等高线效果，下图是启用实时等高线效果图：



等高线参数设置参考选项>渲染设置>实时等高线设置。

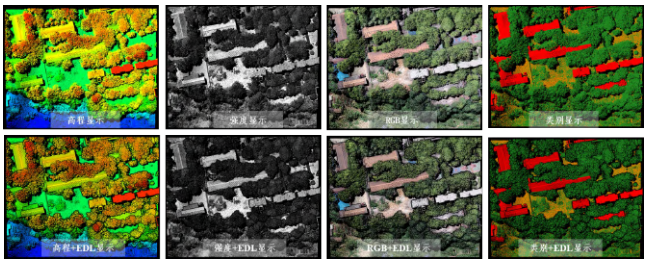
> 注意：实时等高线特效可以和其它显示效果叠加，针对点云和模型数据有效果。

EDL显示

EDL 功能描述：可用于点云数据的显示，与其它显示方式配合使用，以增强显示点云地物的轮廓特征信息。

步骤

1. 使用鼠标单击加载了点云数据的窗口，将其设置为当前激活窗口。
2. 点击工具栏上的EDL按钮，场景中点云数据将按EDL的方式增强显示效果，不同显示方式下使用EDL前后点云显示效果对比如图所示。



> 注意：此功能只对点云数据起作用。

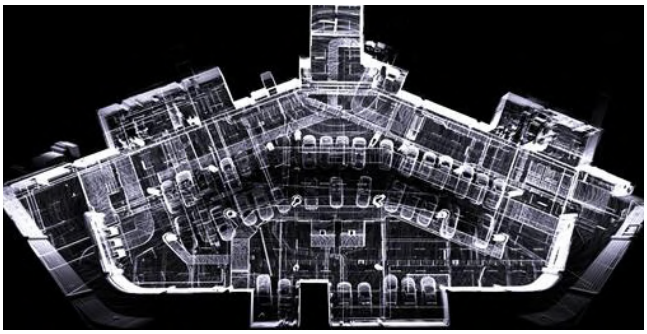
X-Ray特效

功能描述：对窗口内的点云数据启用XRay效果，可以透视看到点云的内部。

参数设置

- 范围：当前录屏窗口的场景画面。
- 遮蔽：遮蔽参数越大，点云整体亮度越高。

点击此功能后，可以对当前窗口内的内容启用或禁用X-Ray效果，下图是启用X-Ray效果图：



> 注意：X-Ray特效可以和其它显示效果叠加，只针对点云数据有效果。

视图工具

显示当前激活视图的各个默认视图。

功能描述：设置相机位置查看顶视图，即从+z到-z方向查看三维数据，平面为x-y平面。

功能描述：设置相机位置查看底视图，即从-z到+z方向查看三维数据，平面为x-y平面。

功能描述：设置相机位置查看左视图，即从-x到+x方向查看三维数据，平面为y-z平面。

功能描述：设置相机位置为右视图，即从+x到-x方向查看三维数据，平面为y-z平面。

功能描述：设置相机位置为前视图，即从-y到+y方向查看三维数据，平面为x-z平面。

功能描述：设置相机位置为后视图，即从+y到-y方向查看三维数据，平面为x-z平面。

功能描述：设置相机位置为x-y面前倾45°。

功能描述：设置相机位置为x-y面后倾45°。

功能描述：改变视图的投影方式，视图支持正交和透视两种投影方式。只针对3D显示的视图。快捷键：F3

> 注意：上述功能只针对3D显示的视图；此功能不重置视点中心位置，若需重置到默认视点，请点击全局显示。

全局显示

功能描述：全局显示功能适用于所有LiDAR360支持的数据类型，用来使所有的数据以顶视图的方式铺满整个窗口，以达到对数据进行全局浏览的目的。

> 注意：当系统有多个窗口时，此功能只针对当前激活窗口起作用。

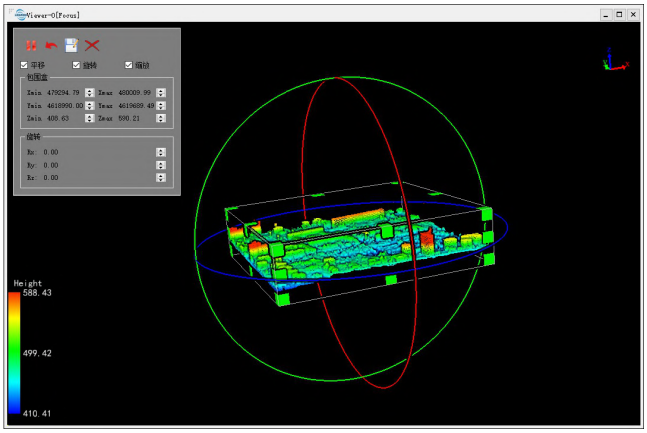
交叉选择

功能描述：可查看指定包围盒范围内的点云数据，包围盒的范围和旋转量可由界面交互输入，包围盒的平移、旋转、缩放也可由鼠标交互定义，此工具可用于水淹分析等功能。

步骤

1. 点击此功能后在窗口上弹出设置界面，默认情况下包围盒处于可编辑状态：

2. 平移、旋转、缩放三个组合框分别控制包围盒的平移、旋转、和缩放开关。
3. 点击按钮包围盒编辑状态暂停，恢复正常的场景交互。
4. 点击按钮包围盒回到点云的初始状态。
5. 点击按钮可以将包围盒内的数据导出为LiData文件。
6. 点击按钮退出交叉选择。
7. 如图所示，按住鼠标左键拖拽包围盒六个面可以实现包围盒的平移，被拖拽的面高亮显示；按住鼠标左键拖拽红色、绿色、蓝色的轨迹圆可以实现包围盒绕X轴、Y轴、Z轴的旋转，被拖拽的轨迹圆高亮显示；按住鼠标左键拖拽绿色矩形的关键点可以实现包围盒的缩放，被拖拽的关键点高亮显示。



参数设置

- 快捷键：无。

- 功能输入：当前窗口有点云数据。
- 平移：控制鼠标交互平移包围盒的开关。
- 缩放：控制鼠标交互缩放包围盒的开关。
- 旋转：控制鼠标交互旋转包围盒的开关。
- 包围盒范围：可精确调整包围盒X、Y、Z方向的最大值和最小值。
- 包围盒旋转：分别控制包围盒绕X、Y、Z三轴的旋转角。

> 注意：此功能针对当前激活视图中的所有点云数据。

设置点大小与类型

功能描述：设置整个软件系统中三维点云的点的大小和类型。

步骤

1. 点击设置点大小与类型，弹出界面：

2. 设置点的大小、显示类型，点击确定；

参数设置

- 圆形：该参数定义了点云的显示类型，若勾选，则点按照圆形显示，若不勾选，则点按矩形显示。
- 固定大小：该参数定义了软件系统中点以固定大小显示，可滑动下面的滑动条设置点在0-50像素之间显示。
- 自适应大小：该参数定义了软件系统中点自适应窗体中的视椎体深度显示。

> 注意：此功能针对当前系统中所有的点云数据，若需针对单个点云进行特殊设置，需点击点云数据的右键菜单 > 点大小设置。

新建窗口

功能描述：新建窗口功能将在系统中添加一个新的空窗口。

2D/3D视图

2D 功能描述：当前激活窗体以2D模式显示。当前窗口切换为2D模式之后，状态栏上会显示旋转角的设置滑块，拖动滑动可以设置窗口的旋转角度，旋转角的范围是0°~360°，顺时针为正

3D 功能描述：当前激活窗体以3D模式显示。

> 注意：若视图中包含栅格数据，则视图默认2D模式显示，不可切换3D模式，删除栅格数据后，可切换3D模式。

剖面查看

功能描述：剖面编辑功能支持用户在主窗口中将划定的任意一块矩形区域点云数据展示在剖面窗口中，方便用户查看、量测、类别修改等操作。

利用LiDAR数据生产高精度地形产品，需要利用人工对自动分类的结果进行检查，这时就需要利用剖面查看工具。LiDAR360 从V5.0版本开始提供剖面查看功能，可以更高效的完成分类检查。

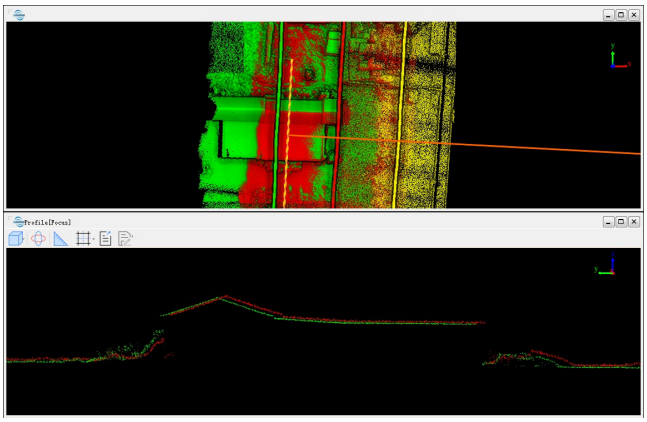
- 剖面绘制工具
- 剖面窗口工具

剖面与量测工具

开启剖面的状态下，点云窗口不支持量测功能，剖面窗口支持单点选择、多点选择、长度量测、角度量测、坡度量测和高度量测。

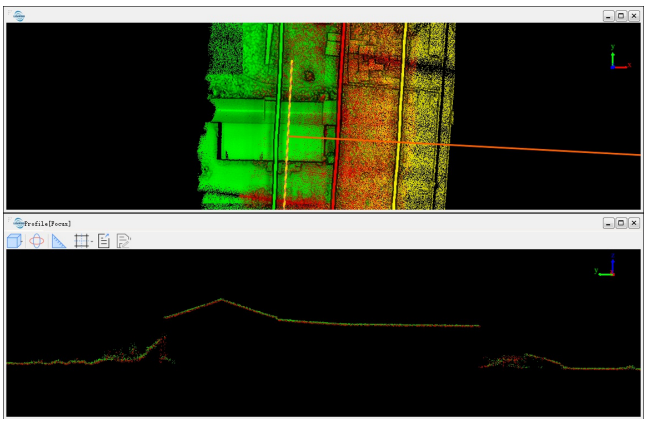
剖面窗口与航迹拼接

在航迹拼接功能中，我们需要在剖面窗口中查看由安置角误差造成的不同航带之间的数据位置差异。



上图可以清晰看到拼接前点云的相对位置。

拼接过程中，可以通过剖面窗口实时查看不同参数的拼接效果：

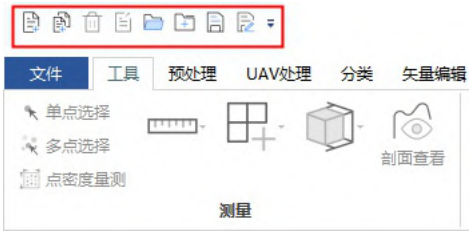


确保无误后就可以根据当前参数对点云进行变换，直接写入磁盘。

另外，利用剖面窗口的量测工具还可以协助人工估计俯仰角（Pitch）、翻滚角（Roll）和航偏角（Heading）。详细方法可以参考航带拼接。

快速工具栏

如下图所示，快速工具栏位于软件的左上角，包含的功能有： 添加数据、 删除数据、 导出数据、 工程操作。



添加数据

功能描述：LiDAR360支持的数据类型包括点云、栅格、矢量、表格、模型、轨迹、影像工程7大类。

LiDAR360支持的点云数据格式包括LiData（*.LiData自定义点云格式）、LAS（*.las,*.laz）、ASCII（*.txt, *.asc, *.neu, *.xyz, *.pts, *.csv）、PLY（*.ply）、E57(*.e57)、PCD(*.pcd)，其中，LiData为软件自定义点云数据格式，与点云相关的分析处理操作均基于该格式。LAS、ASCII、PLY、E57、PCD等格式的点云数据导入软件之后将自动生成对应的LiData格式进行后续处理。

第一次加载数据时会进行数据转换，根据弹出的加载界面，针对用户不同需求，转换成能支持海量数据高效浏览处理的LiData格式。

点击文件->数据->添加数据 （另外，也可以直接点击）调出添加数据界面。

添加**LAS**数据

1. 选择要加载的LAS文件，首次加载将会弹出下图所示的界面，界面最上方显示了要打开的LAS数据所在的路径，Header标签页中描述了LAS头文件信息，包含LAS数据的版本号、源ID、系统标识符、生成软件、文件创建日期、文件头大小、 从文件起始处到第一个点数据记录首个字段的字节数、变长记录数、点数据格式ID、点数据记录数、是否压缩、各个回波次数的点数、X/Y/Z比例因子、X/Y/Z偏移量、最小X/Y/Z坐标、最大X/Y/Z坐标等信息。

2. 抽稀。选项标签页中可以在打开点云时对其进行抽稀。抽稀支持两种模式。隔点抽稀和体素抽稀。
   - 隔点抽稀（默认为**“1”**）：每隔n个点取一个点进行导入。
   - 体素抽稀：体素抽稀方法通过移除部分相距较近或在给定大小的网格单元内的点来降低点云密度。首先基于3D网格进行细化，然后以相应的策略保留格网中的一个点。
   - 体素大小（默认为**“0.05”**）：网格单元大小。
   - 保留点策略（默认为“第一个点”）：用于决定算法以怎样的方式保留进入到格网中的点。方法和描述见下列表格：

保留点策略	描述
第一个点	第一个进入体素的点
最高点	体素中最高的点
最低点	体素中最低的点
高度中值点	体素中Z值处于中间位置的点

平均点	以体素中所有的点的平均值创建一个点
格网中心点	创建体素中心点
最大强度	体素中反射强度最大的点
最小强度	体素中反射强度最小的点
最大时间	体素中时间最晚的点
最小时间	体素中时间最早点

1. 属性选择。选择LAS数据的属性以及附加属性，默认导入LAS数据的所有属性信息。

2. 选择坐标系或坐标转换。可以为点云数据定义坐标系,还可以进行重投影或者自定义坐标变换，输入坐标系的关键词可快速找到对应的坐标系，也可以点击添加坐标系按钮的下拉菜单，选择从WKT中导入或者从PRJ中导入坐标系。可参考重投影。

3. 投影转换。
    - 源坐标系。若用户只选择“源”坐标系，将为导入点云定义“源坐标系”，并覆盖Las文件已有的坐标系。类似于功能“定义投影”。
    - 目标坐标系。若用户已选择“源”坐标系，还可以选择“目标投影”以完成重投影操作。用户选择目标坐标系的情况下必须选择“源”坐标系。
4. 坐标转换。
    - 用户可以为点云定义和应用七参数、四参数、3D仿射变换、XYMultiply、线性变换等坐标转换关系。可参考创建转换关系。
5. 点击*Apply*表示对当前选择的LAS数据采用当前设置导入到软件中，并开始加载点云。如果选择*Apply All*，则在关闭

软件之前，再导入其它LAS数据，均采用此次设置，不会再弹出打开LAS数据的对话框。

添加**TXT**数据

1. 选择要加载的TXT文件，将弹出下图所示的界面：

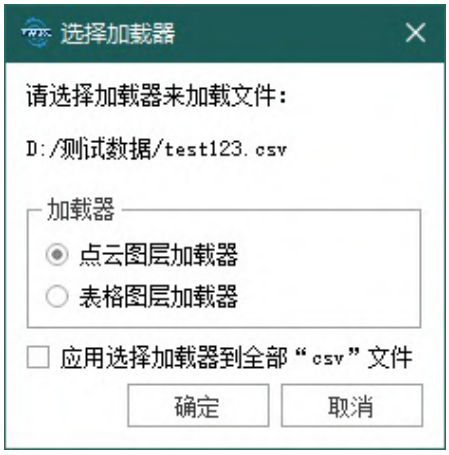
文件名处显示了要打开的数据所在的路径，如果数据中有文件头，文件头所在的行将以红色高亮显示。打开附加属性页，勾选上所需要的附加属性信息，双击"属性名"列名对附加属性名称进行编辑，选择附加属性的数据类型，目前对于ASCII数据，只支持整型（Integer）和 实数（real）两种数据类型。

1. 分隔符：一般而言，软件可以自动识别文件的分隔符，用户也可以在分隔符处选择相应的分隔符。
2. 忽略数据：通过在跳行数处选择跳过第X行可忽略文件头以及其它不想要的数据。
3. 数据的选择：软件将默认选择X、Y、Z所在的列，用户可点击每一列上方的下拉按钮，自主选择每一列数据对应的属性，选择Ignore表示忽略该列数据，且该列数据可以作为附加属性导入。
4. 点击附加属性页，勾选需要导入的附加属性，支持属性的重新命名，双击“属性名”列中相应的属性名称进行修改，目前附加属性的类型支持整型和实数型。

5. 抽稀。可参考添加**LAS**数据中的“抽稀”。
6. 坐标系和坐标转换选项，可参考添加**LAS**数据中的“选择坐标系或坐标转换”。

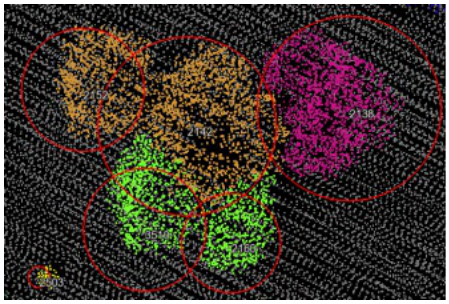
添加**CSV**数据

1. 选择要加载CSV数据，将弹出下图所示的界面：



CSV数据可以选择打开为表格或者打开为点云。

2. 一般而言，如果是单木分割生成的CSV文件，建议打开为表格，数据类型可以选择点或者圆，如果选择以点的方式显示，需要指定X、Y、Z对应的列。如果选择以圆的方式显示，除X、Y、Z之外，还需要指定圆的直径对应的列。

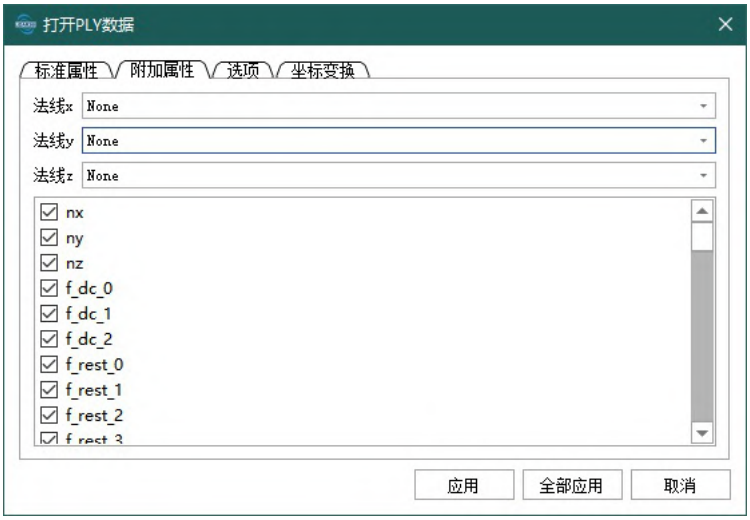


3. 显示标签的复选框用于决定是否要在软件中显示每个点或圆的标签，如果选择显示标签，需指定标签对应的列，如：单木分割后树木的ID。如果选择打开为点云，将会弹出与打开TXT数据相同的界面，具体设置可以参考添加TXT数据部分的描述。

添加**PLY**数据

1. 选择要加载到软件中的PLY数据，弹出下图所示的界面:

2. 分别指定X、Y、Z坐标对应的属性。
3. 如果有Intensity信息则选择相应字段，若有颜色信息则分别选择R、G、B对应的属性，如果没有，则选择None。
4. 点击附加属性页，若PLY文件有Normal X,Normal Y,Normal Z属性，则可以将 Normal 信息作为附加属性导入，其他的附加属性显示在列表中，勾选所选信息生成相关附加属性。



5. 坐标系和坐标转换选项，可参考添加**LAS**数据中的“选择坐标系或坐标转换”。
6. 抽稀。可参考添加**LAS**数据中的“抽稀”。
7. 设置完成后，点击应用。

添加**E57**数据

1. 选择要加载的E57文件，首次加载会将弹出下图所示的界面，界面最上方显示了要打开的E57数据所在的路径，Header标签页中描述了E57头文件信息，包含E57数据的扫描数据节点名称，版本号、XYZ的缩放因子、偏移量以及包围盒信息。

2. Option标签页中可以选择打开点云时对其进行隔点抽稀，默认打开所有点，也可以选择E57数据的属性以及附加属性，默认导入E57数据的所有属性信息。

3. 坐标系和坐标转换选项，可参考添加**LAS**数据中的“选择坐标系或坐标转换”。
4. 抽稀。可参考添加**LAS**数据中的“抽稀”。
5. 点击应用表示对当前选择的E57数据采用当前设置导入到软件中，并开始加载点云。如果选择应用所有，此次所打开的数据均采用此设置。

添加**PCD**数据

LiDar360支持若干PCD固定字段的读取：

PCD字段	对应读入**360**中的属性
x/y/z	x/y/z
normal_x	附加属性 Normals的x分量
normal_y	附加属性 Normals的y分量
normal_z	附加属性 Normals的z分量
intensity	强度值
rgb	点云的r、g、b分量

1. 选择要加载的PCD文件，首次加载会将弹出下图所示的界面，界面最上方显示了要打开的PCD数据所在的路径，Header标签页中描述了PCD标准头文件信息。

2. Option标签页中可以选择打开点云时对其进行隔点抽稀，默认打开所有点，也可以选择PCD数据的属性以及附加属性，默认导入PCD数据的所有属性信息。

3. 坐标系和坐标转换选项，可参考添加**LAS**数据中的“选择坐标系或坐标转换”。
4. 抽稀。可参考添加**LAS**数据中的“抽稀”。

添加栅格数据

栅格数据就是将空间分割成有规律的网格，每一个网格称为一个单元，并在各单元上赋予相应的属性值来表示实体的一种数据形式。在最简单的形式中，栅格由一组单元（像素）组成，组织成行和列（网格），其中每个单元格包含表示信息的值。每一个单元（像素）的位置由它的行列号定义，所表示的实体位置隐含在栅格行列位置中。因为这种特点，在做数据分析通常很容易快速编写出高效代码。

1. 点击 文件 > 数据 > 添加数据 。
2. 选择需加载的栅格数据，点击打开。

添加矢量数据

矢量数据可以用原始的分辨率和形式表示，图形输出通常更美观（相比传统地图表示），不需要数据转换，可以保持精确地理位置。当前支持.gpkg、.shp、.dxf和.kml格式。

1. 点击 文件 > 数据 > 添加数据 。
2. 选择需加载的矢量数据，点击打开。

添加模型数据

LiDAR360支持的模型数据格式包括Model（*.LiModel,*.LiTin,*.LiBIM,*.LiTree）、OSG data(*.osgb,*.ive,*.desc,*.obj）、DXF File(*.dxf），其中，LiModel文件是根据DEM或DSM生成规则三角网模型，保存规则格网点，根据四叉树对规则三角网模型进行分块组织与存储，也可以对其叠加DOM纹理信息。LiTin文件是根据点云生成的非规则2.5D三角网模型，按照高程加以着色，利用光照阴影特效提高显示效果。可以对其进行置平、删除、增加顶点、增加断裂线等各种编辑，提高根据其生成等高线的质量。LiBIM是根据点云生成的建筑物模型。LiTree是根据单木信息生成的树木模型文件。 osgb数据支持拖动名称为Data的文件夹进场景显示。

1. 点击 文件 > 数据 > 添加数据。
2. 选择需加载的模型数据，点击打开。

添加轨迹数据

目前LiDAR360支持的轨迹文件三种轨迹文件（*.traj、*.pos、*.out）。

对于traj和pos格式，需要设置读取方式，包括字段顺序、跳过行数和分隔符。在字段中，必须设置的字段包括GPS时间、经纬度（或者GridX、GridY）、高度、Roll角、Pitch角、Heading角。对于out格式，不需要选择字段。

若输入点云数据的GPS时间为GPS周秒，需要转换为GPS协调时。输入数据的采集日期，功能内部会计算GPS周数，首先算出GPS标准时，在计算GPS协调时减去了10的9次方。

当设置了经纬度字段而未设置GridX、GridY字段时，需要在选择坐标系页面设置需要转换的坐标系，默认推荐坐标系为对应经度的WGS 84 UTM投影坐标系；同时设置的情况下会直接使用GridX、GridY作为投影坐标值，不做投影变换。out格式的轨迹文件只有经纬度信息，因此也需要设置坐标系。坐标系设置方法可以参考定义投影页面。

添加空中三角测量结果数据

空中三角测量结果，包含了影像的内外方位元素信息，其中一部分格式也包含了连接点信息。目前LiDAR360支持的空中三角测量结果包括内部格式（*.LiAep）、LiMapper工程（*.limap）、包含影像的LiGeoreference工程（*.ligeo）、BlocksExchange xml交换格式（*.xml）、Pix4d工程（*.p4d）、Inpho工程（*.prj）。选择除内部影像工程之外的格式后，均会转换成内部影像工程（*.LiAep），以便在其它功能中使用。

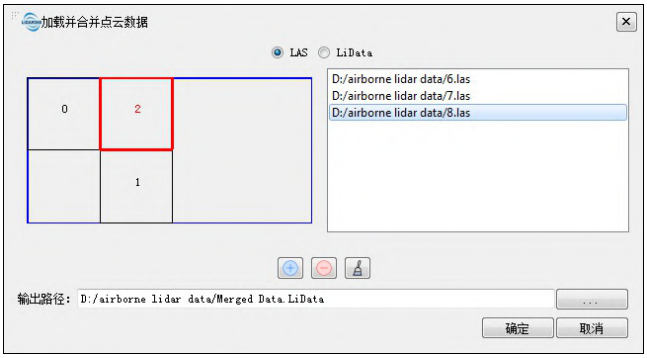
> 注意：LiDAR360支持通过直接拖拽的方式添加该类数据，如果拖拽不起效果，点击这里了解更多。

加载并合并点云数据

功能描述：该功能可用于向工程中添加多个LAS或者LiData，并将它们合并为一个数据。将需要处理的多个小文件通过加载并合并为一个数据后，可提升在软件中的交互体验和数据处理效率。

步骤

1. 点击打开设置界面：



左边为所选择数据的外接包围盒，选择相应的数据，其对应的外接包围盒将以红色高亮显示。

2. 选择添加数据的格式：LAS或者LiData。无论选择的数据为LAS或者LiData，合并后的数据均为LiData格式。
3. 点击浏览要被加载到工程中的数据。
4. 可以点击移除选中的数据。
5. 也可以点击清除所有数据。

删除数据

功能描述：在数据处理工作中，添加和删除数据是很频繁的操作。

步骤

1. 数据目录树上选中需要删除的数据，此时主菜单栏的图标被激活。
2. 点击即可移除选中数据。

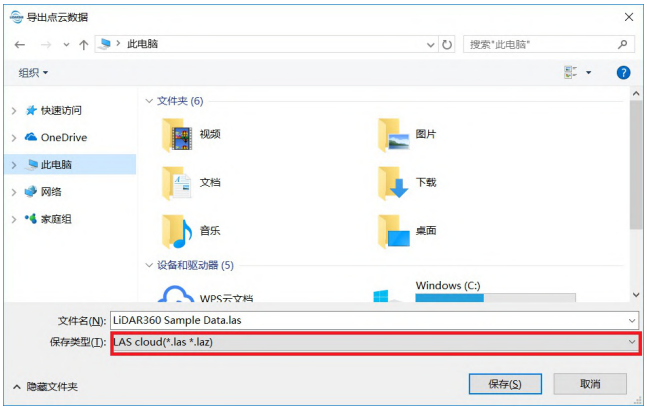
> 注意：在某些功能的处理过程中，LiDAR360是不允许移除数据的，此时即使选中目录树上的数据，图标也不会激活，直到功能结束，例如剖面功能。

导出数据

功能描述：正如在添加数据描述的那样，LiDAR360支持多种点云数据的导入，并统一转换成LiData点云文件格式。在此基础上，也支持LiData数据导出成为多种形式，例如LAS（*.las，*.laz）(1.2-1.4版本)、ASCII（*.txt, *.asc, *.neu, *.xyz, *.pts, *.csv）、PLY（*.ply）和E57(*.e57)等。

步骤

1. 数据目录树上选中需要导出的数据：
2. 右键点击弹出菜单，选择导出，或者直接在主菜单点击图标，弹出设置菜单。
3. 设置导出文件类型、导出路径以及文件名：



4. 点击保存，完成操作。

工程操作

新建工程

功能描述：开始处理新数据时，最好新建一个工程。如果没有创建，我们会默认新建一个未命名工程，你只需要在关闭软件时保存工程即可。

1. 点击 或者主菜单文件->新建工程。
2. 如果对当前工程做出更改，关闭之前需确认保存更改。
3. 保存工程文件只保存加载的数据图层和工程设置，而不是保存真正的数据。当把一个工程文件转移到另一个存储位置时，请移动与该工程关联的所有文件(保留它们的相对路径)。

打开工程

功能描述：点击主菜单文件->打开工程，弹出打开工程界面，然后选择需要加载的工程文件，点击打开。打开一个工程文件(*.LiPrj)，迅速恢复原来的设置。

保存工程

功能描述：保存当前工程。单击此按钮后弹出保存界面。设置存储路径和工程名称后进行保存。

工程另存为

功能描述：单击此按钮或者主菜单文件->工程另存为弹出另存界面，设置保存路径和新工程名称。点击保存完成操作。另存工程文件（*.LiPrj）。

关闭工程

完成当前作业后，你可以点击主菜单文件->关闭工程。关闭当前工程，开启下一个工程。

Ribbon工具栏

Ribbon工具栏位于LiDAR360右上角，如下图所示。包含功能有： 批处理 、帮助文档、专业模式和简单模式的切换。选项 以及帮助，帮助中包含了软件的主题设置、组标题是否可见、帮助、快速入门、FAQ、访问公司网址、提交BUG、提交需求、以及检查更新。

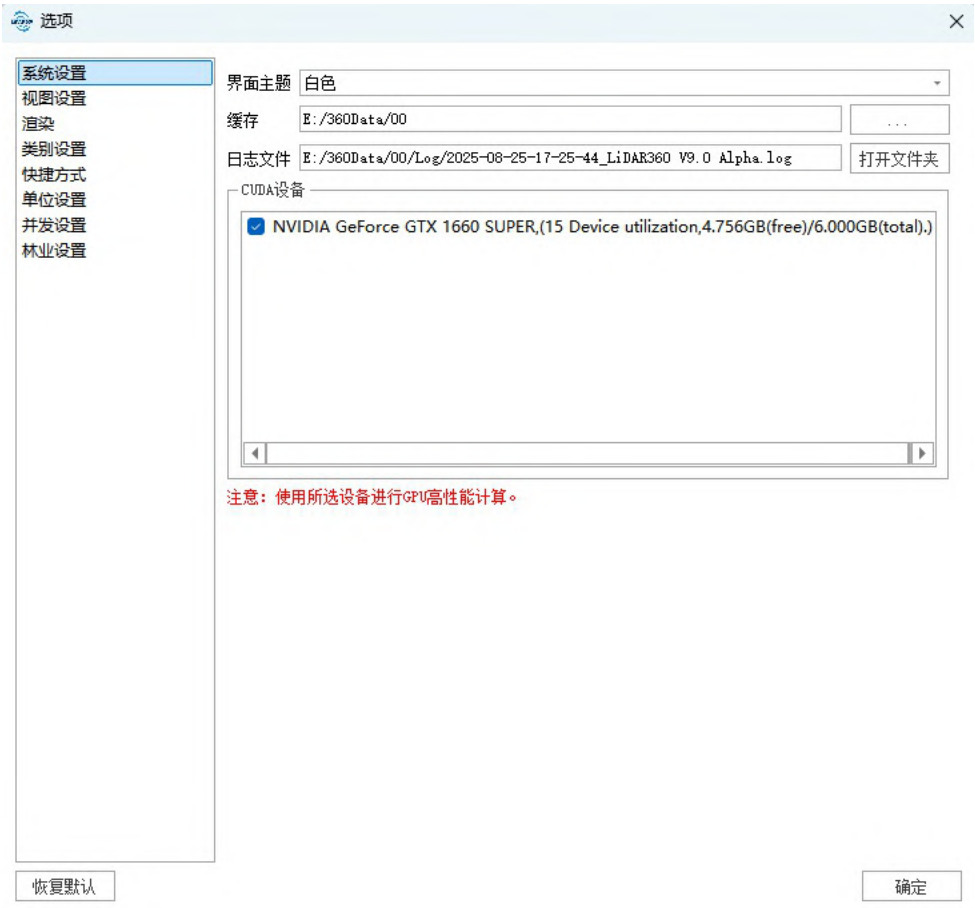
专业模式和简单模式针对地形、机载林业、地基林业模块的数据处理。专业模式把行业相关的功能都罗列到一起，用户可根据需要进行选择性数据处理，可针对不同质量、特征的数据，进行参数的设置和处理方法的选择。而简单模式提供了一种快速生成行业产品的方法，点击“运行”，设置好相应的功能参数后，软件会对数据进行一键式全流程处理，生成所有的成果文件，并将其存放到指定目录中。

选项

功能描述： 能包括软件系统设置、视图设置、渲染、类别优先设置、快捷方式、测量设置。类别优先设置了类别在剖面的类别的优先顺序，并会在分类界面和剖面图的类别设置界面上按照顺序显示。快捷键方式是系统常用功能的快捷键。

步骤

1. 此功能后弹出界面如下图所示。系统设置包括界面主题设置及语言设施。可选择主题，包含的主题有风景主题、蓝色主题、白色主题、暗灰主题。



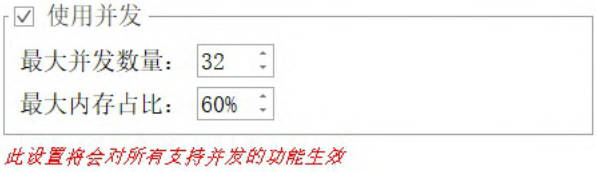
2. “视图设置”选项设置包含软件中所有视图的模型显示光照设置、背景颜色(勾选背景颜色旁的“渐变”选项，可开启渐变背景效果)、点云中点的显示设置、标签属性。光照设置只能应用于模型文件（如LiModel、LiTin、OSGB等），在光照设置中可以改变光源的位置。

3. “渲染”选项包含实时等高线设置。 用户可设置实时等高线基准、等高距、线宽、首曲线和计曲线的绘制颜色等。“使用着色器渲染颜色策略”勾选框设置是否使用着色器来渲染点云的颜色策略，着色器渲染颜色策略指的是同一点云在不同窗口可以按不同的颜色策略显示，渲染采用的是可编程管线着色器shader技术。
4. “类别设置”选项可以定义软件中的默认类别。
5. “快捷方式”选项，可以让用户自定义快捷键，设置方式参见快捷方式.
6. “单位设置”选项，界面变化如下图所示。

默认的源单位及目标单位一致，则在测量时显示结果为对应单位的结果；若源单位与目标单位不一致 时，在测量

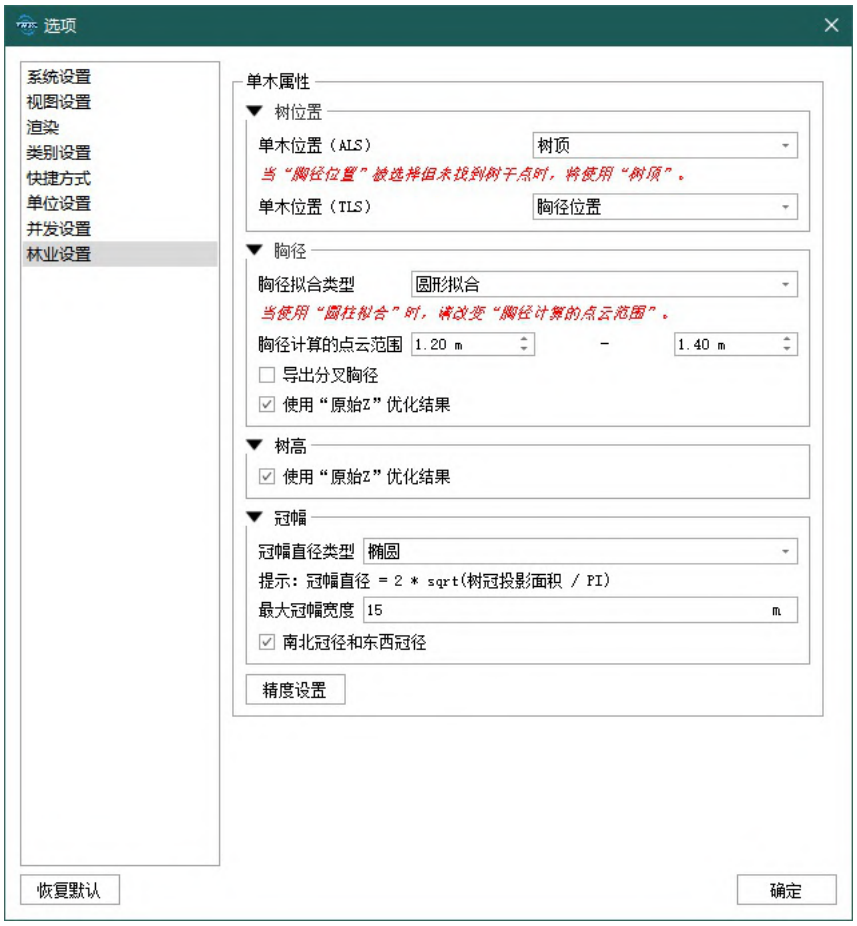
时，会将结果乘以源单位与目标单位的Scale，显示的单位会为实际的目标单位。

7. 点击“并发设置”选项，界面变化如下图所示。



此处可以设置程序某些运算过程使用的并发参数。“使用并发”勾选框设置是否使用并发，目前可以使用 并发参数的功能包括去噪、噪声滤波和点云平滑。“最大并发数量”指在计算过程中同时使用最大线程 数，“最大内存使用占比”指并发过程中使用电脑物理内存最大百分比。

8. 点击“林业设置”选项，界面变化如下图所示。



此处可以对林业模块中单木分割、属性统计输出结果和树模型进行设置。

- 参数计算设置:
  - 树位置：
    - 单木位置（机载林业）： 用于设置机载林业单木分割或属性统计输出结果中“树方位”所采用的类型，可选项包括：“树顶”、“重心”、“胸径位置”。
    - 单木位置（地基林业）： 用于设置地基林业输出结果中“树方位”所采用的类型，可选项包括：“树顶”、“重心”、“胸径位置”。
  - 胸径：
    - 胸径拟合类型（默认圆拟合）： 支持圆拟合、椭圆拟合以及圆柱拟合。
    - 胸径计算的点云范围：用于设置在计算DBH时所采用的点云的高度范围。大多数国家采用1.3m（1.2~1.4），日本通常采用1.2m。
    - 导出分叉胸径（默认不勾选）：用于设置地基林业中是否计算分叉胸径。
    - 使用‘原始**Z**’优化结果（默认勾选）：是否采用原始Z值优化胸径结果。‘原始Z’可由“归一化”或“根据地面点归一化”功能得到。

        - 树高：
            - 使用**‘原始Z’**优化结果（默认勾选）：是否采用原始Z值优化树高结果。‘原始Z’可由“归一化”或“根据地面点归一化”功能得到。
        - 冠幅：
            - 冠径直径类型： 用于设置结果中“冠径”的计算方法，可选项包括“平均值”、“按拟合圆推导”、“按拟合椭圆推导”。
                - “平均值”冠径计算公式为“冠径 = (南北冠径 + 东西冠径) / 2”。
                - “按拟合圆推导”计算公式为“冠径 = 2 * sqrt(树冠投影面积 / 圆周率)”。
                - “按拟合椭圆推导”计算公式为“冠径 = sqrt(南北冠径 * 东西冠径)”。
                    - 最大冠幅宽度（默认为**15m**）：林分中所有立木的最大冠幅宽度。主要用于单木分割相关功能以及单木属性统计。当设置过小时会导致过分割。设置过大时会导致程序运行效率降低。
            - 南北冠径和东西冠径：用于设置结果中是否输出“南北冠径”及“东西冠径”。
        - 属性的精度：用于设置输出结果中除胸径外的其他属性数值所保留的小数位数。
    - 树模型入库：

        - 树模型： 选择要更新或删除的树模型。选择“添加自定义树模型”来新增树模型。
        - 模型名称： 设置要新增的树模型的名称。在树模型下拉框选择“添加自定义树模型”时出现。
        - 影像文件： 设置该模型中远景显示时使用的影像文件。远看时，树木以该影像文件十字交叉的模式显示。
        - 模型文件： 设置该模型近景显示时使用的精细模型文件。近看时，树木使用该模型进行精细展示。注意：模型的Y方向为树高的方向，且模型原点在树木根颈处。
        - 移除： 移除当前选择的树木模型。
        - 增加/更新： 增加当前设置的树模型。同名模型存在时，更新该树模型。
9. 点击恢复默认按钮，恢复到系统默认值。
10. 键盘上的快捷键P可调整光源位置。

快捷方式

功能描述：设置软件各功能的快捷键。

步骤

1. 点击下方标签页，选择需要修改快捷方式的模块。
2. 找到需要修改的功能，双击右侧编辑框，进入编辑模式后输入快捷键。

   > 注意：如果设置的快捷键与其它快捷键冲突，会弹出提示框，修改将会还原，需要重新设置。
   >
   > 注意：平台页以及另一部分通用快捷键，如撤销、重做等，程序不支持对这类快捷键进行修改。
   >
   > 可以使用Ctrl、Alt、Shift这三个键中的其中一个或者多个与其它按键组成组合键。

3. 鼠标单击选择某一行，点击清除当前按钮可以清除当前选择快捷键。
4. 清除所有按钮可以清除当前页面下所有功能的快捷键。
5. 重置修改按钮可以将所有页面经过修改的快捷键重置为未修改时的状态。
6. 恢复默认按钮可以将所有页面的按钮快捷键恢复到软件默认的状态。
7. 修改完成后，点击确定，修改的快捷键将会保存并生效。

工程管理窗口

工程管理包含图层管理、窗口管理、数据源管理三个部分。

- 图层管理
  - 点云
  - 栅格
  - 矢量
  - 表格
  - 模型
  - 轨迹
  - 影像工程
- 窗口管理
- 数据源管理

> 注意：数据可在一个或多个窗口中显示，也可以不在任何窗口中显示；若需数据在一个窗口中显示，可左键拖动数据到指定窗口中显示。

图层管理

功能概述

图层管理对软件中所包含的数据进行分组管理，分组类型包括：点云、栅格、矢量、表格、模型。支持的数据格式如下：

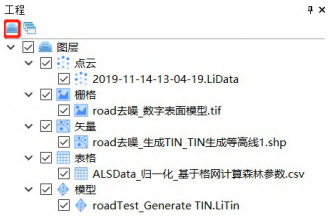
数据格式信息表

数据类型	格式扩展名	描述信息
点云数据	LiData	LiData 点云格式（LiDAR360专有二进制格式，详见 LiData 文档）
	las，laz	LAS 点云格式（激光雷达行业标准格式，laz 为压缩版本）
	txt，asc，neu，xyz，csv	ASCII 点云格式（纯文本格式存储点坐标，不同扩展名对应不同规范）
	pts	PTS 点云格式（徕卡公司专为激光扫描仪设计的点云数据存储方式）
	e57	E57 点云格式（ASTM国际标准，支持存储点云、图像及元数据）
	ply	PLY 点云格式（斯坦福大学开发的通用三维数据格式，最初旨在存储三维模型的三角网格，但其功能已扩展至点云数据的存储）
	pcd	PCD 点云格式（PCL（Point Cloud Library）库专为三维点云数据设计的一种原生文件格式）
栅格数据	tif，tiff	GeoTIFF 格式（带地理参考的栅格数据，支持多波段和空间坐标信息）
	jpg，jpeg	JPEG 格式（有损压缩图像格式，适用于照片类栅格数据）
	img	IMG 格式（Erdas Imagine 专用栅格格式，支持多波段地理数据）
	dat，hdr	ENVI 格式（遥感专用格式，.hdr 存储元数据，.dat 存储原始栅格数据）
矢量数据	shp	Shapefile 矢量格式（ESRI 标准地理矢量数据，需配套文件）
	dxf	DXF 矢量格式（AutoCAD 图形交换文件）
	kml	KML 矢量格式（Keyhole Markup Language，用于地理浏览器如 Google Earth）
	gpkg	GeoPackage 矢量格式（SQLite数据库容器，存储地理空间信息）
表格数据	csv	CSV 表格格式（通用逗号分隔值文本数据）
	treedb	TreeDB 表格格式（LiDAR360专有数据库格式，用于存储树木/植被结构化数据）
模型数据	LiModel	三角规则网络模型格式（LiDAR360专有三维模型格式，详见 LiModel 文档）
	LiTin	非规则2.5D三角网格式（LiDAR360专有不规则三角网格式，详见 LiTin 文档）
	LiBIM	LiBIM 模型格式（LiDAR360专有BIM模型格式）
	LiTree	LiTree 模型格式（LiDAR360专有植被/树木模型格式）
	osgb，ive，desc	OSG 二进制格式（OpenSceneGraph 引擎模型格式）
	obj	OBJ 模型格式（通用三维模型几何定义格式）
轨迹数据	pos，out，traj	轨迹对象格式（存储移动设备/传感器路径数据，如GNSS/IMU轨迹）
影像工程文件	ligeo	LiGeo 工程文件（专有影像工程格式）

	limap	LiMap 工程文件（专有影像工程格式）
	prj	Inpho工程文件（Inpho 专用工程格式）
	p4d	P4D 工程文件（PIX4Dmapper摄影测量软件项目格式）
	xml	XML 格式的块交换文件（ContextCapture Master中导入/导出块定义而指定的开放交换格式）

功能包括整个软件系统中（所有窗口）数据的移除、显隐控制等。通过勾选树节点的复选框可以控制整个软件中数据的显示与隐藏，通过鼠标拖动树节点中的数据拖到不同的窗口中进行显示。数据节点的右键菜单主要负责数据的查询、显示、统计、导出、移除等操作。不同数据类型的数据（包括点云、栅格、矢量、表格、模型等）对应的右键菜单各不相同。

点击（下图中的红框）显示图层列表，如下图所示：



右键菜单

右键点击数据可打开相应的管理菜单。

- 点云
- 栅格
- 矢量
- 表格
- 模型
- 轨迹
- 空三工程

> 注意：图层管理树中的右键菜单对加载了指定数据的所有窗口起作用；而窗口管理树中的右键菜单只对指定窗口中的指定数据起作用。

点云

功能概述

图层管理树中点云数据的右键菜单主要负责管理点云数据的导入和移除，以及针对单个点云数据的查询、显示、统计、导出等操作。

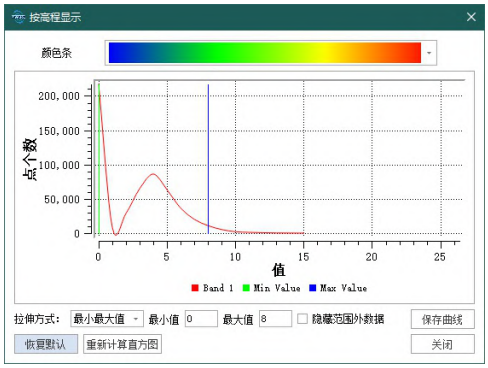
数据类型右键菜单

- 导入数据：LiDAR360支持的点云数据格式包括LiData（*.LiData自定义点云格式）、LAS(*.las, *.laz)、ASCII(*.txt, *.asc, *.neu, *.xyz, *.pts, *.csv)、PLY(*.ply)、E57(*.e57)，其中，LiData为软件自定义点云数据格式，与点云相关的分析处理操作均基于该格式。LAS/ASCII/PLY等格式的数据导入软件之后将自动生成对应的LiData格式进行后续处理。导入数据的流程与工程工具栏上的工具基本一致，参见添加数据。
- 移除所有：移除所有功能将工程中添加的所有点云数据从所有的窗口中移除。

数据右键菜单

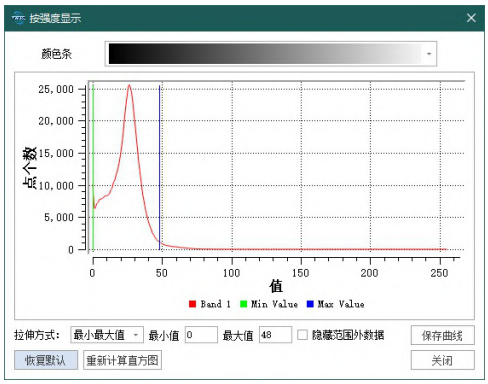
- 信息：查看点云基本信息，包括数据所在路径，坐标信息，X、Y、Z坐标的最小值、最大值，Z的平均值和标准差，最小和最大GPS时间，强度的最小值、最大值、平均值和标准差，点云包围盒，总点数、点云类别统计和回波次数统计，如果包含附加属性信息，则会显示每个附加属性的最大值最小值及类型。如图所示。点击“导出”按钮可以将点云基本信息导出为txt文件。

- 打开所在文件夹：此功能打开文件所在目录。
- 重命名：此功能对文件名称重新命名。
- 显示：设置单个点云文件的显示模式，LiDAR360支持的单个点云文件显示模式多达20种，其中包括按高程显示、按强度显示、按类别显示、按RGB显示、按回波次数显示、按GPS时间显示、按树ID显示、按航线边缘显示、按回波次数显示、按点源ID显示、按扫描角显示、按扫描方向显示、按用户数据显示、按扫描通道显示、按近红外显示、按选择的颜色显示、按混合显示、按组合显示模式、按附加属性显示、按RGB显示附加属性和按树属性显示等。下面详细介绍了其中的几种显示模式设置方法。
    - 按高程显示：弹出如图界面，可以通过最小最大值或者标准差拉伸，以改善显示效果。其中按最小最大值拉伸时，可以设置最小最大值范围外的数据是显示还是隐藏。



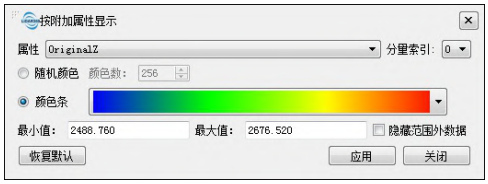
“重新计算直方图”用于统计所有点云的高程直方图。默认打开时，使用的是采样点云数据统计的高程直方图，可能存在统计范围不准确的现象，可以使用重新计算直方图对所有点云进行统计。 界面上显示的直方图可以以pdf的格式导出，点击“保存曲线”按钮，弹出“保存曲线”对话框，如图所示，选择导出曲线的宽度、高度和分辨率，选择输出路径，点击确定按钮，保存曲线。

- 按强度显示：弹出如图界面，可以通过最小最大值或者标准差拉伸，以改善显示效果。其中按最小最大值拉伸时，可以设置最小最大值范围外的数据是显示还是隐藏。

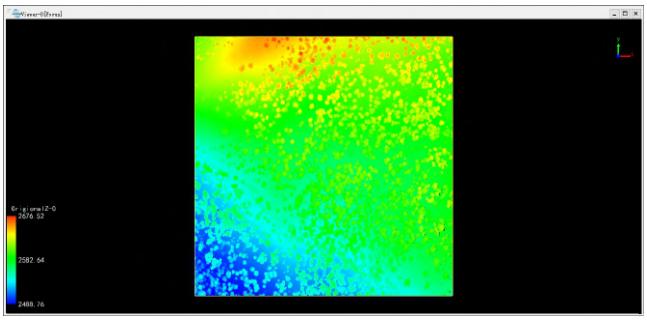


“重新计算直方图”用于统计所有点云的强度直方图。默认打开时，使用的是采样点云数据统计的强度直方图，可能存在统计范围不准确的现象，可以使用重新计算直方图对所有点云进行统计。 界面上显示的直方图可以以pdf的格式导出，点击“保存曲线”按钮，弹出“保存曲线”对话框，如图所示，选择导出曲线的宽度、高度和分辨率，选择输出路径，点击确定按钮，保存曲线。

- 按附加属性显示：弹出如图界面。

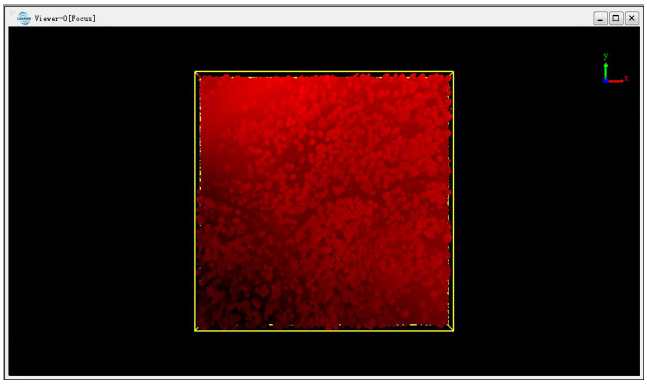


1. (可选)从属性下拉列表框选择要配置颜色的属性。 2. (可选)从标量索引下拉列表框选择要配置颜色的属性索引。 3. (可选)选择随机颜色，在颜色数框中设置要配置的颜色数量。 4. (可选)通过颜色条下拉列表框选择某颜色条。 5. (可选)通过最小最大值设置附加属性该显示分量的拉伸范围。 6. (可选)勾选隐藏范围外数据，超出最小最大值范围的点云不被显示。 7. (可选)点击恢复默认，最小最大值的数值框显示该属性对应分量数据的最小最大值。 8. (可选)点击应用按钮，最终显示效果如图所示。 9. 点击关闭按钮，退出设置界面。



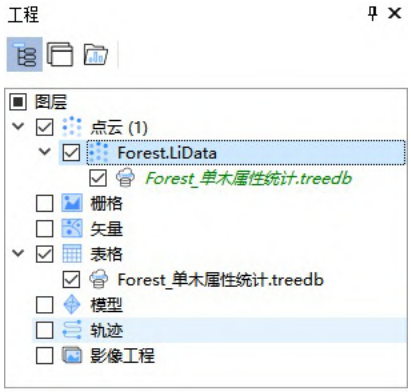
- 按**RGB**显示附加属性：弹出如图界面。

1. (可选)从属性下拉列表框选择要配置颜色的属性。 2. (可选)分别设置红、绿、蓝三通道对应的显示分量索引。 3. (可选)点击恢复默认，红、绿、蓝三通道对应的分量索引设置回初始默认值。 4. (可选)点击应用按钮，最终显示效果如图所示。 5. 点击关闭按钮，退出设置界面。



- 按树属性显示：点云按树属性显示。该功能要让点云关联对应的树属性文件。

1. 在目录树上同时选中点云和待关联的树属性文件，右键点击关联树属性，则对应的树属性文件关联到点云上。

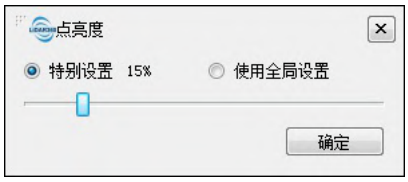


2. 选中点云 右键>显示模式>按树属性显示，弹出如下按树属性显示界面，选择要显示的属性及颜色条，点击应用，则点云按对应的树属性进行显示。

- 缩放到图层：计算当前点云数据的包围盒，并将所有打开该数据的窗口以此包围盒范围进行全局显示。
- 重新统计：重新统计功能可用于重新统计点云数据的Z平均值和标准差、强度平均值和标准差。此功能用于修复旧版LiData数据格式信息不全的问题。
- 导出：将单个点云数据导出为LAS（*.las, *.laz)、ASCII（*.txt, *.asc, *.neu, *.xyz, *.pts, *.csv）、PLY（*.ply）或者E57(*.e57)格式。支持导出的LAS版本号为1.2、1.3、1.4，默认导出为1.4版本。该功能与工程工具栏中的工具基本一致，具体参见导出数据。
- **PCV**：对单个点云数据进行PCV处理，以改善其显示效果。关于点云的PCV处理参见PCV。
- 点大小：对单个点云数据的显示点大小可以单独设置，也可以使用全局的点大小设置，点的形状也有圆形点和方形点两种可选，如图所示。

对于全局的点大小设置，可以使用设置工具栏上的，具体参见设置点大小与类型。

- 点亮度：对单个点云数据的显示点亮度可以单独设置，也可以使用全局的点亮度设置，如图所示。



对于全局的点亮度设置，可以使用设置工具栏上的，具体参见显示设置->点亮度设置。

- 附加属性操作：对单个点云数据的附加属性进行操作，可以清除某附加属性数据或者删除某附加属性，如图所示。

1.添加附加属性：点击添加附加属性，弹出附加属性对话框，设置附加属性名称、类型、维度、默认值、NoData值及描述信息，点击确定后即添加附加属性成功。

附加属性名保持唯一性，若新添加的附加属性已存在，则会提示附加属性已存在，请定义其他附加属性。

2.从属性列表框选择要操作的附加属性。

3.(可选)点击清除数据，将选择的附加属性各分量数据设置为对应的无效值，如果当前点云颜色显示方式与该附加属性有关，点云切换成按高度显示。

4.(可选)点击删除，将删除选择的附加属性，如果当前点云颜色显示方式与该附加属性有关，点云切换成按高度显示。

5.点击关闭按钮，退出该操作界面。

- 移除：从工程中移除选中的点云数据，此功能等同于工程工具栏上的工具，参见删除数据。

参数设置

- 按高度显示：
  - 颜色条：用来映射点云高程属性的颜色条。
  - 拉伸方式：设置直方图的拉伸方式。
    - 最小最大值（默认）：基于最小和最大像素值应用线性伸展，以最小和最大像素值作为直方图的端点。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，线性拉伸将像素值分布在0-255之间，通过将像素值分布在整个直方图范围内，提高图像的亮度和对比度，使图像中的要素易于区分。
    - 标准差：标准差拉伸类型将线性延伸应用于标准差n所定义的值之间。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，如果n为2，则超过第2个标准差的值将变为0或255，其他值在0-255之间拉伸。
- 按强度显示：
  - 拉伸方式：设置直方图的拉伸方式。
    - 最小最大值（默认）：基于最小和最大像素值应用线性伸展，以最小和最大像素值作为直方图的端点。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，线性拉伸将像素值分布在0-255之间，通过将像素值分布在整个直方图范围内，提高图像的亮度和对比度，使图像中的要素易于区分。
    - 标准差：标准差拉伸类型将线性延伸应用于标准差n所定义的值之间。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，如果n为2，则超过第2个标准差的值将变为0或255，其他值在0-255之间拉伸。
- 保存曲线：
  - 宽度：保存曲线的像素宽度。
  - 高度：保存曲线的像素高度。
  - 分辨率：保存曲线的分辨率。
  - 输出路径：保存曲线的输出路径。
- 点大小：
  - 圆形点（可选）：设置点的形状为圆形或方形。
  - 特别设置（可选）：单独设置指定点云数据的显示点大小。
  - 使用全局设置（可选）：使用全局的点大小设置。

> 注意：除了导入数据功能以外，其它右键菜单功能均对加载了选中点云的所有窗口起作用。

栅格

功能概述

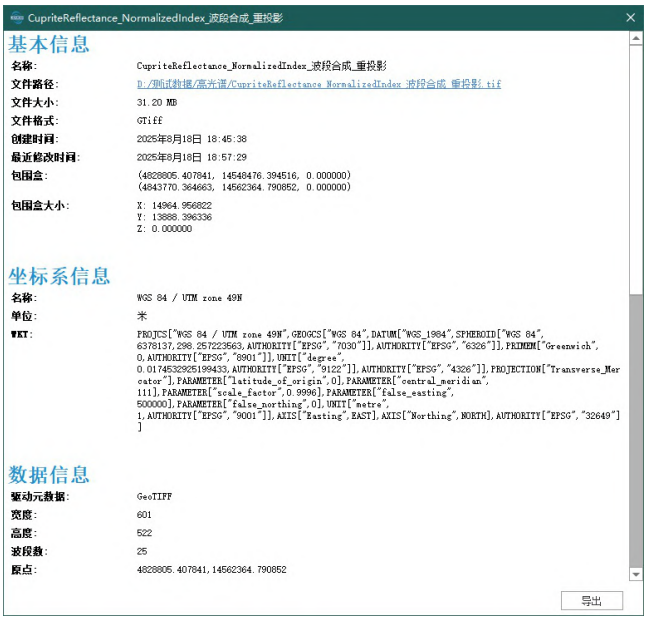
图层管理树中栅格数据的右键菜单主要负责管理栅格数据的导入和移除，以及针对单个栅格数据的查询、显示、统计等操作。

数据类型右键菜单

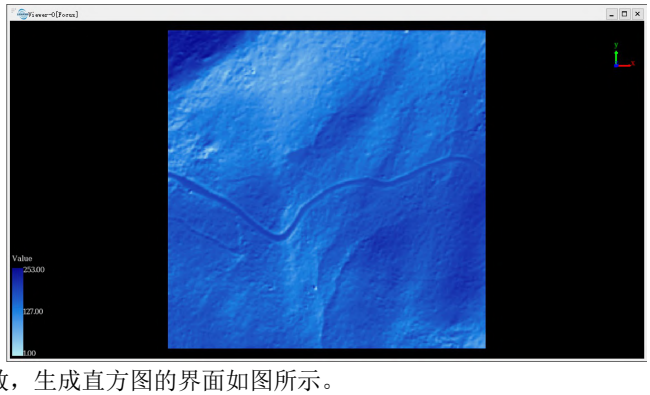
- 导入数据：LiDAR360支持的栅格数据格式包括TIFF\IMG\DAT\HDR\BMP\JPEG。导入数据的流程与工程工具栏上的工具基本一致，参见添加数据。
- 移除所有：移除所有功能将工程中添加的所有栅格数据从所有的窗口中移除。

数据右键菜单

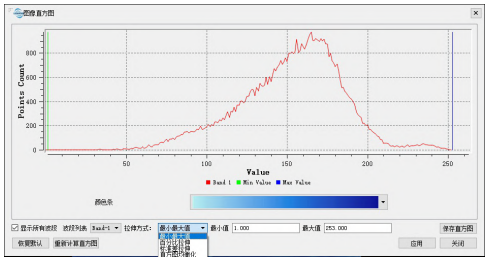
- 信息：查看选中栅格数据的基本信息，包括数据所在路径、行列数、波段数、分辨率、每个波段的无效值、投影信息等，如图所示。



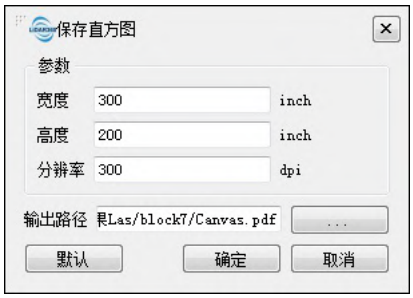
- 打开所在文件夹：此功能打开文件所在目录。
- 直方图：查看栅格数据的直方图信息，可以对各个波段进行拉伸显示。 栅格图形默认以黑白颜色条显示，通过下拉菜单选择一个颜色条，可以更改栅格图形的颜色条，点击应用，场景中的栅格数据以直方图的设置参数显示栅格数据，如图所示。



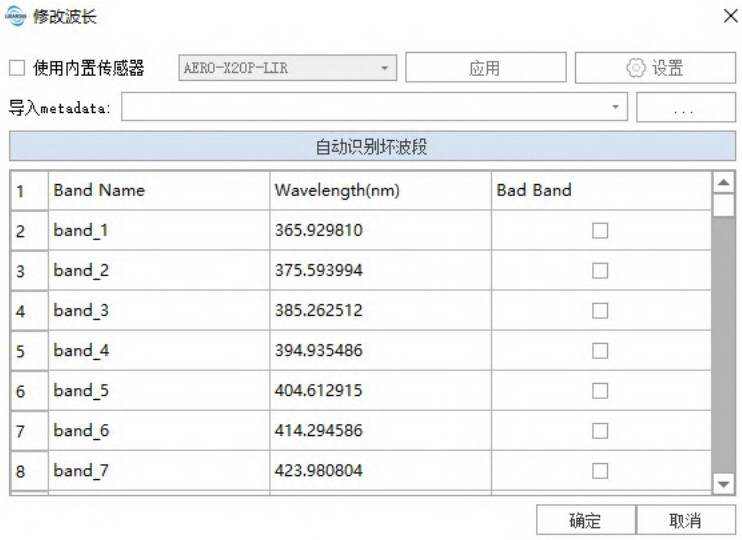
选择对应的拉伸方式和参数，生成直方图的界面如图所示。



“恢复默认”按钮可以恢复初始默认参数。 “重新计算直方图”用于统计栅格图像的所有像素值。默认打开时，使用的是采样数据（采样点数为25万）统计的直方图，当栅格数据的像素个数大于该值时，可能存在统计范围不准确的现象，可以使用重新计算直方图进行统计。 界面上显示的直方图可以以pdf的格式导出，通过点击“保存直方图”按钮，弹出“保存直方图”对话框，如图所示，选择导出直方图的宽度、高度和分辨率，选择输出路径，点击确定按钮，保存直方图。



- 缩放到图层：计算当前栅格数据的包围盒，并将所有打开该数据的窗口以此包围盒范围进行全局显示。
- 缩放到原始比例：根据当前选中栅格数据的分辨率，按照1:1的比例显示该栅格数据。
- 选择**RGB**波段：对于多波段的栅格数据，选择R（红）G（绿）B（蓝）三个波段，进行显示。
- 修改波长：对于多波段的栅格数据，可修改该栅格的波长信息。 当高光谱影像未记录波长信息时，可通过该功能设置每个波段的波长。同时可以标记哪些波段属于坏波段，支持自动识别坏波段(基于每个波段的统计信息是否为异常值及相应的hdr文件进行识别)。表格中的波长及坏波段栏均可以手动编辑。



“使用内置传感器”：勾选该选项可以使用内置传感器对每个波段的波长进行赋值，勾选后导入元数据栏灰置，选择传感器后需点击应用将波长设置到表格中。并可以定义内置传感器。

可定义传感器的名称。导入元数据，可支持导入.hdr .xml与.txt文件，其中hdr需为envi格式的hdr文件，xml为qgis等软件生成的.aux.xml文件且其中记录了波长信息，txt为自定义文件每行单独记录一个波段的波长信息。“导入元数据”:可支持导入.hdr .xml与.txt文件，其中hdr需为envi格式的hdr文件，xml为qgis等软件生成的.aux.xml文件且其中记录了波长信息，txt为自定义文件每行单独记录一个波段的波长信息。“自动识别坏波段”:点击后会自动识别坏波段，并勾选表格中对应波段的坏波段选项。

- 移除：从工程中移除选中的栅格数据，此功能等同于工程工具栏上的工具，参见删除数据。

参数设置

- 直方图：
  - 拉伸方式：拉伸方式包括最小最大值拉伸、裁剪百分比拉伸、标准差拉伸和直方图均衡化。
    - 最小最大值（默认）：基于最小和最大像素值应用线性伸展，以最小和最大像素值作为直方图的端点。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，线性拉伸将像素值分布在0-255之间，通过将像素值分布在整个直方图范围内，提高图像的亮度和对比度，使图像中的要素易于区分。
    - 百分比拉伸：百分比拉伸将线性拉伸应用于最小和最大百分比的像素值之间。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，定义百分比的最小和最大值分别为0.02和0.98，小于0.02表示2488-2492之间的值，高于0.98表示2652-2656之间的值，2488-2492之间的值将变为0，2652-2656之间的值将变为255，其它值在0-255之间分布。
    - 标准差拉伸：标准差拉伸类型将线性延伸应用于标准差n所定义的值之间。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，如果n为2，则超过第2个标准差的值将变为0或255，其他值在0-255之间拉伸。
    - 直方图均衡化：直方图均衡化将对图像进行非线性拉伸，重新分配图像象元值，使一定灰度范围内象元值的数量大致相等。
  - 颜色条：用来映射栅格数据的颜色条。
  - 波段列表：选择用来绘制直方图的波段。
  - 显示所有波段（可选）：是否显示所有波段。
- 保存直方图：
  - 宽度：保存直方图的像素宽度。
  - 高度：保存直方图的像素高度。
  - 分辨率：保存直方图的分辨率。
  - 输出路径：保存直方图的输出路径。

> 注意：除了导入数据功能以外，其它右键菜单功能均对加载了选中栅格的所有窗口起作用。

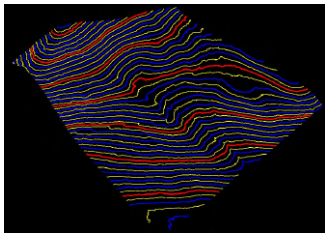
矢量

功能概述

图层管理树中矢量数据的右键菜单主要包括矢量数据的导入和移除，以及针对单个矢量数据的信息显示、打开属性表、缩放到图层、按高程显示、按选择颜色显示、移除。

数据类型右键菜单

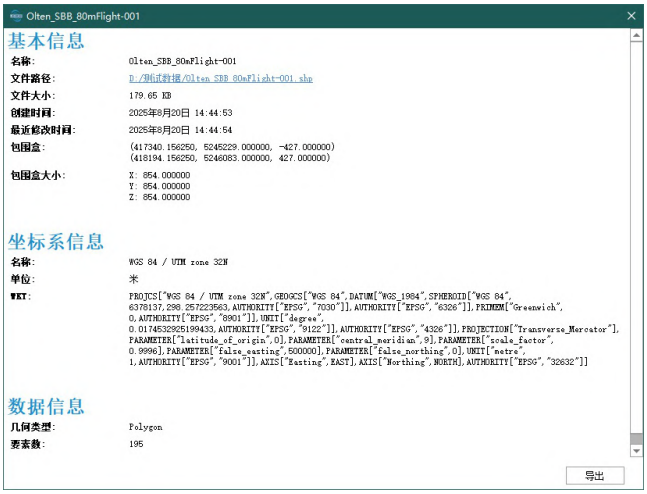
- 导入数据：导入数据格式为.gpkg、.shp、.dxf或者.kml格式的矢量数据，与工具基本一致，参见添加数据，导入LiDAR360由点云生成的等高线显示如图:



  - 单位转换： 导入dxf格式文件时，支持进行单位转换，可以将当前单位（文件中记录的单位）转换为目标单位进行导入。
- 移除所有：将系统中所有矢量数据从软件中移除。

数据右键菜单

- 信息：此功能显示矢量数据基本信息，如要素个数，矢量数据类型，包围盒等。

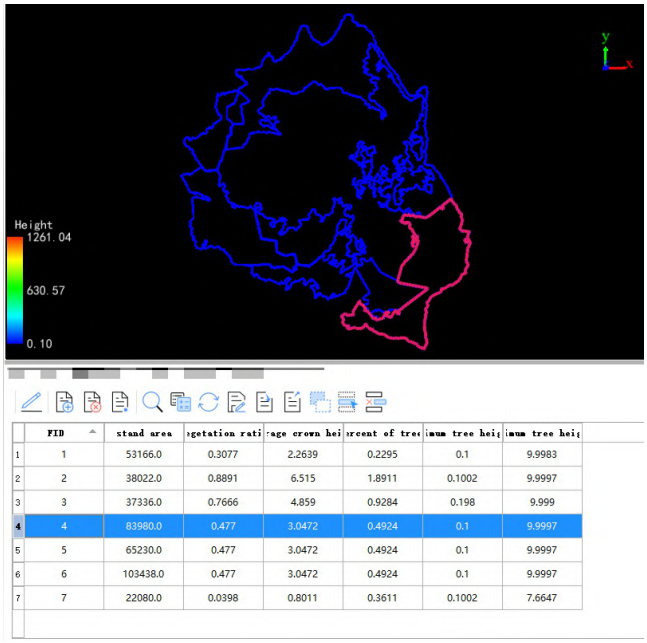


- 打开所在文件夹：此功能打开文件所在目录。
- 重命名：此功能对文件名称重新命名。
- 打开属性表：此功能显示矢量数据的属性表信息。

  支持属性字段的增加、删除、查看、修改属性值、属性计算、导入、导出、反选、删除等。

	FID	stand area	vegetation ratio	rage crown heig	ercent of tree	inum tree heigh	inum tree heigh
1	1	53166.0	0.3077	2.2639	0.2295	0.1	9.9983
2	2	38022.0	0.8891	6.515	1.8911	0.1002	9.9997
3	3	37336.0	0.7666	4.859	0.9284	0.198	9.999
4	4	83980.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
5	5	65230.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
6	6	103438.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
7	7	22080.0	0.0398	0.8011	0.3611	0.1002	7.6647

- 单击属性表中行或单元格，视图中对应的数据会高亮显示，如图所示。



	FID	stand area	vegetation rati	rage crown hei	ercent of tre	imum tree hei	imum tree hei
1	1	53166.0	0.3077	2.2639	0.2295	0.1	9.9983
2	2	38022.0	0.8891	6.515	1.8911	0.1002	9.9997
3	3	37336.0	0.7666	4.859	0.9284	0.198	9.999
4	4	83980.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
5	5	65230.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
6	6	103438.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
7	7	22080.0	0.0398	0.8011	0.3611	0.1002	7.6647

- 双击属性表中行的表头，视图会定位到双击的数据所在位置。
- 开启编辑后，选中多个属性值条目，然后点击右键可进行批量编辑。只有属性字段的类型一致或兼容时才可进行编辑，否则”批量编辑“菜单不可用。

- 缩放到图层：计算当前矢量数据的包围盒，并将所有打开该数据的窗口以此包围盒范围进行全局显示。
- 线宽设置：单个矢量文件的线宽可以单独设置，也可以使用全局的线宽设置，如图所示。

- 按高程显示：将矢量数据的高程属性映射到均匀变化的颜色区间。
- 按选择颜色显示：使矢量数据按固定颜色显示。
- 移除：从软件中将选择的矢量数据移除。
- 保存：在矢量编辑中的文件提供保存功能。

> 注意：除了导入数据和移除所有功能以外，其它右键菜单功能均对加载了此矢量的所有窗口起作用。

表格

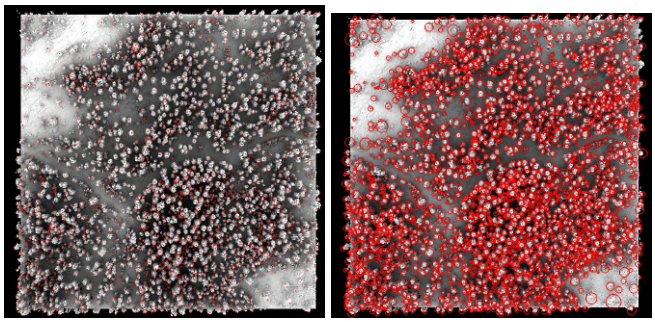
功能概述

图层管理树中表格数据的右键菜单主要包括表格数据的导入和移除，以及针对单个表格数据的基本信息显示、属性表显示、缩放到图层、按选择颜色显示、按高程显示、移除等操作。

数据类型右键菜单

- 导入数据：导入数据格式为CSV（*.csv）或树属性文件（*.treedb）。导入数据时，会弹出对话框，选择以点显示或者以圆显示，设置指定字段X、Y、Z和直径（若选择以圆显示）勾选是否显示标签。

选择以点\圆显示，Viewer上显示效果如图：



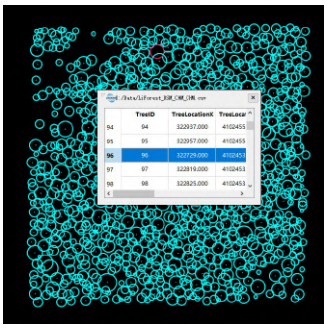
- 移除所有：将系统中所有表格数据从软件中移除。

数据右键菜单

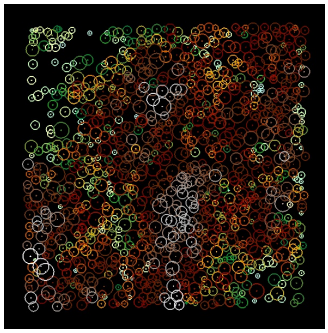
- 信息：查看表格的基本信息，包括数据所在路径及每个属性的最小值、最大值，要素个数。

- 打开所在文件夹：此功能打开文件所在目录。
- 重命名：此功能对文件名称重新命名。
- 属性表：显示表格的内容，如下图所示。

  - 单击属性表中行或单元格，视图中对应的数据会高亮显示，如图所示。



  - 双击属性表中行的表头，视图会定位到双击的数据所在位置。
- 缩放到图层：计算当前表格数据的包围盒，并将所有打开该数据的窗口以此包围盒范围进行全局显示。
- 显示模式：设置当前表格数据的显示模式，包括设置显示为点还是圆，是否显示标签，标签显示字段等。
- 点大小：设置当前表格数据的显示点的大小和形状（圆形点/方形点）。
- 标签大小：设置当前表格数据的显示标签的大小。
- 按选择颜色显示：使表格数据按固定颜色显示。
- 按高程显示：将表格数据的高程属性映射到均匀变化的颜色区间，如下图所示。



- 移除：从软件中将选择的表格数据移除。

> 注意：除了导入数据和移除所有功能以外，其它右键菜单功能均对加载了此表格的所有窗口起作用。

模型

功能概述

图层管理树中模型数据的右键菜单主要包括模型数据的导入和移除，以及针对单个模型数据的信息显示、显示设置、缩放到图层、重新统计、导出等操作。

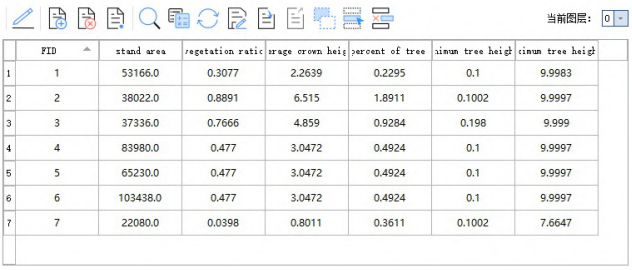
数据类型右键菜单

- 导入数据：LiDAR360支持的模型数据格式包括Model(*.LiTin, *.LiModel, *.LiBIM, *.LiTree)、OSG data(*.osgb, *.ive, *.desc, *.obj)，其中，LiTin、LiModel、LiBIM、LiTree为软件自定义模型数据格式。导入数据的流程与工程工具栏上的工具基本一致，参见添加数据。
- 移除所有：将系统中所有模型数据从软件中移除。

数据右键菜单

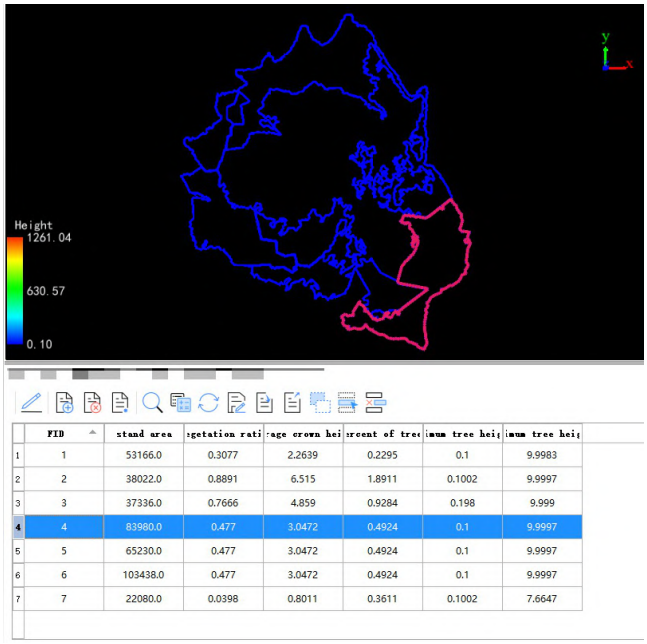
- 信息：此功能只针对LiTin、LiModel和3DTile文件，查看模型的基本信息，包括数据所在路径，X、Y、Z坐标的最小值、最大值，分辨率。

- 属性表：此功能只针对LiBIM文件，显示LiBIM模型数据的属性信息，支持属性字段的增加、删除、查看、按属性字段查询、修改属性值。



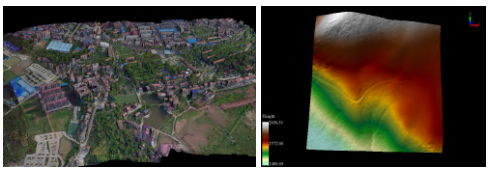
	FID	stand area	vegetation ratio	rage crown heig	ercent of tree	inum tree heigh	inum tree heigh
1	1	53166.0	0.3077	2.2639	0.2295	0.1	9.9983
2	2	38022.0	0.8891	6.515	1.8911	0.1002	9.9997
3	3	37336.0	0.7666	4.859	0.9284	0.198	9.999
4	4	83980.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
5	5	65230.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
6	6	103438.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
7	7	22080.0	0.0398	0.8011	0.3611	0.1002	7.6647

- 单击属性表中行或单元格，视图中对应的数据会高亮显示，如图所示。



	FID	stand area	rgetation rati	rage crown hei	rcent of tree	imum tree hei	imum tree hei
1	1	53166.0	0.3077	2.2639	0.2295	0.1	9.9983
2	2	38022.0	0.8891	6.515	1.8911	0.1002	9.9997
3	3	37336.0	0.7666	4.859	0.9284	0.198	9.999
4	4	83980.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
5	5	65230.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
6	6	103438.0	0.477	3.0472	0.4924	0.1	9.9997
7	7	22080.0	0.0398	0.8011	0.3611	0.1002	7.6647

- 双击属性表中行的表头，视图会定位到双击的数据所在位置。
- 打开所在文件夹：此功能打开文件所在目录。
- 重命名：此功能对文件名称重新命名。
- 显示：设置单个模型文件的显示模式，包括按高程显示、按纹理显示、按光照显示。 按高程显示，显示效果如下图：



- 缩放到图层：计算当前模型数据的包围盒，并将所有打开该数据的窗口以此包围盒范围进行全局显示。
- 模型透明度：设置模型显示的透明度。
- 重新统计：此功能针对LiTin和LiModel数据在完成编辑功能（如置平、平滑等）之后，会对模型数据的X、Y、Z坐标范围等基本信息重新统计。
- 导出：此功能只针对LiModel文件，导出格式为.tif文件。一般而言，将DEM数据转换为LiModel进行三维可视化编辑之后，需要将编辑后的LiModel再导出为TIF格式。
- 移除：从软件中将选择的模型数据移除。

> 注意：除了导入数据和移除所有功能以外，其它右键菜单功能均对加载了此模型的所有窗口起作用。

轨迹

功能概述

图层管理树中轨迹数据的右键菜单主要包括轨迹数据的导入和移除，以及针对单个轨迹数据的信息显示、重命名、缩放到图层、打开所在文件夹、移除等操作。

数据类型右键菜单

- 导入数据：LiDAR360支持的轨迹数据格式包括*.out, *.pos, *.traj等，其中，*.pos, *.traj为软件自定义轨迹数据格式。
- 移除所有：将系统中所有轨迹数据从软件中移除。

单个轨迹数据右键菜单

- 信息：查看轨迹的基本信息，包括轨迹的起始时间、终止时间、最大及最小经纬度、最大及最小高度等。
- 打开所在文件夹：此功能打开文件所在目录。
- 重命名：此功能对文件名称重新命名。
- 缩放到图层：计算当前轨迹数据的包围盒，并将所有打开该数据的窗口以此包围盒范围进行全局显示。
- 颜色配置：修改轨迹在视图中的显示颜色。
- 导出：支持导出为out格式的SBET文件或TXT格式文件。导出为TXT格式时，可选择导出的字段，字段分隔符。
- 移除：从软件中将选择的轨迹数据移除。

影像工程

功能概述

图层管理树中影像工程数据的右键菜单主要包括影像工程数据的导入和移除，以及针对单个空三工程数据的信息显示、打开所在文件夹、移除、支持后续影像模块的计算。

数据类型右键菜单

- 导入数据：LiDAR360支持的空三工程数据格式包括*.liaep, *.ligeo, *.limap, *.p4d, *.prj,等，其中，*.liaep, *.ligeo, *.limap为软件自定义影像工程数据格式。
- 移除所有：将系统中所有空三工程数据从软件中移除。

影像工程右键菜单

- 信息：查看空三工程的基本信息，包括影像数量、连接点数量、坐标系信息等。
- 打开所在文件夹：此功能打开文件所在目录。
- 缩放到图层：计算当前数据的包围盒，并将所有打开该数据的窗口以此包围盒范围进行全局显示。
- 显示相机：是否在三维窗口中绘制影像的视锥体。
- 显示缩略图：是否在三维窗口中绘制影像的缩略图。
- 显示模式：设置当前数据的显示模式，包括按高程显示、按连接点颜色、按附加属性显示。
- 相机投影距离：设置影像视锥体大小。
- 保存：在进行过一些修改操作后，保存该影像工程。
- 导出：将影像工程导出成第三方文件，具体功能查看导出相机页面。
- 移除：从软件中将选择的空三工程数据移除。

相机组右键菜单

- 信息：查看空三工程指定相机组的基本信息，包括相机组所包含影像数量、像主点、焦距、内方位元素等。

单张影像右键菜单

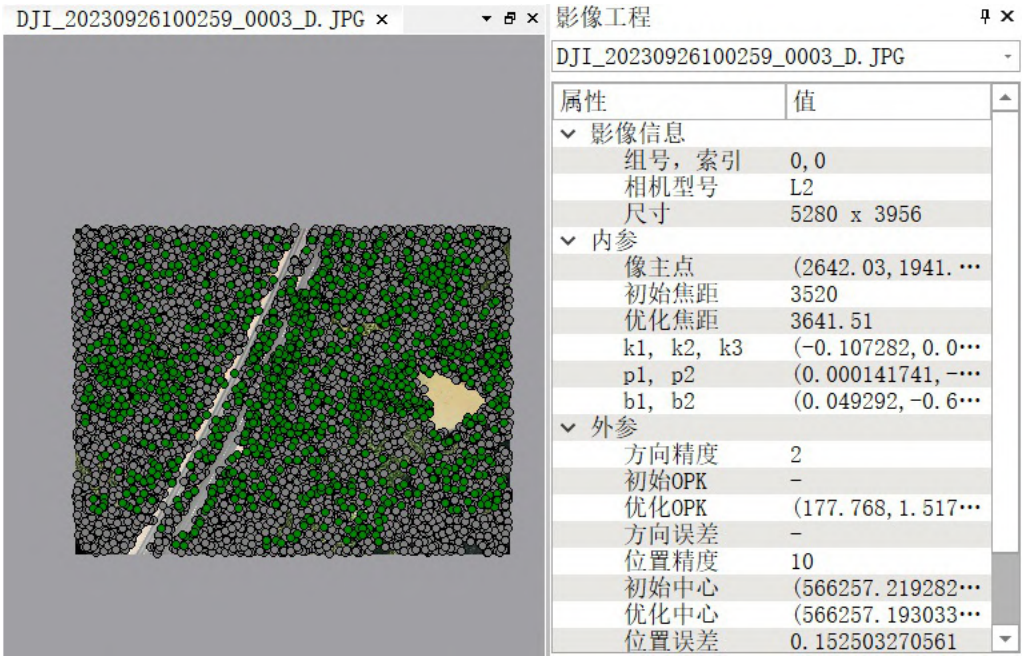
- 移除：将该张影像从影像工程中移除。

连接点集支持信息查看功能。

- 信息：查看连接点集所包含的全部点的基本信息。
- 导出：将连接点导出为其它格式的点云。

单张影像双击窗口

- 双击单张影像会打开影像信息窗口，显示该张影像的所有信息，如图所示。

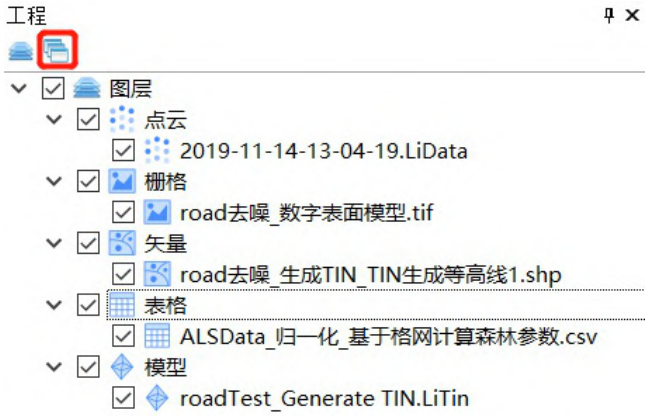

DJI_20230926100259_0003_D.JPG
影像工程
DJI_20230926100259_0003_D.JPG
属性
值
影像信息
组号，索引 0,0
相机型号 L2
尺寸 5280 x 3956
内参
像主点 (2642.03,1941.…
初始焦距 3520
优化焦距 3641.51
k1，k2，k3 (-0.107282,0.0…
p1，p2 (0.000141741,-…
b1，b2 (0.049292,-0.6…
外参
方向精度 2
初始OPK -
优化OPK (177.768,1.517…
方向误差 -
位置精度 10
初始中心 (566257.219282…
优化中心 (566257.193033…
位置误差 0.152503270561

窗口管理

功能概述

窗口管理对软件中所包含的窗口列表以及窗口中所包含数据的列表进行管理。功能主要包括窗口中数据的移除、显示顺序和显隐控制。通过勾选树节点的复选框可以控制某个窗口中各个数据的显示与隐藏，通过鼠标拖动树节点可以控制不同数据在同一窗口上的显示顺序。节点的右键菜单主要负责管理单个窗口中的数据移除，以及单个窗口中单个数据的查询、显示、统计、导出等操作。不同数据类型的数据（包括点云、栅格、矢量、表格、模型等）对应的右键菜单各不相同。

点击（下图中的红框）显示窗口列表，如下图所示：



右键菜单

窗口右键菜单

- 添加数据：导入数据到指定窗口。导入数据的流程与工程工具栏上的工具基本一致，参见添加数据。
- 新建图层组：新建一个图层组。
- 导入图层组：将 liaep 或 ligeo 工程导入为一个图层组。
- 打开窗口：窗口关闭后，可重新打开窗口，并恢复窗口中显示的数据。
- 关闭并移除：关闭窗口，并将窗口和窗口下的数据从工程中移除。
- 移除所有数据：将工程中添加的所有数据从选中的窗口中移除。

数据右键菜单

- 与图层管理操作一致。

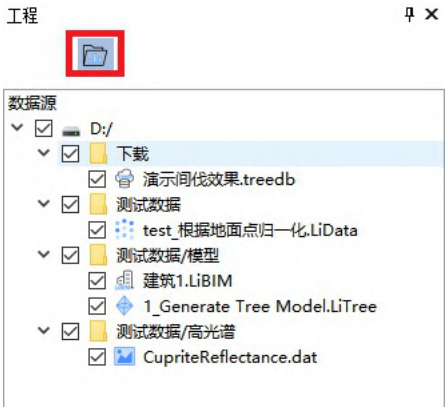
> 注意：窗口管理树中的右键菜单只对指定窗口中的指定数据起作用；而图层管理树中的右键菜单对加载了指定数据的所有窗口起作用。

数据源管理

功能概述

数据源管理对软件中所包含的数据的列表进行管理。功能主要包括数据的移除和显隐控制。通过勾选树节点的复选框可以控制某个数据的显示与隐藏。不同数据类型的数据（包括点云、栅格、矢量、表格、模型等）对应的右键菜单各不相同。

点击（下图中的红框）显示数据源列表，如下图所示：



右键菜单

数据右键菜单

- 与图层管理操作一致。

> 注意：窗口管理树中的右键菜单只对指定窗口中的指定数据起作用；而图层管理树中的右键菜单对加载了指定数据的所有窗口起作用。

AI问答助手

启动软件后，如果显示->显示/隐藏 中的AI助手是勾选状态，则会显示如下图所示图标：

点击该图标会弹出登录窗口，按照提示输入用户名和密码，进行登录。

成功登录后，再次用鼠标点击AI图标，即可显示AI问答助手界面，可根据需求进行询问。

AI问答助手界面支持钉住窗口，使界面一直显示而不切换成小图标样式。也支持点击该界面右上角的dock按钮，将界面嵌入主界面，嵌入后也支持恢复原状。通过显示->显示/隐藏 中的勾选状态可以控制AI界面的显隐。

AI助手（Beta）
欢迎使用绿土AI
今天有什么我可以帮助你的吗?
你想知道什么?

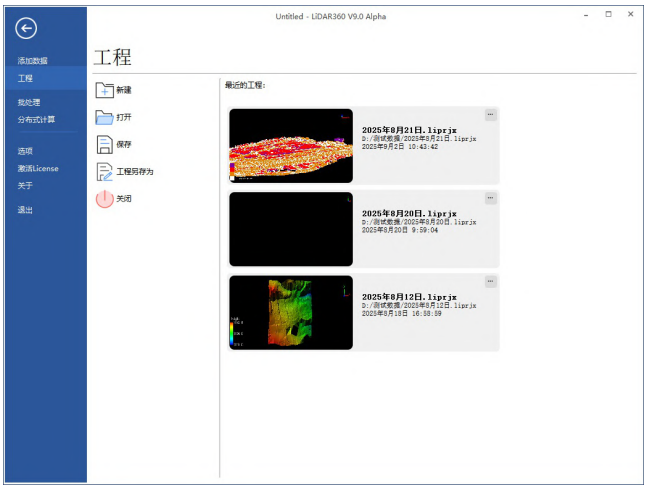
Ribbon页

Ribbon页是软件上方的快速工具栏，包含了各个模块的标签页，每个页面中包含该模块常用的功能，并可在简单模式下显示主要的业务流程，提供一键全流程操作。帮助用户快速上手业务，定位主要功能，其包含的标签页如下。

- 工具
- 预处理
- 分类
- 矢量编辑
- 地形
- 机载林业
- 地基林业
- 矿山
- 建筑物
- 影像
- 光谱
- 显示工具

文件页

如下图所示，文件页包含的功能有：添加数据、 工程系列功能: 工程操作、 批处理功能、 显示选项、 激活License、关于和软件退出。



工具

如下图所示，此模块包含了四类工具：测量、裁剪工具、数据管理、Geo处理工具。

- 测量
- 书签
- 裁剪工具
- 数据管理
- 分布式计算
- Geo处理
- 批处理

量测工具

量测工具用来测量点云数据的几何信息，包括单点选择、多点选择、点密度量测、长度量测、 面积量测、角度量测、坡度量测、高度量测、体积量测等。

图标	功能名称	功能描述
	单点选择	单点选择工具可作用于点云、栅格和模型数据。对点云数据进行单点选择，可交互式查询点云数据中单点的属性信息，包括点的位置、强度、回波次数、类别、**GPS**时间等。对栅格数据进行单点选择，可交互式查询栅格数据中单点的属性信息，包括点的位置、拉伸的**RGB**值、像素值等。
	多点选择	多点选择工具可用于点云和栅格数据。多点选择工具使用鼠标单击的方式交互式查询多个点的属性信息，并支持选择点集以**txt**，**asc**，**neu**，**xyz**，**pts**，**csv**等多种格式的文件导出。点云数据可查询的属性包括点的序号、位置、类别、回波次数、**GPS**时间、强度等，栅格数据可查询的属性包括点的序号、位置、波段值等。
	点密度量测	点密度是衡量点云数据质量的指标之一，点密度量测工具可用于点云密度的量测，能够测量每平方米内点的平均数量。
	长度量测	长度量测工具可用于点云、栅格和模型数据。长度量测工具使用鼠标单击的方式交互式查询多个点之间的距离信息。对于**2D**数据，测量结果表示平面距离，对于**3D**数据（例如点云数据和模型数据），量测结果表示点位在立体空间中的欧式距离。
	面积量测	面积量测工具可用于**LiDAR360**支持的所有数据类型。面积量测工具使用鼠标单击的方式交互式绘制多边形，会查询多边形区域内的投影面积。对于**3D**数据的面积量测，当前窗口会自动切换为正交投影模式。
	角度量测	角度量测工具可作用于点云、栅格和模型数据。角度量测工具使用鼠标单击交互式选择量测点，**3D**视图下查询三个点之间的角度，**2D**视图下查询三点连线在水平面上的投影角度。
	高度量测	高度量测工具可作用于点云和模型数据。高度量测工具通过鼠标单击交互式选择量测点，查询两点之间的相对高度。
	坡度量测	坡度量测工具可作用于点云、栅格和模型数据。坡度量测工具使用鼠标单击交互式选择量测点，查询两点之间的俯仰角，即起点到终点连线与水平面之间的角度。

体积量测

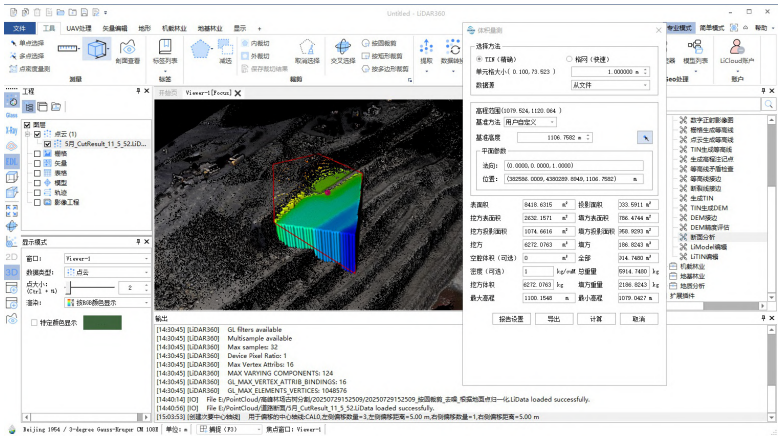
功能描述：体积量测工具可作用于点云和模型数据。体积量测工具通过从文件选择数据或鼠标单击的方式交互式选择量测参考平面，计算相对于某个高度的填方、挖方和填挖方的量，一般应用于煤堆体积量测，船体体积量测等。

步骤

点击工具 > 测量 > 体积量测/选择文件进行体积量测

1. 点击此功能后，弹出体积量测方式选项。若选择体积量测，则设置鼠标单击的方式交互式选择量测参考平面；若选择文件进行体积量测,从文件夹中选择文件划定量测的边界。体积量测之前一般调整窗口到顶视图。
2. （可选）鼠标单击的方式交互式选择量测，在加载了点云数据的窗口中使用鼠标左键连续单击数据所在区域（用于生成体积量测的参考平面，至少选择三个点），双击鼠标结束选择，场景中以红色实线绘制所选区域，并弹出如图所示的对话框。

3. (可选)从文件夹中选择.shp、.dxf、.gpkg文件(目前只支持线和多边形文件)
4. 设置单元格大小。
5. 设置体积量测的基准面，基准面的计算方式包括最小值、多边形平面、自定义、三点平面和点云拟合平面，且确定基准面后将显示其平面参数。
6. 设置体积量测的数据源，数据源类型包括已加载的点和所有点。
7. 点击计算按钮，生成投影面积、表面积、挖方、填方和填挖方结果，同时场景中绘制出当前量测数据占据的空间，以若干柱体的形式展示，如图所示。



8. 点击导出按钮，可将体积量测结果（界面上所展示出的全部量测结果）以pdf的格式导出。导出结果含有以下内容：

   - 表面积：兴趣范围内的点云所占的三维表面积。
   - 投影面积：兴趣范围内的点云所占的二维投影面积。
   - 挖方/填方表面积：挖方/填方所占的三维表面积。
   - 挖方/填方投影面积：挖方/填方所占的二维投影面积。
   - 挖方/填方：挖方/填方堆体体积值。
   - 空腔体积（选填）：堆体内部所含的空腔体积，需要用户自行填写。最终的体积值会在总体积的基础上减去此体积值。
   - 全部体积：全部体积 = 挖方 - 填方 - 空腔体积。
   - 密度（选填）：堆体密度。大于0时用于计算总重量。
   - 总重量**(kg)**：堆体总重量 = 密度 * 全部体积。
   - 挖方/填方重量：挖方/填方堆体的重量。
   - 最大/最小高程：全部堆体的最大/最小高程值。

参数设置

- 选择方法：目前支持TIN法和格网法两种体积量测方法。TIN方法在计算精度上优于格网法，但在效率上不如格网法。
- 单元格大小：格网大小会影响最终展示的柱体的大小，还会影响格网法的精度，但不会影响TIN方法的精度。该参数定义了格网法体积量测的最小计算单元大小，值越小，计算越精确。
- 基准面：该参数定义了体积量测填挖方的基准面。
  - 最小值（默认）：以所选点范围内的最小Z值作为平面的高度值。
  - 多边形平面：根据所选区域边界点拟合最佳平面。
  - 自定义：由用户输入或点选指定高度作为体积量测的基准面高度值。
  - 三点平面：点选三个点确定一个平面。
  - 点云拟合平面：根据所选点以及拟合区域半径确定最佳平面。
- 数据源：该参数定义了体积量测数据源的类型。
  - 已加载的点（默认）：使用指定范围内加载到场景中的点，速度相对较快，场景中数据加载变化对计算结果有影响。
  - 所有点：使用指定范围内点云文件中的点，速度相对较慢，计算结果稳定。

> 注意：此功能只针对点云数据的体积量测，只有在3D视图窗口才能使用该功能。

实体模型体积量测

计算封闭实体模型的体积并将结果显示在界面上。若该模型不封闭则无法计算并弹出提示对话框。该功能需要确保模型中的各个三角形的连接顺序全部是逆时针或全部是顺时针，不然体积值无法计算正确。

剖面查看

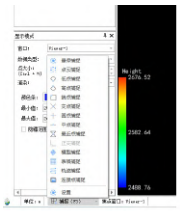
功能描述：剖面编辑功能支持用户在主窗口中将划定的任意一块矩形区域点云数据展示在剖面窗口中，方便用户查看、量测、类别修改等操作。

利用LiDAR数据生产高精度地形产品，需要利用人工对自动分类的结果进行检查，这时就需要利用剖面查看工具。LiDAR360 从V5.0版本开始提供剖面查看功能，可以更高效的完成分类检查。

捕捉选项

支持长度量测，面积量测，角度量测，高度量测，坡度量测，矢量编辑，分类编辑，等高线编辑。 开启相应捕捉开关后，在使用上述功能时优先基于对应的数据格式获取捕捉信息。不开启捕捉，则使用场景中的深度图获取对应的坐标信息。

捕捉选项位于软件状态栏的左侧，如下图所示：



- 点云捕捉
  功能描述：开启后，优先通过点云获取量测信息。

- 点云最低点捕捉
  功能描述：开启后，优先通过鼠标附近点云最低点获取量测信息。

- 点云最高点捕捉
  功能描述：开启后，优先通过鼠标附近点云最高点获取量测信息。

- 矢量端点捕捉
  功能描述：开启后，优先通过矢量端点获取量测信息。

- 矢量中点捕捉
  功能描述：开启后，优先通过矢量中点获取量测信息。

- 矢量最近点捕捉
  功能描述：开启后，优先通过矢量最近点获取量测信息。

- 矢量交点捕捉
  功能描述：开启后，优先通过矢量交点获取量测信息。

- 矢量中心点捕捉
  功能描述：开启后，优先通过矢量中心点获取量测信息。

- 矢量正交捕捉

功能描述：开启后，绘制矢量线被限制在正交方向。

- 模型捕捉

  功能描述：开启后，优先通过模型数据获取量测信息。

- 表格捕捉

  功能描述：开启后，优先通过表格数据获取量测信息。

- 轨迹捕捉

  功能描述：开启后，优先通过轨迹数据获取量测信息。

- 影像工程捕捉

  功能描述：开启后，优先通过影像数据获取量测信息。

- 捕捉设置

  功能描述：开启后，设置捕捉相关的参数。

- 悬停捕捉范围：设置悬停捕捉的像素范围。
- 点云最低点最高点捕捉范围： 设置点云最低点和最高点的捕捉像素范围。
- 矢量捕捉范围： 设置矢量捕捉像素范围。
- 是否显示捕捉结果： 设置是否显示捕捉结果。

选择工具

对当前窗口的点云对象进行选择并保存。

- 选择和裁切
- 交叉选择
- 按圆裁切
- 按矩形裁切
- 按多边形裁切

书签

在工具栏中点击书签菜单，可以看到当前已经导入的书签列表，并提供新建、管理、清空、导入、导出功能。

书签列表

显示当前书签文件中的书签，软件启动时为空，需要通过导入书签功能导入已有书签，或者通过新建书签功能新建书签。书签列表显示书签名称以及其对应的视图中心点坐标，鼠标悬停时可以显示详细的书签信息。点击书签项可以跳转到该书签对应的视图，并显示书签项中记录的注记，再次点击书签项关闭书签，则不再显示注记。

- 编辑书签

  右键点击书签项，然后点击编辑书签，弹出以下dock窗口

  可以编辑书签名称和描述，更新书签视图，增删视图注记，其中注记支持多边形、多段线以及定位图标。

- 移除书签

  右键点击书签项，然后点击移除书签，可以删除列表中的书签。

新建书签

点击新建书签，写入名称和描述后，将按当前视图新建一个书签。

管理书签

点击管理书签，将在显示的dock窗口中显示所有书签，展开其中一项书签，可以进行编辑，点击确定保存编辑。该功能适用于需要对大量书签进行编辑的场景。

清空书签

点击清空书签，可以清空当前书签列表。

导入书签

点击导入书签，可以导入之前已经导出保存的书签文件（*.bkmk）。导入时会先清空当前书签列表，在读取文件中记录的书签显示到列表中。

导出书签

点击导出书签，可以将当前书签列表中的书签保存为.bkmk文件。注意：对当前书签列表中的任何编辑操作都不影响书签文件的内容，如需持久化存储书签，需要使用该功能进行导出。

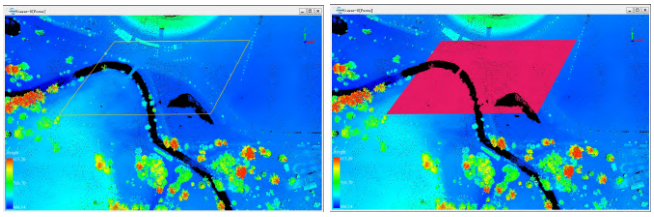
选择和裁切

图标	功能名称	功能描述	快捷键
	多边形选择	绘制多边形选中范围内的点云。	**Shift+P**
	矩形选择	绘制矩形选中范围内的点云。	**Shift+R**
	球形选择	绘制球形选中范围内的点云。	**Shift+S**
	圆形选择	绘制圆形选中范围内的点云。	**Shift+C**
	套索选择	使用套索的方式选中点云。	**Shift+L**
	线上选择	使用折线方式选中高于折线的点云。	无
	线下选择	使用折线方式选中低于折线的点云。	无
	平面选择	按三点选取一个平面，对落在平面上的点云进行选择。	无
	面上选择	绘制一个多边形平面，对平面以上的点进行选择。	无
	面下选择	绘制一个多边形平面，对平面以下的点进行选择。	无
	面内选择	绘制一个带有厚度的多边形平面，对平面内部的点进行选择。	无
	减选、加选	该功能需要配合其他选择工具生效，在已选中点云的基础上增加/减去新选择的区域。	**Shift+D**
	取消选择	取消所有的选择和裁切操作	无
	内裁切	对点云进行裁切，保留选中的点云。	**Shift+X**
	外裁切	对点云进行裁切，保留未被选中的点云。	**Shift+Ctrl+X**

选择工具步骤

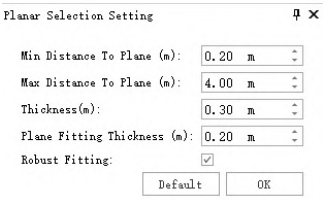
1. 点击功能按钮，激活选择工具。
2. 对于多边形工具，在窗口中沿着感兴趣的区域依次单击鼠标左键选择多边形顶点位置，程序自动形成封闭多边形，双击结束。对于其它选择工具只需拾取第一个点，拖动鼠标覆盖感兴趣的区域后双击结束即可完成选择。
3. 多边形顶点位置错选时，单击右键取消上一次选取的顶点，可连续多次进行取消操作。
4. 左键双击最后一个顶点位置结束顶点选择，识别被选中多边形区域内的点云进行高亮（红色）显示。
5. 一次选择结束后，可在第一次选择的基础上进行再一次的选择。取消上一次裁切的结果时，裁切对应的选择区域同样被取消。
6. 每一次选择区域会依据反选状态进行相应的加选选择区域或减选选择区域。

选择效果如下：



选择设置

选择设置。设置与选择相关的参数，弹出平面选择设置界面



参数设置

- 距平面最小距离：设置距平面最小距离。
- 距平面最大距离：设置距平面最大距离。
- 厚度：设置平面内的厚度。
- 平面拟合厚度：平面拟合采用的厚度。
- 稳健拟合：拟合效果更好，但是速度较慢。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

按圆裁剪

功能概述

按圆裁剪工具可以根据用户输入的多个平面坐标和半径或者与视图交互绘制圆形范围，提取每一个2D圆内的所有点云数据保存在一个文件或多个文件中。

用法

点击数据管理 > 裁剪 > 按圆裁剪

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- **X**坐标（米）：裁切圆的X坐标。
- **Y**坐标（米）：裁切圆的Y坐标。
- 半径（米）：裁切圆的半径。
- 忽略不同的附加属性：在处理多个输入点云的情况下，若勾选此项，则只合并相同的附加属性，否则只要有不相同的附加属性就无法进行合并。
- 生成一个文件：提取的2D圆范围内所有的点保存到一个文件中。
- 生成多个文件：提取的每一个2D圆范围内的点云单独保存到一个文件中，默认以圆心和半径命名。
- ：点击该按钮后，可在当前窗口中实时画圆。单击鼠标左键在当前窗口中选择圆心后，拖拽鼠标会显示实时圆的信息，双击鼠标结束选择，会在界面中显示绘制圆的圆心X,Y坐标值及半径。
- ：点击该按钮将输入的圆心坐标和半径添加到处理列表中。执行相同的操作可添加多个裁切圆。
- ：点击该按钮加载外部已有的数据文件。文件格式可参考附录中的文件格式部分，获取更多有关范围文件格式的信息。
- ：选中圆区域范围列表中的某一行，点击该按钮可将该行从列表中移除。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成裁切后的新文件。

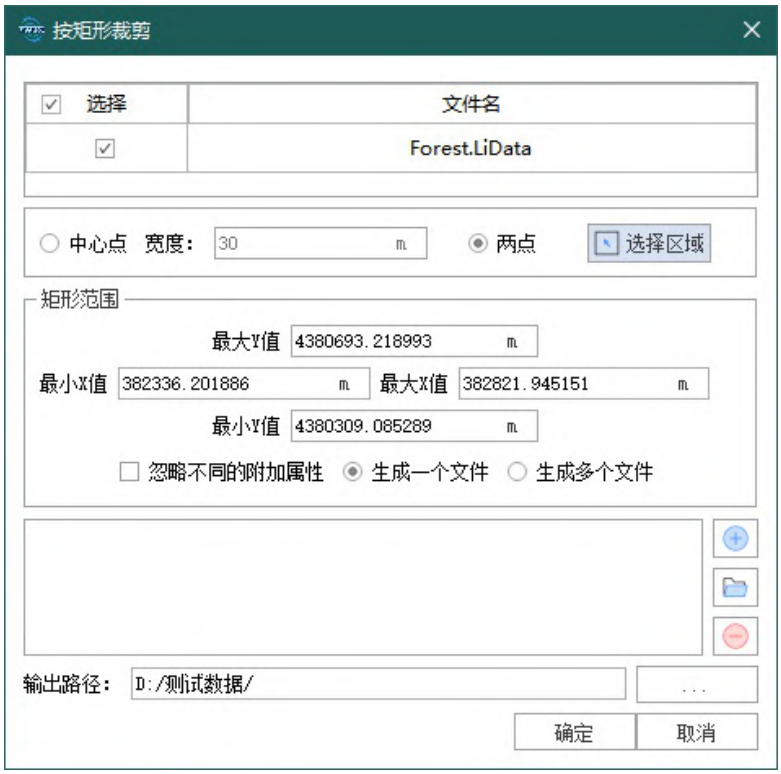
按矩形裁切

功能概述

按矩形裁切工具可以根据用户输入的多个矩形范围或者与视图交互绘制矩形范围，提取每一个矩形范围内的所有点云数据保存在一个文件或多个文件中。

用法

点击数据管理 > 裁切 > 按矩形裁切



参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 中心点：根据选择的某一点和区域宽度确定矩形框。
- 宽度：中心点选择区域的半宽。
- 两点：根据选择的某两点确定矩形框。
- 选择区域：点击该按钮后，可在当前窗口中画矩形框。如果是单点选择，使用鼠标在视图中点击选择一个位置，即可根据区域宽度参数确定矩形框信息并显示。如果是两点选择，使用鼠标在视图中点击选择一个位置后，拖拽鼠标显示实时的矩形框，鼠标双击结束矩形选择，会在功能界面中显示矩形框的位置信息。
- 最大**Y**：裁切矩形中最大**Y**坐标。
- 最小**Y**：裁切矩形中最小**Y**坐标。
- 最小**X**：裁切矩形中最小**X**坐标。
- 最大**X**：裁切矩形中最大**X**坐标。
- 忽略不同的附加属性：在处理多个输入点云的情况下，若勾选此项，则只合并相同的附加属性，否则只要有不相同的附加属性就无法进行合并。
- 生成一个文件：提取的列表中矩形范围内所有的点保存到一个文件中。
- 生成多个文件：提取的每一个矩形范围内的点云数据单独保存到一个文件中，默认以矩形左下角坐标及矩形的宽和高命名。

- ⊕：点击该按钮将输入的矩形范围添加到处理列表中。执行相同的操作可添加多个裁剪区域。
- 📂：点击该按钮加载外部已有的数据文件。文件格式可参考附录中的文件格式部分，获取更多有关范围文件格式的信息。
- ⊖：选中矩形区域范围列表中的某一行，点击该按钮可将该行从列表中移除。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成裁切后的新文件。

按多边形裁切

功能概述

按多边形裁切工具根据用户输入的多边形矢量文件或者与视图交互绘制多边形范围，提取每一个多边形范围内的所有点云数据保存在一个或多个文件中。

用法

点击数据管理 > 裁切 > 按多边形裁切

若选择使用矢量文件，则界面如下图所示：

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 使用选区区域：点击按钮 在视图中鼠标左键点击选择多边形范围，双击结束当前多边形选择，并加入到多边形列表。在多边形列表中选择一个多边形，点击按钮 可以删除已画好的多边形。
- 选择矢量文件：用户可以从下拉菜单中选择加载到LiDAR360软件中的矢量文件，也可以选择 按钮来加载外部矢量数据文件。
- 利用**Shp**文件属性命名：当选择生成多文件且矢量数据含有属性表时，此项可用。用户可以选择相应的属性值作为文件名称。当属性值不存在时，文件按编号顺序自动命名。
- 忽略不同的附加属性：在处理多个输入点云的情况下，若勾选此项，则只合并相同的附加属性，否则只要有不相同的附加属性就无法进行合并。
- 多边形内点生成一个文件：选择输出为单文件时，提取矢量文件中所有多边形数据对点云进行裁切，并将成果整合到单个文件中。
- 每个多边形生成一个文件（默认项）：选择输出为多文件时，提取矢量文件中所有多边形数据对点云进行裁切，将每一块点云单独生成一个文件。
- 生成多边形外文件：勾选此项时多边形外的点也将单独生成一个文件。
- 计算多边形拓扑关系：对于矢量数据中的Polygon对象，计算多边形间拓扑关系。若勾选，则计算多边形间的拓扑关系；若不勾选，则将Polygon内所有的点生成一个新文件。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成裁切后的新文件。

数据管理

如下图所示，数据管理包含提取、点云转换、栅格转换、模型转换、矢量转换及其他点云工具模块。

提取

提取包含功能：

按类别提取、 按高程提取、 按强度提取、 按回波次数提取、 按GPS时间提取、 按组提取。

点云转换

点云转换包含功能： 转换LiData为LiData、 转换为ASCII、 转换为TIFF、 转换为Shp、 转换为DXF、 转换为LAS、 转换为E57、 Las转换为LiData。

栅格转换

栅格转换包含功能： TIFF转换为LiModel、 转换为带纹理的LiModel、 TIFF转换为LiData、 TIFF转换为ASCII。

模型转换

模型转换包含功能： LiModel转换为TIFF、 LiModel转换为OBJ、 LiModel转换为OSGB、 LiTIN转换为DXF、 LiTIN转换为OBJ、 LiTIN转换为FBX、 LiTIN转换为LiData、 LiTIN转换为OSGB、 LiBIM转换为OBJ、 LiBIM转换为FBX、 LiBIM转换为Collada、 LiBIM转换为CityJson。

矢量转换

矢量转换包含功能： Shape转换为KML、 KML转换为Shape、 矢量格式转换、 矢量转ASCII、 ASCII转矢量。

其他点云工具

其他点云工具包含功能： 反归一化、 去噪、 重采样、 按范围分块、 按点数分块、 合并、 边界提取、 纹理映射、 噪声滤波、 PCV、 点云分幅、 转换GPS时间、 定义投影、 重投影、 点云平滑、 亮度对比度调整。

模型工具

模型工具目前包含LiBIM的合并 LiBIM合并、 模型平滑。

批处理

功能描述

针对点云数据实现多数据多功能多线程流程化批处理操作，可处理LiDAR360支持的所有类型的数据，并提供两种调用方式，分别为对话框及命令行调用批处理功能，在对话框调用批处理功能中提供了功能操作顺序及参数设置的保存，以方便其他数据的使用，下面对两种方式调用步骤加以介绍。

对话框调用批处理步骤

1. 点击按钮后弹出以下界面，文件列表中列出了系统中所有的点云数据，功能部分左侧列表中列出了支持点云批处理操作的功能，右侧列表为批处理操作的功能顺序。

2. 点击文件列表右侧选择需要批处理的点云数据，点击清除所有点云数据，在文件列表中选择需要移除的文件，按下键盘Ctrl键，支持多选操作，点击移除选中数据。目前支持las、ply、pcd、e57、ASCII和LiData文件，可参考导入数据。
3. 鼠标双击左侧功能列表的功能（或鼠标单击选择功能后，点击），弹出功能参数设置界面，参数设置完成之后，会在右侧列表中显示，
4. （可选）双击右侧功能列表中的功能（或鼠标左键单击选择功能后，点击），可以修改功能的参数设置。
5. （可选）选择右侧功能列表中的功能，点击和两个按钮，可以调整功能的执行顺序。
6. （可选）点击可清除所有选择功能。
7. （可选）点击保存批处理操作的功能顺序及参数设置为.LiProcessList文件。
8. （可选）点击打开LiProcessList文件，会将保存的操作流程加载到右侧的功能列表。
9. 在线程数(默认为4)对话框内，可以设置多线程批处理的线程数。当线程数设置为1时，即利用单线程进行批处理操作。
10. 设置输出路径后，点击执行按钮，会按照功能列表的顺序进行流程化批处理操作，此过程中的所有中间结果会保存到输出路径中。

> 注意：此功能只针对点云数据,包含las和LiData文件； 不用设置参数的功能（如PCV，根据点云归一化等）双击后会直接加入到选择的功能列表中； 需要输入栅格数据作为输入参数的功能，需确保功能操作顺序（生成栅格数据在前），如归一化功能需要使用DEM，则需将DEM功能放在归一化功能之前。

11.可在查询框中输入功能名称进行快速查找，请注意软件语言版本。

命令行调用批处理步骤

1. 打开cmd.exe命令行窗口，将LiDAR360软件安装目录中的LiBatch.exe直接拖入命令行窗口，或者逐层进入安装目录调用LiBatch.exe，点击回车，出现软件相关信息、常用命令行指令及可利用命令行调用的批处理功能列表（含英文及中文名字）。

2. 命令行支持json文件的调用，即输入-jsonFile加json文件名则可对json文件记录的数据及功能按顺序执行，最后结果保存在输出文件夹中。json文件的生成可以利用界面批处理功能生成，也可手工修改json文件，但要求必须严格按照相关参数的格式进行修改，否则会出现解析错误等现象。对于json文件中用于执行具体功能的Plugin ID及Action ID列表见附录批处理json调用ID列表。

   ```
   >> -jsonFile BatchProcessList.LiProcessList
   ```

3. 另外根据信息提示，可通过-i后面输入具体数据文件作为输入数据(需全路径)，当输入多个文件时，可以采用-i后跟多个文件以空格隔开或者采用输入文件夹形式，即输入-ifolder加文件夹后面可以加过滤文件夹中的数据类型（las或者LiData），默认为LiData。值得注意的是，文件路径中不允许存在空格，否则会解析错误。事实上，所有的参数命令都需要与设置的具体参数以空格分隔开。

   ```
   >> Remove_Outliers -ifolder ..\data\ las
   ```

4. 通过-o设置结果输出路径，此处，参数设置的是文件夹路径，而不是具体文件路径。如果不设置此参数，则默认将输出文件保存在与输入文件同一文件夹中。通过-threadNum指令输入线程数。在调用具体功能前，可通过输入具体功能名后输入-h、-H、-help及-？中任一命令查看具体功能的参数指令。指令格式为：指令名(提供大小写)<参数名，默认参数>-----参数介绍。当不进行具体参数设置时，即按默认参数运行功能，可输入-default或-DEFAULT,或者不输入。

   ```
   >> Remove_Outliers -h
   ```

5. 每次输入指令只能调用一个功能。以去噪功能为例，输入功能名Outlier_Removal(或者去噪)，这里需要注意的是，功能名必须严格按照参数列表中的名字输入。输入 -i+文件名，回车即可运行去噪功能。输入命令行的意思是：对输入文件运行去噪功能，采用默认参数，去噪后的输出文件保存在与输入文件同一文件夹中。

   ```
   >> Remove_Outliers -i ..\data\*.LiData
   ```

6. 在分类模块中，以地面点分类为例：输入地面点分类 -h ，窗口内出现地面点分类功能的相关命令行帮助，对于分类功能，-fc是起始类别的指令，后面可根据类别列表输入对应类别的数字并以逗号隔开，不输入此指令则起始类别为所有类，-tc表示目标类别，同样可输入对应的类别数字。

   ```
   >> Classify_Ground_Points -h
   ```

7. 以下命令行的含义为：运行地面点分类功能，线程数为8，输入数据为..\input*.LiData，输出文件保存在..\output\（对于分类功能，不产生新的输出文件，即在源数据进行修改类别属性），起始类别为1，2，3对应的未分类、地面点、低植被点，目标类别为地面点，迭代角度为25度，迭代距离为1.2米，其他未设置的参数即按照默认参数设置。

   ```
   >> Classify_Ground_Points -threadNum 8 -i ..\input\*.LiData -o ..\output\ -fc 1,2,3 -tc 2 -ia 25 -id 1.2
   ```

批处理-体积量测

功能描述

可以计算一个或多个边界内点云的填挖方信息并输出成果。目前只支持TIN方法，即利用点云构建TIN然后计算TIN和指定平面所成的填挖方。

参数Json文件示例


```
{
   "FunctionNumbers": "1",
   "IsBatchProcessing": "0",
   "0": {
      "PluginID": "11",
      "enAction ID": "0",
      "Parameters": {
         "planeMmethod": "1",
                                 "planeDir": {
            "0": "0",
            "1": "0",
                                                "2": "1"
         },
         "pointOnPlane": {
            "0": "0",
            "1": "0",
                                                "2": "-336.6666"
         },
         "polygonObjectName": {
           "0": "C:\/360MoveData\/Users\/XDF\/Desktop\/Test.shp"
         },
                                    "attributeName" : ""
      },
      "enAction NAME": "Volume Measurement",
      "PluginVersion": "1.1"
   },
   "Output Path": "C:\/360MoveData\/Users\/XDF\/Desktop\/",
   "FileList": {
      "0": "C:\/360MoveData\/Users\/XDF\/Desktop\/Test.LiData"
   }
}
```


参数说明：

1. "Output Path"：需指定为文件夹路径，不可指定为文件名。正确形式为 "E:\/Test"。成果以csv文件的形式输出到此文件夹下，每个LiData都将输出一个csv文件，csv文件中每一行代表一个多边形区域的结果。
2. "FileList"：可指定一个或多个点云，每一组按照Json的格式以逗号隔开。形式为："0":"1.LiData","1":"2.LiData"。
3. "planeMethod"： 基准面的定义方法。可以指定为"0"或"1"。"0"表示用户自由指定基准面，基准面可以是任意不垂直于Z方向的平面，一般为水平面；"1"表示根据输入的多边形自动计算基准面。当指定为0时，需要指定参数"planeDir"以及"pointOnPlane"，即平面的点法式方程中的平面法方向以及平面上一点。
4. "planeDir"：平面点法式方程中的平面法向量。默认为 Z 轴方向，即 "0":"0","1":"0","2":"1"（冒号前面的 "0"、"1"、"2" 为序号，不可改变）。平面法向量不可垂直于 Z 轴，否则无法进行计算。
5. "pointOnPlane"：平面点法式方程中的平面上一点，和 "planeDir" 参数共同确定一个平面。
6. "polygonObjectName"：需要指定一个矢量文件。所生成的csv文件中，每个矢量文件中的多边形将形成一行信息。成果如下图所示：
7. "attributeName"： 可选项，默认为空。若不为空，且shp文件中含有该属性字段，则csv中会增加一列，该列为shp对象中的属性值。

	A	B	C	D	E	F	G
1	Name	Projected Area	Cut Surface Area	Fill Surface Area	Cut(Cube Meters)	Fill(Cube Meters)	Total(Cube Meters)
2	0	12284.5193	25119.6841	0	543296.9741	0	543296.9741
3	1	11948.788	22008.3516	26537.6413	156.1381	430694.1247	430537.9867
4							

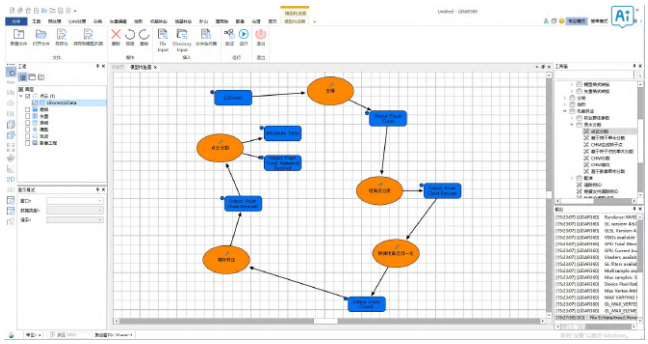
批处理-运行模型构造器文件

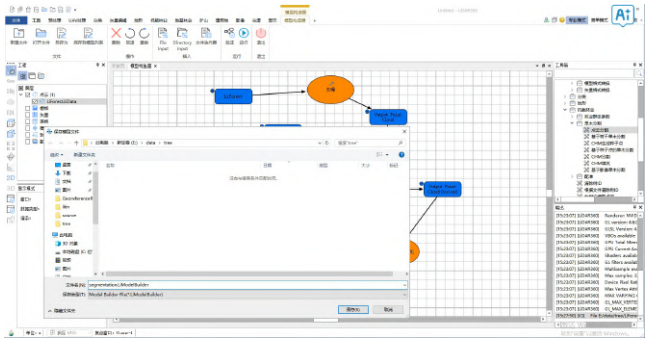
功能描述

可以以命令行方式使用批处理运行模型构造器模块所生成的模型文件。

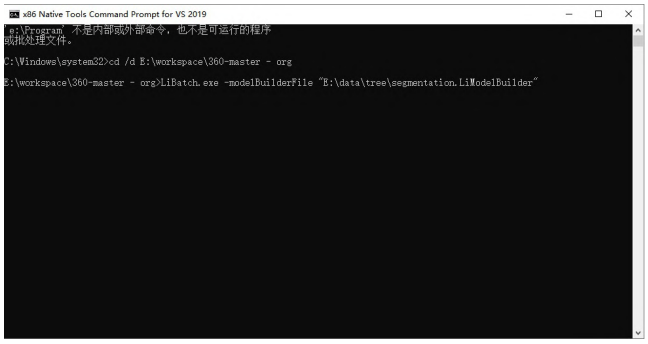
使用步骤

1. 使用模型构造器创建所需模型，并将模型保存成结果模型文件。如下图所示：

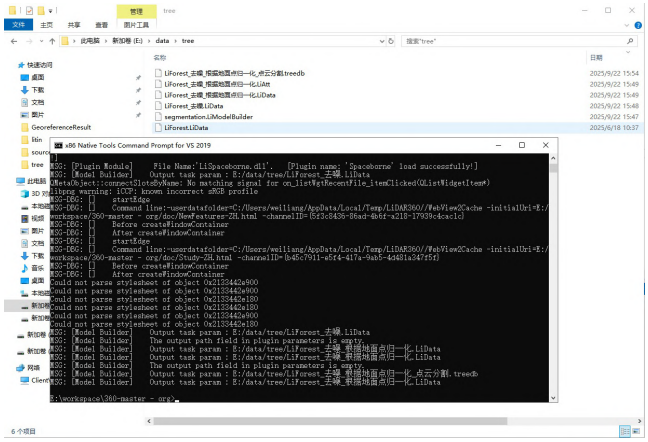




1. 以命令行方式运行批处理，命令行参数为：-modelBuilderFile "结果模型文件路径"。如下图所示：



1. 生成的结果文件如下图所示：



分布式处理

功能描述

分布式处理模块旨在解决单机无法承载的 “大规模点云高效处理” 问题，支持多节点协同完成大数据量点云的处理操作。

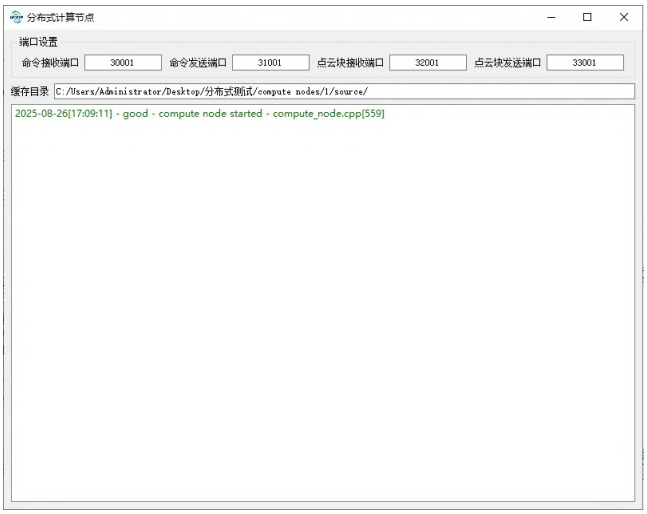
使用过程

假设当前拥有四台计算机，一台计算机当作主节点，其他三台计算机作为计算节点。

1.设置并启动各个计算节点

在多台独立的计算机上启动 LiDAR360 软件，并点击主页面上的“开启计算节点”按钮，弹出计算节点设置对话框。如下图所示：

在该对话框上分别输入当前计算机的IP地址和各端口号，端口号一般可以采用默认值。点击OK按钮后，弹出计算节点监控对话框。如下图所示：



该对话框的下方列表会实时展示当前计算节点的运行日志。

2.设置并启动主节点

待各个计算节点均已经开启并设置完毕后，点击Lidar 360主页面上的“分布式计算”按钮，弹出主节点设置对话框。如下图所示：

可以利用主节点设置对话框来进行分布式任务的配置工作，主要包括五个方面：

（**1**）配置各个计算节点的**IP**及端口号

主节点设置对话框的上方为计算节点配置界面。需要注意的是，在此处所配置的各个计算节点的IP及端口号需要与前文所述的计算节点设置对话框上输入的IP及端口号一致；

（**2**）自动搜索计算节点

可点击主节点设置对话框的“查询节点”按钮来自动搜索在线的计算节点，如下图所示：

（**3**）配置需要进行的计算任务

主节点设置对话框的中部为计算任务配置界面。可在“功能列表中”配置所需进行分布式处理的任务；

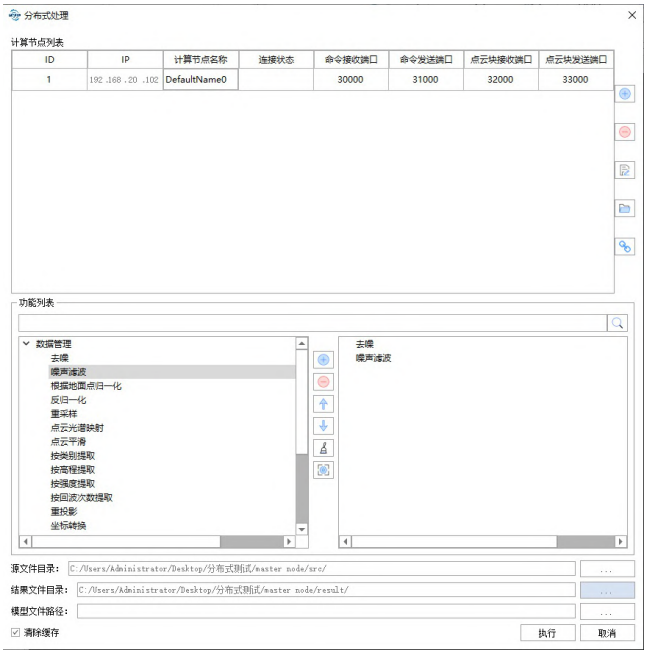
（**4**）设置任务的源点云目录与结果点云目录

主节点设置对话框中部下方为源点云目录及结果点云目录设置区。源点云目录中存放待处理的点云数据，可为多个大数据量点云文件；分布式处理结果会最终输出到结果点云目录中；

（**5**）设置模型构造器文件路径

分布式计算支持对模型构造器模块所保存的模型文件进行解析与处理。该部分可输入待处理的模型文件。

下图所示为一个分布式计算任务配置实例。该实例包含一个计算节点，其ip为192.168.20.102；计算任务包含“去噪”及“噪声滤波”。

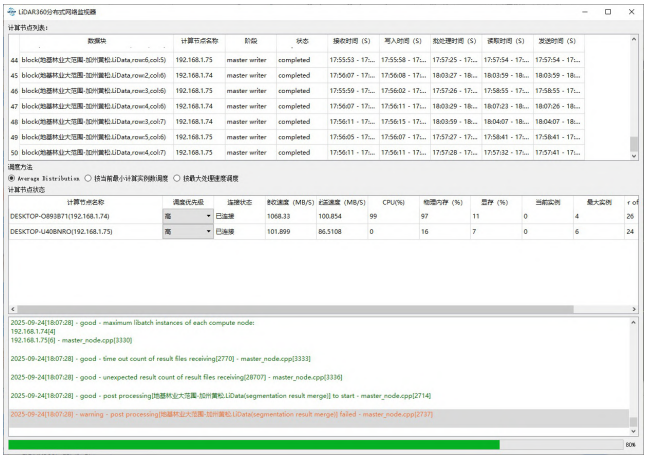


3.开启了分布式计算流程

点击主节点设置对话框“执行”按钮，弹出主节点监控对话框，并开启了分布式计算流程。

分布式任务的监控

开启了分布式计算流程后，弹出主节点监控对话框。如下图所示：



在主节点监控界面中，最上方的列表显示了源点云文件各个分块当前的实时信息，包括被调度到的计算节点IP、块当前所处的阶段、块当前的状态、块完成计算所消耗的时间。源点云文件各分块信息界面下方为当前分布式计算的计算节点任务调度方法。提供“按当前最小计算实例数”与“按最大处理速度”两种调度策略供用户实时选择。调度方法界面下方的列表显示了各个计算节点当前的实时信息，包括连接状态、点云传输速度、CPU占用、内存占用、当前计算节点正在运行的Libatch实例数、当前计算节点历史上运行的Libatch最大实例数。主节点监控界面最下方为日志输出区及分布式计算的总体进度信息。

Geo处理工具

Geo处理工具包括模型构造器和模型列表。

- 模型构造器
- 模型列表

模型构造器

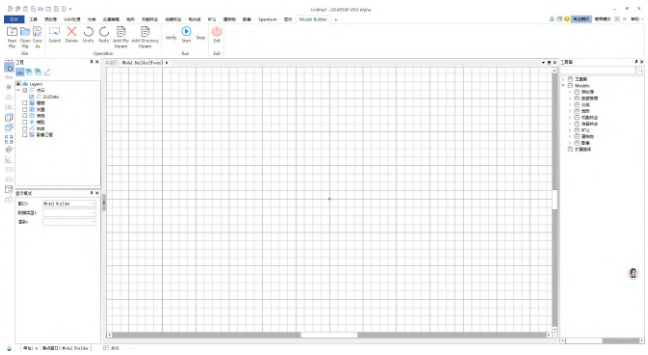
功能描述

模型构造器是用于创建、编辑和管理数据处理模型的可视化工作流设计工具，通过图形化界面将数据处理工具串联为自动化流程，形成可重复执行模型，显著提升点云应用分析效率。

基本操作

1.界面布局

开启模型构造器后，界面总体布局如下图所示：



主画布：主画布居中，显示模型图形化流程，包括工具、数据和连接箭头；

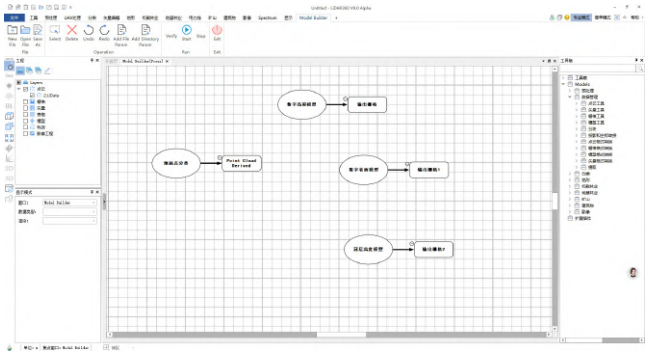
操作页面：操作页面居上，包含各功能操作按键，如：模型文件操作、模型画布操作（选择、删除、回退、重做、添加参数）、模型运行与停止、退出构造器等；

数据目录树：左上为数据目录树，可从目录树中向画布中拖入所需数据；

模型工具箱：右侧为模型工具箱，可从工具箱中向画布中拖入所需处理工具。

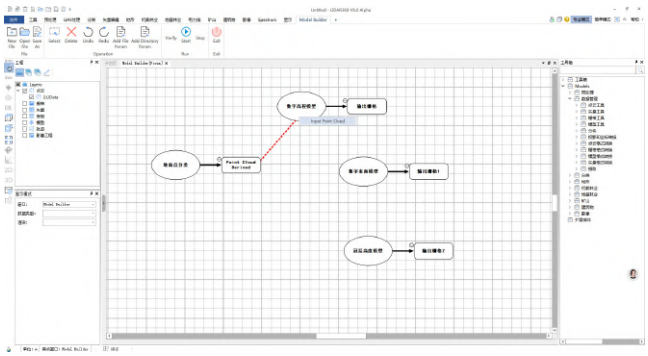
2.添加处理工具

可从右侧模型工具箱中向画布拖入所需的各项处理工具。后面以CHM处理流程为例进行介绍，其主要流程包括：地面点分类、DEM生成、DSM生成、CHM处理。首先从工具箱中拖入上述各项处理工具，如下图所示：

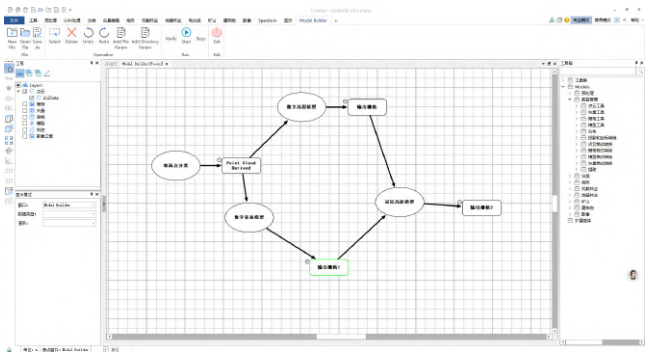


3.处理流程逻辑的连接

工具拖入画布后，需进行处理流程的连接。连接操作通过点击一个工具的输出端口（方块）。拖拽至目标工具（椭圆）来进行。在拖拽完成后，目标工具会弹出其输入端口的选项，选择所需选项即可。如下图所示：



各处理流程连接完毕，如下图所示：



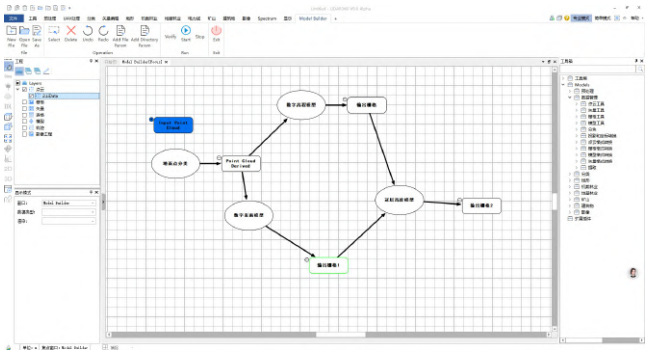
4.添加数据

添加数据的方式有两种：

（1）从左侧目录树向画布拖入所需的数据；

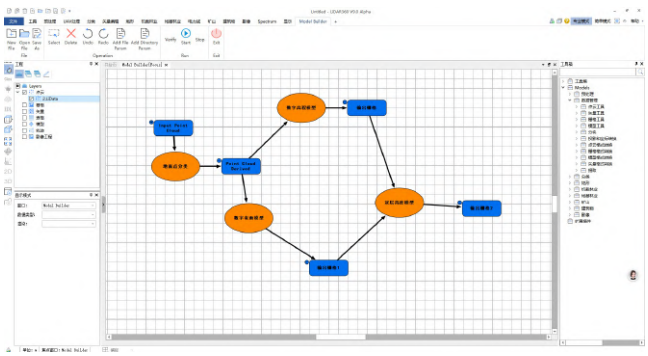
（2）在操作页面点击添加文件或文件夹参数按钮来添加。

本例直接从左侧目录树向画布拖入所需点云数据，拖入完成后，如下图所示：



5.数据连接

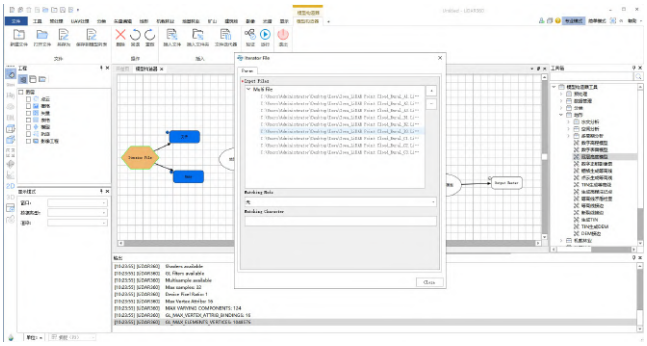
数据添加至画布后，需将其连入处理流程。连入操作同3中的鼠标操作方式。数据连接完成后，如下图所示：



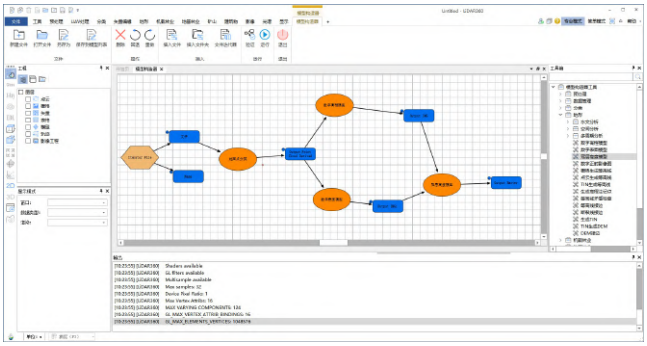
此时，由于整个模型已经完成构建并接入所需数据，画布上各工具及其输入输出端口均从原先的白色变为有效色（工具变为橙色、输入输出端口变为蓝色）。

6.文件迭代器

可通过文件迭代器为处理流程连接多个数据，文件迭代器可指定输入为若干文件列表，如下图所示:

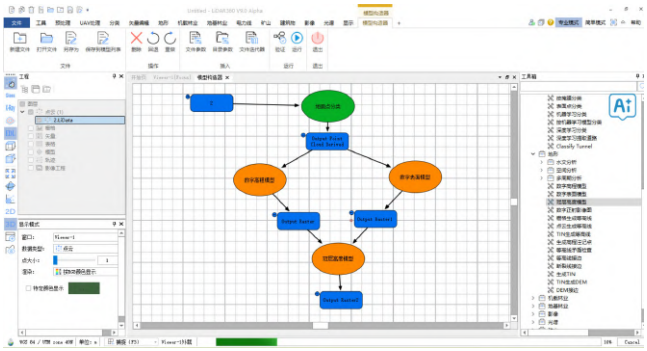


文件迭代器可指定输入为若干文件列表后，将其接入流程，如下图所示：



7.模型的运行

画布上各工具及其输入输出端口均变为有效色后，就可以进行模型的运行。在操作页面上点击开始按钮即可运行模型，如下图所示：



在模型运行过程中，正在运行的工具会不断闪烁，已运行成功的工具会变为绿色，运行失败的工具会变为红褐色。

8.模型的保存

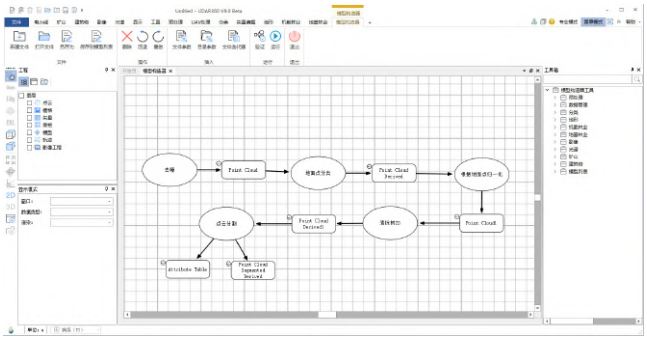
已构建成功的模型可以保存至指定文件，以便后续工作中可以直接重新载入模型并进行工作。模型的保存通过操作页面上的另存为按钮进行。

模型列表

功能描述

模型列表包含一系列平台预定义的构型构造器所支持的模型。模型列表的内容如下图所示：

用户可从中选择并打开指定模型，平台会开启模型构造器并加载指定的预定义模型。如选择并打开预定义模型“地基单木分割流程”后，平台界面如下图所示：



后续操作可参考：模型构造器。

预处理

如下图所示，此模块包含了的功能有： 安置 .

航带平差 .

地面点分类 .

3D控制点报告 .

质量检查、投影、坐标转换、 数据配准、

在线重建 . UAV激光雷达精度验证 功能。

质量检查

质量检查包含功能： 航线质量检查、 高差质量检查、 航带重叠分析、 密度质量检查。

投影和坐标转换

投影包含功能： 定义投影、 重投影。

坐标转换包含功能： 坐标转换、 转换投影面高程、 高程调整、 转换关系计算、 大地水准面拟合。

对齐

包含功能： 数据配准（ ICP配准、 手动配准、 手动旋转和平移）功能。

在线重建

包含功能：DJI L1/L2重建

无人机激光精度报告

包含功能：检校记录 精度检查

分类

分类包含的功能如下图所示：

功能包括： 按属性分类、 地面点分类、 提取中位地面点、 空中噪点分类、 高于地面分类、 模型关键点分类、 其他分类。

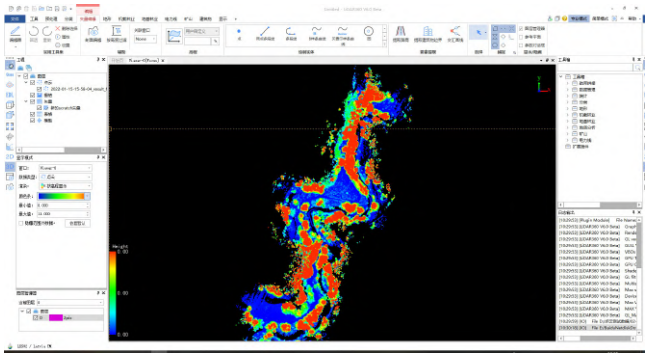
其他分类包含： 分离低点、 低于地表分类、 孤立点分类、 噪声点分类、 按高差分类、 邻近点分类、 建筑物分类。

机器学习包含： 按机器学习模型分类、 深度学习分类、 自定义深度学习分类、 自定义分类工具。

交互式分类编辑包含： 选择区域地面点分类、 分类编辑。

矢量编辑

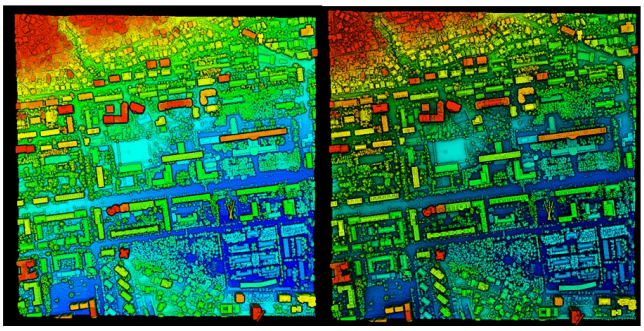
矢量编辑功能实现对矢量对象进行编辑修改和存储，完成数字线画图流程中矢量化部分。以点云、模型和影像数据为背景，基于点云优秀显示效果提供的高对比，能够清晰分辨房屋、植被区域、道路、路灯、水域、桥梁等地物。生成SHP和DXF等格式的矢量化成果，支持与ArcGIS、AutoCAD等第三方软件对接。



通过提供点、直线、多段线、矩形、多边形等基础的实体要素，完成以上主要关键地物矢量化，采用图层方式管理上述地物实体要素。

提供矢量对象导出存储功能可将矢量化结果整合到一个矢量文件，输入其它测图软件，加以符号化与修整，输出符合各种规范的测绘成果。

> 注意：为了使地物类别更加清晰可辨，在矢量化之前可对点云数据进行PCV处理。如下图左图所示点云高程+EDL显示，右图为PCV处理后混合显示。



打开矢量编辑工具条，包括如下功能模块：

- 编辑
- 实用工具集
- 辅助
- 高程模式
- 绘制实体
- 要素提取
- 实体选择
- 显示隐藏

编辑

控制矢量编辑的开启和结束，每次支持对一个矢量对象进行编辑。可以进行编辑的矢量对象包括：选择矢量文件进行编辑、新建临时矢量文件和新建文件编辑。

选择矢量文件编辑

点击编辑 > 选择矢量文件编辑

如果编辑窗口中有矢量对象数据，弹出选择矢量对象数据的界面，已经加载到编辑窗口中的矢量对象数据会出现在选择列表中，选择要编辑的数据。

如果编辑窗口中没有矢量对象数据，弹出选择矢量对象数据的对话框，从磁盘中加载数据进行编辑。

开启编辑后，矢量编辑工具条其它功能会被激活。

在编辑的过程中，被编辑的矢量数据不能从编辑窗口中移除。

新建临时矢量文件

点击编辑 > 新建草图编辑

在编辑窗口构建了一个临时的编辑画板，可以进行矢量的编辑，同时将编辑的矢量数据作为窗口中的一个临时对象加载到目录树上。

开启编辑后，矢量编辑工具条其它功能会被激活。

在编辑的过程中，被编辑的矢量数据不能从编辑窗口中移除。

新建文件编辑

点击编辑 > 新建文件编辑

弹出选择文件界面，按用户选择的路径生成相应的矢量数据文件（支持dxf和shp格式，暂不支持kml格式，可通过转换工具将kml格式文件转为shp格式进行编辑），并将该矢量数据文件加载到编辑窗口，开启对该矢量数据的编辑。

开启编辑后，矢量编辑工具条其它功能会被激活。

在编辑的过程中，被编辑的矢量数据不能从编辑窗口中移除。

保存

功能描述：点击*编辑器>保存*,如果是草图且未进行过保存操作，弹出保存文件界面，否则将保存至原有文件中。

选择要保存的图层、文件类型以及保存的路径，点击确定，将图层保存到相应的路径中。

> 注意：1.如果保存的文件后缀名为shp，将在目录下建立对应的目录名图层名*_points.shp*文件或目录名图层名_lines.shp文件

结束编辑

点击编辑 > 结束编辑

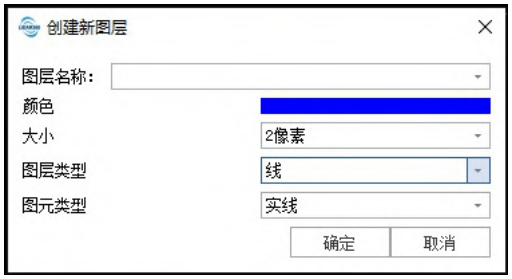
结束此次编辑，会弹出保存编辑结果的提示框，用户按需求进行选择后，退出编辑功能，矢量编辑模块变为不可用状态。

图层管理

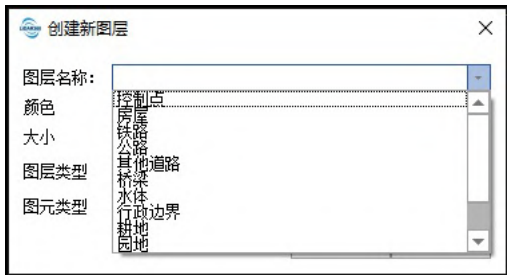
功能描述：矢量编辑以图层进行管理。图层右键菜单包括添加图层、保存所有图层、移除所有图层。单个层的右键菜单包括保存、移除、显示、隐藏。

添加图层

点击图层>右键菜单>添加图层，则弹出“创建新图层”对话框。



1. 下拉图层名进行选择，包括：控制点、房屋、铁路、公路、其他道路、桥梁、水域、行政界线、耕地、园地、林地、草地、其他植被，或直接输入图层名称，如下图所示：



2. 点击图层颜色，可以进行图层颜色选择。
3. 设置点的大小和线的宽度，范围在1-10像素。
4. 设置图层类型，可选择点、线、多边形、文本。

> 一个矢量图层只能存储当前图层对应类型的矢量实体。如果创建的图层是线图层，则只能在该图层中绘制线、多段线、贝塞尔曲线等类型为线的矢量实体。如果当前使用的工具和当前激活图层的类型不匹配，则会跳转到工具对应类型默认的图层中进行绘制。点类型工具的默认图层是point，线类型工具的默认图层是polyline，多边形工具对应的默认图层是polygon，文本工具的默认图层是text，激活工具时，如果当前图层类型不匹配且对应的默认图层不存在，则会自动创建一个相应的默认图层。

保存所有图层

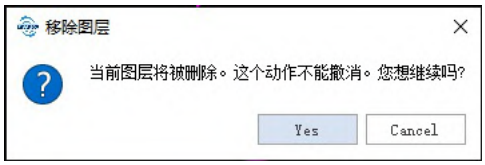
点击“保存所有图层”功能，弹出对话框：

选择保存的文件类型以及保存的路径，点击确定，将图层保存到相应的路径中。

> 注意：1.如果保存的文件后缀名为shp，将在目录下建立对应的目录名图层名*_points.shp*文件或目录名图层名_lines.shp文件

移除图层

点击“移除图层”功能，弹出对话框：



- 点击“Yes”并移除当前图层；
- 点击“Cancel”退出当前移除图层操作。

显示/隐藏

显示或隐藏当前图层所绘制的图元。

基础功能

包括回退、重做、删除实体、属性查询和设置。

撤销

撤销上次操作。

重做

重做上次操作。

删除实体

删除场景内选中的多个实体。

属性

实体属性显示。鼠标左键选择实体，在弹出对话框中显示实体的属性，包括图层信息、几何属性和附加属性，其中部分几何信息和全部附加属性支持修改。

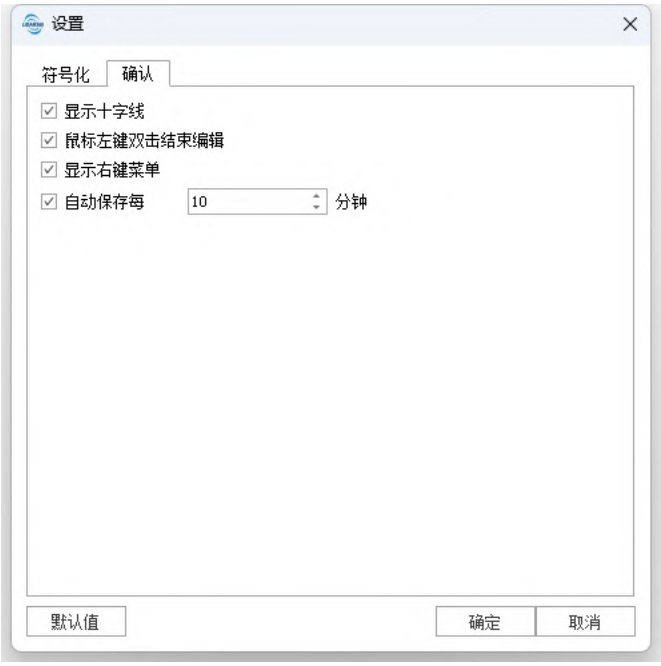
设置

配置矢量编辑模块各种参数。包括符号化、确认参数。

符号化

可修改矢量、被选择矢量、关键点、中点的颜色等显示设置

确认设置



- 显示交叉线：该参数定义了是否显示鼠标位置十字丝。
  - 是（默认）：显示。
  - 否：不显示。
- 鼠标左键双击结束编辑：该参数定义了是否鼠标左键双击结束当前编辑。
  - 是（默认）：鼠标左键双击结束当前编辑。

    - 否：鼠标左键双击不结束当前编辑。
- 显示右键菜单：是否右键显示菜单。
    - 是（默认）：显示菜单。
    - 否：不显示菜单。
- 自动保存：按设置的时间自动保存数据（如有修改）到备份文件，当矢量模块异常退出时可通过该文件恢复数据。

剖面编辑

矢量编辑模块，可以利用剖面窗口辅助矢量编辑。

点击

打开剖面窗口，新建矢量编辑模块的剖面窗口。剖面窗口相关操作参考剖面编辑。

> 注意： 1.绘制线、矩形和画多边形等操作在剖面窗口绘制的矢量要素自动限制在剖切中心面上。 2.选择工具在剖面窗口进行顶点修改或矢量对象移动操作时，仅修改顶点或矢量对象的高度值。

按高度过滤

高度过滤是矢量编辑的辅助功能，能够过滤掉干扰的点，方便进行矢量编辑。

功能概述

设置中心位置，及缓冲区后，场景中显示高度过滤后的点集。高度过滤后显示的点的Z值范围都在以位置值为中心，缓冲区范围内。

参数设置

- 位置：显示点云的Z值的中间值。
- 缓冲区：以‘位置’为中心Z，延Z的正负方向延伸的大小。

关联窗口

功能概述

关联窗口是矢量编辑的辅助功能，关联窗口中加载同一区域的其他类型数据，如TIN数据、Raster数据等进行辅助编辑。可以在关联窗口上做画线、画点、建筑物边界提取等编辑操作。

参数设置

- 关联窗口：窗口列表中包含了目前软件打开的所有窗口，选择关联窗口进行辅助编辑。

高程模式

高度模式是矢量编辑的辅助功能，用来选择采用场景高程模式、固定高程模式或等高线高程模式。

功能概述

真实高程：绘制矢量和矢量编辑过程中，采用捕捉结果的高程。

固定高程：绘制矢量和矢量编辑过程中捕捉到的点的高程最后都会采用透明面的高程，透明面的高程可以通过点选场景或者手动输入设置。

等高线高程：追加节点和整形过程中，采用选中矢量的起点高程，在等高线编辑时保证高程一致。

> 注意: 等高线编辑过程中，一定要切换到等高线高程模式。

参数设置

- 高度来源：参考平面为水平面，仅在固定高程时生效，对应高度支持如下多种来源：

  用户自定义：支持用户自己设定高度数值：可在平面高度编辑框手动输入高度；也可点击右侧选择高度按钮，在场景中单击右键选择参考高度点，单击左键退出高度选择。

  最小**z**值：以点云的最小z值作为高度值。

  中间**z**值：以点云的中间z值作为高度值。

  最大**z**值：以点云的最大z值作为高度值。

  高度过滤中心位置值：以高度过滤设置的过滤中心位置值作为参考面的高度值。

- 平面高度：显示当前设置的平面高度。

按高度过滤

高度过滤是矢量编辑的辅助功能，能够过滤掉干扰的点，方便进行矢量编辑。

功能概述

设置中心位置，及缓冲区后，场景中显示高度过滤后的点集。高度过滤后显示的点的Z值范围都在以位置值为中心，缓冲区范围内。

参数设置

- 位置：显示点云的Z值的中间值。
- 缓冲区：以‘位置’为中心Z，延Z的正负方向延伸的大小。

实体矢量化

实体矢量化，包括对点、线和多边形实体的矢量化

> 注意：点图层只能添加点对象，不能添加直线、圆形、多段线和多边形对象。线图层不能添加点实体，只能添加直线、多段线和多边形对象。

点

- 绘制实体点，通过鼠标左键单击绘制实体点。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选中点实体位置。
2. 重复步骤一绘制下一个点实体。
3. 单击鼠标右键结束绘制点实体。

直线

绘制线段实体，通过鼠标左键单击绘制线段实体起始端点。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选中线段实体起点位置，或单击鼠标右键结束绘制线段实体。
2. 单击鼠标左键选中线段实体终点位置，或鼠标右键单击可以回退到步骤一。
3. 单击鼠标右键结束绘制线段实体。

多段线

通过鼠标交互绘制多段线。

1. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制多段线。
2. 重复步骤一添加点，或单击鼠标右键结束当前多段线绘制，如需闭合，点击闭合按钮，重复步骤一开始新的多段线绘制。
3. 单击鼠标右键可以退出绘制多段线。

B样条

通过鼠标交互绘制B样条曲线。

1. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制B样条曲线。
2. 重复步骤一添加点，或单击鼠标右键结束当前B样条曲线绘制，如需闭合，点击闭合按钮，重复步骤一开始新的B样式曲线绘制。
3. 单击鼠标右键可以退出绘制B样式曲线。

Bezier曲线

通过鼠标交互绘制Bezier曲线。

1. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制Bezier曲线。
2. 重复步骤一添加点，或单击鼠标右键结束当前Bezier曲线绘制，如需闭合，点击闭合按钮，重复步骤一开始新的Bezier曲线绘制。

3. 单击鼠标右键可以退出绘制Bezier曲线。

直角绘图

通过鼠标交互绘制直角线段。

1. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制。
2. 重复步骤一添加点，或单击鼠标右键结束绘制，如需闭合，点击闭合按钮，重复步骤一开始新的多段线绘制。
3. 单击鼠标右键可以退出绘制。

多边形

提供一种方式绘制多边形，提供添加节点和删除节点编辑功能。

1. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制多边形。
2. 重复步骤一添加点，或单击鼠标右键结束当前多边形绘制，重复步骤一开始新的多边形绘制。
3. 单击鼠标右键可以退出绘制多边形。

三点画矩形

通过鼠标交互绘制矩形。

1. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制矩形。
2. 重复步骤一添加点，当点击三个点后结束当前绘制，重复步骤一开始新的矩形绘制。

圆

1. 圆心半径画圆

通过鼠标交互绘制圆环。

1. 单击鼠标左键选择圆心，或单击鼠标右键可以退出绘制圆。
2. 双击鼠标左键选择圆上一点，或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 单击鼠标右键可以退出绘制圆环。

2. 两点画圆

通过鼠标交互绘制圆环。

1. 单击鼠标左键选择圆的直径上的一个端点，或单击鼠标右键可以退出两点画圆。
2. 双击鼠标左键选择圆直径上的另一个端点，或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 单击鼠标右键可以退出两点画圆。

3. 三点画圆

通过鼠标交互绘制圆环。

1. 单击鼠标左键选择圆上一点，或单击鼠标右键可以退出三点画圆。
2. 单击鼠标左键选择圆上第二点，或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 双击鼠标左键选择圆上第三点，或单击鼠标右键回退到步骤2。

4. 单击鼠标右键可以退出三点画圆。

三点画圆弧

通过鼠标交互绘制圆弧。

1. 单击鼠标左键选中圆弧上第一点，或单击鼠标右键可以退出三点画圆弧。
2. 单击鼠标左键选中圆弧上第二点，或单击鼠标左键回退到步骤1。
3. 双击鼠标左键选中圆弧上第三点，或单击鼠标左键回退到步骤2。
4. 单击鼠标右键可以退出三点画圆弧。

文本

添加文本标注。

1. 点击文本标注功能按钮，弹出文本设置参数面板，设置参数。
2. 鼠标左键单击，确定文本标注的位置，或者鼠标右键单击退出绘制文本标注。

参数设置

- 文本： 设置要添加的文本标注内容。
- 旋转（角度）： 绘制文本的旋转角度，方向为逆时针。
- 高度： 绘制文本的高度。

实体修改

实体修改，提供对矢量实体的编辑功能。

转换为多段线/多边形

将曲线转换成多段线或多边形，便于后续编辑操作。支持B样条曲线、贝塞尔曲线、圆、圆弧。其中，圆将被转换为多边形，其他曲线将被转换为多段线。

1. 单击鼠标左键选中矢量实体，可选择B样条曲线、贝塞尔曲线、圆、圆弧
2. 继续选择矢量实体或者点击应用按钮进行离散化操作。

参数设置

- 圆弧步长：设置离散时的采样步长，单位为角度，只对圆和圆弧生效。

插入节点

通过鼠标交互编辑多边形，添加节点。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线或多边形实体，或单击鼠标右键可以退出编辑多边形。
2. 移动鼠标，选择插入点位置，左键单击在该位置添加节点，或单击鼠标右键结束当前编辑，重复步骤一开始新的编辑。
3. 单击鼠标右键可以退出插入节点。

追加节点

通过鼠标交互编辑多段线、B样式曲线或Bezier曲线，在其首尾添加节点。

通过鼠标交互编辑多段线、B样式曲线或Bezier曲线，在其首尾添加节点。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线实体，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 单击鼠标左键选择点，根据距离判断点插入的位置，如果是离起始点更近，在起点前添加点，否则终点后添加点，或单击鼠标右键结束多段线编辑，重复步骤一开始新的多段线编辑。
3. 在右侧属性面板中选择要追加的线段类型(多段线，B样式曲线，Bezier曲线)，默认为多段线，通过鼠标左键点击可在三者之间切换。
4. 单击鼠标右键可以退出追加节点。

删除节点

通过鼠标交互编辑多边形，删除节点。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线或多边形实体，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 单击鼠标左键多边形实体节点，删除该节点，或单击鼠标右键结束当前编辑，重复步骤一开始新的编辑。
3. 单击鼠标右键可以退出删除点。

修剪多段线

支持打断于线、打断于点、交点打断、修剪四种模式。

打断于线

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线、B样式曲线或Bezier曲线，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 单击鼠标左键在多段线上选择第一个交点，或单击鼠标右键结束当前编辑，重复步骤一开始新的编辑。
3. 单击鼠标左键在多段线上选择第二个交点完成打断，或单机鼠标右键回退重新选择第一个交点。
4. 单击鼠标右键可以退出打断于线。

打断于点

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线、B样式曲线或Bezier曲线，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 单击鼠标左键在多段线上选择一个交点，或单击鼠标右键结束当前编辑，重复步骤一开始新的编辑。
3. 单击鼠标右键可以退出打断于点。

交点打断

1. 单击鼠标左键选择要执行相交操作的第一条矢量线，或单击鼠标右键退出编辑。
2. 单击鼠标左键选择要执行相交操作的第二条矢量线，或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 选择待选的相交点完成相交操作。

修剪

1. 单击鼠标左键选择多段线、矩形或闭合多段线作为基准线，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 选中一条基准线后，单击鼠标左键继续选择基准线，或单击鼠标右键准备选择要修剪的矢量线。
3. 进入选择要修剪的矢量线状态后，单击鼠标左键选择要修剪的矢量线，会根据选中矢量线和基准线的交点，删除选中的矢量线。
4. 单击鼠标右键可以回退到重新选择基准线，再次单击右键退出修剪。

> 注意: 修剪判断的交点是xy平面上的交点，与矢量的高程无关。

合并多段线

通过鼠标交互编辑多段线，拼接。

1. 单击鼠标左键选择要拼接的第一条矢量线的起点或者终点，右键退出。
2. 单击鼠标左键选择要拼接的第二条矢量线的起点或者终点和第一条矢量线完成拼接。

拟合圆矢量合并

通过鼠标交互合并多段线，拼接。

1. 设置拟合圆半径，移动鼠标用拟合圆选择要合并的矢量，鼠标左键单击合并。

地形贴合

矢量线段吸附到点云或者模型表面

批量调节矢量线段的高程到点云或者模型上

参数设置

- 选中矢量：选中的矢量线会被修改高程
- 所有矢量：所有矢量线会被修改高程。
- 低点 ：采用点云或模型的低点高程值修改矢量。
- 中点 ：采用点云或模型的中点高程值修改矢量。
- 高点 ：采用点云或模型的高点高程值修改矢量。

整形要素工具

通过在选定要素上构造草图整形线或面。要素采用从草图与要素的第一个交点到最后一个交点连接的草图形状。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线或多边形实体，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 在场景中拾取点。
3. 在右侧属性面板中选择整形的线段类型(多段线，B样式曲线，Bezier曲线)，默认为多段线，通过鼠标左键点击可在三者之间切换。
4. 在多段线或多边形边界上双击结束当前编辑。
5. 整形工具有自选选择整形结果和手动选择整形结果两种模式。自动选择整形结果：对于多段线，会默认保留长度更长的多段线，对于多边形会默认保留面积更大的多边形。非闭合多段线直接用新绘制的线段替换第一个交点与最后一个交点之间的部分。手动选择整形结果：闭合多段线和多边形会保留新生成的两个矢量，需要鼠标左键点选一个要删除的闭合多段线或多边形。

分割

根据绘制的线分割选定的面。

1. 单击鼠标左键编辑一跳多段线，双击结束，并对所经过路径上（XY平面）的矢量进行分割。

组合

通过鼠标交互编辑多边形，合并。

1. 鼠标左键单击选择闭合多段线或者多边形作为外环。
2. 鼠标左键单击选择闭合多段线或者多边形作为内环，鼠标右键单击结束选择内环，完成组合。

多边形布尔运算

基于两个多边形的交并差运算结果产生一个新的多边形。

1. 单击鼠标左键选择一个多边形，单击右键可以取消选择。
2. 单击鼠标左键另一个多边形，自动进行布尔运算生成新的多边形实体。

参数设置

- 交集：所选择的第一个多边形和第二个多边形的公共部分。
- 并集：属于第一个多边形或者第二个多边形的部分。
- 差集：只属于第一个多边形不属于第二个多边形的部分。
- 对称差集：只属于第一个多边形或者只属于第二个多边形的部分。

平滑和简化

对多段线进行平滑或简化操作。

1. 点击线平滑简化按钮，弹出参数界面，设置参数。
2. 选择矢量线对象，点击执行。

参数设置

- 是否启用平滑： 是否使用平滑。
- 平滑距离： 在启用平滑下有效，指定平滑后线相邻两点间的平均距离。
- 是否启用简化： 是否启用简化功能。
- 简化距离： 指定保留点到线的最大距离偏差。随着距离变小，保留的越多，从线中删除的点越少。

均匀化

使矢量的节点分布更加均匀，可设置节点分布距离和是否保存原始顶点。单击鼠标左键选择实体即可完成矢量的均匀化，支持多段线和多边形。

参数设置：

- 保留原始节点：是否保留原矢量的节点
- 间隔：节点间隔

反向

将矢量的节点顺序逆转。单击鼠标左键选择实体，完成反向操作，支持多段线和多边形。

圆角化

将多段线或者多边形的折角变成圆角。

参数设置：

- 半径：设置圆角的半径，如果半径相对折线边过大，则会自适应减小圆角半径。

实体缓冲区

对选中的矢量生成缓冲区。

1. 单击启动几何缓冲区，点击参数界面上的应用按钮，根据缓冲区大小，对选中的矢量生成缓冲区矢量到当前选中的图层内。

参数设置

- 是否启用平滑： 是否使用平滑。

平行拷贝

根据所选参数对选中的矢量执行平行拷贝。

1. 单击启动平行拷贝功能
2. 选中矢量（也可启动工具前选中）
3. 点击参数界面上的应用按钮

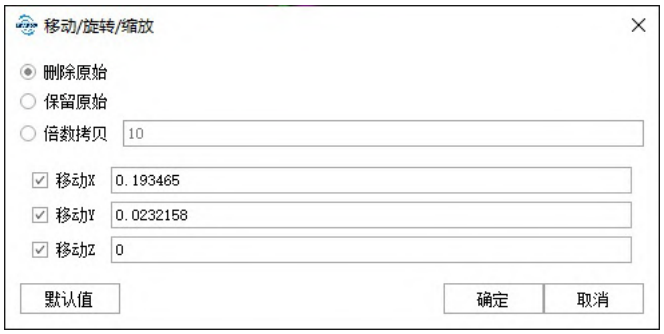
参数设置

- 距离： 拷贝矢量和原矢量间距。
- 重复次数：拷贝重复次数
- 侧面：控制在哪一侧拷贝
- 角：控制拷贝矢量折角的连接方式

移动/拷贝

对实体进行复制平移多份或者一份，创建不同位置的相同的实体，可以利用递增偏移来创建多个实体。

1. 选中需要复制的实体。
2. 点击复制，单击鼠标左键选中基准点位置。
3. 单击鼠标左键，选中移动到的位置点，弹出对话框。



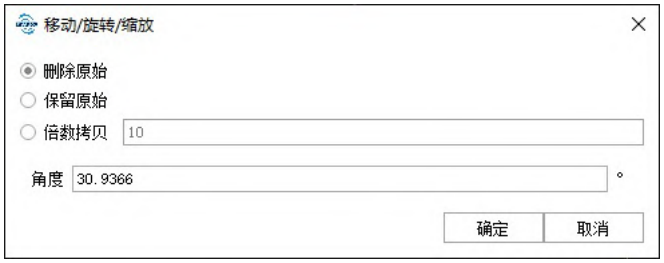
参数设置

- 删除原始：删除原始实体，保留移动后实体。
- 保留原始：保留原始实体，保留移动后实体。
- 倍数拷贝：保留原始实体，复制多份实体，设置复制实体份数，多份实体按照相同的平移偏移量递增偏移。
- **X**移动:设置X轴方向是否移动，以及移动的偏移量
- **Y**移动:设置X轴方向是否移动，以及移动的偏移量
- **Z**移动:设置X轴方向是否移动，以及移动的偏移量

旋转

对实体进行旋转多份或者一份，创建不同旋转角度的相同的实体，可以利用递增旋转角度来创建多个实体。

1. 选中需要旋转的实体。
2. 点击复制，单击鼠标左键选中旋转中心位置。
3. 单击鼠标左键，确定旋转最终角度位置，弹出对话框。



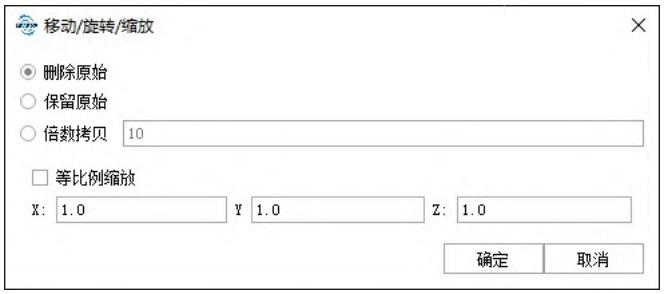
参数设置

- 删除原始：删除原始实体，保留旋转后实体。
- 保留原始：保留原始实体，保留旋转后实体。
- 倍数拷贝：保留原始实体，复制多份实体，设置复制实体份数，多份实体按照相同的旋转偏移量递增偏移。
- 角度（单位°）：设置旋转的角度。

缩放

对实体进行缩放多份或者一份，创建不同位置的不同大小的实体，利用相同的缩放比例来创建多个实体。

1. 选中需要缩放的实体。
2. 点击复制，单击鼠标左键选中缩放中心点位置，弹出对话框。



参数设置

- 删除原始：删除原始实体，保留缩放后实体。
- 保留原始：保留原始实体，保留缩放后实体。
- 倍数拷贝：保留原始实体，复制多份实体，设置复制实体份数，多份实体按照相同的偏移量递增偏移。
- 等比例缩放：该参数定义了X与Y方向缩放比例，可以约束XY方向缩放比例，选中是Y方向缩放比例和X方向缩放比例相同。
  - 比例缩放**X**：设置X方向缩放的比例。
  - 比例缩放**Y**：设置Y方向缩放的比例。

复制实体

对将所选择的矢量复制到当前激活的图层。

1. 点击矢量图层树上的图层以激活当前图层

2. 选择矢量，即可将其复制到当前图层。复制矢量需要与图层的类型兼容，且不可在复制到当前矢量所在图层。

要素提取

要素提取模块用来对场景中的要素进行矢量化提取，该模块提供了提取路肩、交汇画线、提取建筑轮廓、从模型提取建筑物轮廓、脚趾线工具、交汇画线、使用SAM提取矢量功能。 该模块矢量化的对象为建筑物或道路，启动该模块的任意功能时，如果当前没有相关层，软件自动添加一个对应层。

提取路肩

启动半自动路缘石边线矢量化功能

1. 第一次点击鼠标左键，确定搜索框位置，接近路缘石立面中间位置选取为宜。
2. 第二次点击鼠标左键，确定搜索方向，指定路缘石的前进方向，开始执行等待。
3. 自动提取路缘石上下边线，并添加至当前图层。
4. (可选)点击工具条回退按钮，回退上次提取的边缘线。
5. (可选)点击工具条重做按钮，重新添加上次回退的边缘线。

参数设置

- 长度(米)：搜素矩形框的长度，默认为0.5m，值越大搜索速度越快,但过大值会跨越不相连的两段路。
- 宽度(米)：搜素矩形框的宽度，默认0.2m，能够覆盖路缘石区域，不宜过大。
- 高度(米)：搜索矩形框的高度，根据要提取的路缘石高度进行设置，稍微大于路缘石，通过高度指示线进行调整。
- 角度阈值(度)：路缘石走向上的弯曲程度，对于弧形道路的曲度，默认30°。

提取建筑轮廓

启动半自动建筑物轮廓线矢量化功能

1. 点击鼠标左键，选择要提取轮廓的区域。
2. 双击结束区域选择，并自动提取选择区域的轮廓线。
3. 轮廓线矢量化成多段线，并添加到建筑物层。
4. (可选)点击工具条回退按钮，回退上次提取的轮廓线。
5. (可选)点击工具条重做按钮，重新添加上次回退的轮廓线。

参数设置

- 点来源：该参数定义了体积量测数据源的类型。
    - 从文件：使用指定范围内点云文件中的点，速度相对较慢，计算结果稳定。
    - 从加载：使用指定范围内加载到场景中的点，速度相对较快，场景中数据加载变化对计算结果有影响。
- 是否进行屋顶分层（默认关闭）：开启后对于选择区域建筑屋顶分层聚类，对各个高度上屋顶进行边界提取，关闭则提取整体边界。
- 最小面积（平方米）：要提取区域的最小面积，小于该面积的边界会被舍弃。
- 内轮廓（默认关闭）：是否提取内部边界，对于具有空洞的屋顶点云是否保存内部空洞边界。
- 外轮廓（默认开启）：是否提取外部边界，是否保存屋顶的外部边界。
- 正则化（默认开启）：是否进行规则化，开启后对提取的边界进行简化规整。
- 角度阈值（度）：在规则化开启后生效，执行规则化的角度阈值，默认设置15°-30°，值越大边界锐角边就越少。

从模型提取建筑轮廓

从模型中提取建筑轮廓

启动从模型提取建筑物轮廓功能。 弹出参数对话框：

- 最小面积（平方米）：要提取区域的最小面积，小于该面积的边界会被舍弃。
- 正则化（默认开启）：是否进行规则化，开启后对提取的边界进行简化规整。

  角度阈值（度）：在规则化开启后生效，执行规则化的角度阈值，默认设置15°-30°，值越大边界锐角边就越少。

鼠标左键点击确认水平切平面位置执行轮廓提取。

脚趾线工具

参见脚趾线提取工具

交汇画线

启动交汇画线法矢量化建筑物功能

1. 单击鼠标左键依次选择建筑物一条边上的两点。
2. 单击鼠标左键依次选择建筑物另一条边上的两点。
3. 选择的两条边线会自动延伸交汇出交点。
4. (可选)单击鼠标右键，弹出右键菜单，选择闭合多段线、回退点或者结束当前。
5. (可选)点击工具条回退按钮，回退选择的一个顶点。
6. (可选)点击工具条闭合按钮，当前多段线自动闭合并结束当前交汇绘线法的绘制。

使用**SAM**提取矢量

从影像中自动提取矢量功能

鼠标单击影像，从影像上自动识别矢量，支持高光谱影像，文件树中切换高光谱显示的波段，SAM会自动基于当前显示的波段计算影像特征，基于当前影像提取地物。

参数设置

- 选择工具：指定自动提取矢量的交互方式
  - 点选择：鼠标左键单击自动提取矢量，按下shift键的同时，单击鼠标左键增加正点，按下alt键的同时，单击鼠标左键增加负点。
  - 矩形选择：鼠标左键单击确定矩形起点，移动鼠标鼠标左键单击确定矩形终点，自动提取矢量。
- 简化：对提取的矢量进行简化。
  - 最大像素距离：指定保留点到线的最大距离偏差。随着距离变小，保留的越多，从线中删除的点越少。
- 平滑 ：对提取的矢量进行平滑。
  - 均值平滑（**3\5\7**邻域）：对于矢量线上的每个点使用3\5\7邻域进行均值平滑。
    - 贝塞尔平滑（线控制）：使用分段贝塞尔曲线进行平滑，生成的矢量线不过控制点。
    - 贝塞尔平滑（点控制）：使用分段贝塞尔曲线进行平滑，生成的矢量线过控制点。
    - **B**样条曲线（点控制）：使用三次B样条曲线进行平滑，生成的矢量线过部分控制点。
    - **B**样条曲线拟合：使用三次B样条曲线进行拟合，生成的矢量线不过控制点。

- 正则化 ：对自动提取的矢量进行正则化。
  - 角度阈值：夹角小于此阈值的线段将会被合并为直线。
    - 最大像素距离：指定保留点到线的最大距离偏差。随着距离变小，保留的越多，从线中删除的点越少。
- 矢量贴地 ：将自动提取的矢量吸附到点云或者模型上，自动修改提取的矢量线段的节点高程。
  - 低点：提取点云或者模型的对应位置的最低点。
    - 中点：提取点云或者模型的对应位置的中点。
    - 高点：提取点云或者模型的对应位置的最高点。
- 输出结果 ：指定自动提取的矢量类型。
  - 多边形：指定自动提取结果为多边形。
  - 矩形：指定自动提取结果为矩形。

脚趾线提取

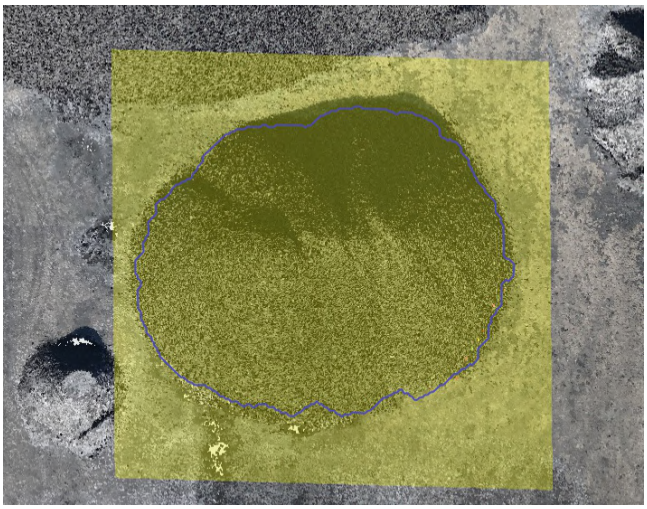
功能概述

该工具可以自动创建一个多边形脚趾线，结果矢量可用于体积计算。

用法

启动矢量编辑模块，选择或新建一个矢量文件，在要素提取工具栏，点击 ,弹出参数设置框：

，设置参数，在点云中点击堆体作为“种子点”，进行提取。 ### 参数设置 ### - **最大尺寸**：用于提取脚趾线的点云范围，以“种子点”为中心截取点云。X表示x轴方向宽度，Y表示y轴方向宽度范围。若按下 = 按钮则范围为正方形，修改X时Y同步修改。 - **显示探测区域（默认开启）**：是否显示以鼠标当前位置为中心的搜索框。 - **格网大小** ：可通过右方选择工具对数据进行采样来设置此值。通过点击点云中某位置计算局部点间距估计，一般应大于2倍点间距，网格大小太小，则面临提取失败风险，网格太大提取脚趾线边缘可能不够精细。 - **最小垂直变化**：以网格大小为步长的垂直变化量，脚趾算法从种子点向各个方向生长，如果相邻单元格在步长距离上的垂直变化满足设置则继续延伸。最小变化量过小会导致结果范围大于实际，太大可能导致不完整的脚趾线。 - **数据缺失**：提取范围内的堆体数据是否存在部分缺失，该情况下启用，会牺牲部分效率，提取较为完整的脚趾线。 - **平滑**：提取出的结果脚趾线是否进行平滑，启用该功能可获取较为平滑的结果，但与原始点云可能有部分错位。 脚趾线提取结果如图所示：



实体选择

对矢量化实体要素进行选择，包括选择、全部选择、取消全选、选择相交实体、选择图层和反选。

选择

缺省选择，可以选择和修改实体，以下操作方法均可选择、修改实体。

- 单击选择实体：左键单击选择实体并清除之前的选择状态，配合左Shift可以追加选择。
- 矩形拉窗选择实体：左键交互依次点击矩形窗口的左上和右下角点，完全包含在该矩形范围内的实体被选中，配合左Ctrl键可取消该矩形范围内的实体选择。默认会清除之前的选择状态，配合左Shift可以追加选择。
- 矩形拉窗选择实体：左键交互依次点击矩形窗口的右下和左上角点，部分或全部包含在该矩形范围内的实体对象被选中，配合左Ctrl键可取消该矩形范围内的实体选择。默认会清除之前的选择状态，配合左Shift可以追加选择。
- 修改实体顶点：点击已选对象的顶点，并拖拽，可移动和修改该点位置。在矢量编辑主窗口和关联窗口仅修改点的X,Y坐标值，在剖面窗口仅修改点的Z坐标值。
- 修改实体：按下M键，鼠标左键选择第一个参考点，并拖拽，可移动和修改所有选中实体对象的位置。在矢量编辑主窗口和关联窗口仅修改对象的X,Y坐标值，在剖面窗口仅修改对象的Z坐标值。

全部选择

选择场景内所有实体。

取消全选

场景内所有实体都不被选中。

选择相交实体

通过鼠标左键交互画一条直线，与直线相交的实体将被选中，配合左Shift键可取消对象的选择。

选择图层

通过鼠标左键选中实体，该实体所在图层内所有实体将被选中。

反选

当前选中的实体变成未选中状态，当前未选中实体变成选中状态。

地形

地形提供了2种模式，简单模式和专业模式。点击右上角工具栏上的专业模式和简单模式可进行切换。简单模式提供地形产品一键流程化处理方式。

专业模式

专业模式功能如下图所示：

预处理包含功能： 点云平滑、 重采样、 去噪、 地面点分类。

基于点云的功能包括： 数字高程模型、 数字表面模型、 点云生成等高线、 生成TIN、 生成高程注记点。

基于栅格的功能包括： 数字正射影像、 相对高程模型、 山体阴影、 坡度、 坡向、 粗糙度、 天空开阔度、 年日照量、 入射太阳辐射、 DEM接边、 DEM精度评估。

基于矢量的功能包括： 等高线矛盾检查、 等高线接边、 断裂线接边。

基于TIN的功能包括： Tin生成等高线、 Tin生成DEM、 模型平滑。

地形转换功能包括： TIFF转换为LiModel、 转换为带纹理的LiModel、 LiModel转换为TIFF。

分析工具包括： 排水线分析、 水淹分析、 视域分析、 偏差分析、 变化检测、 施工进度分析。

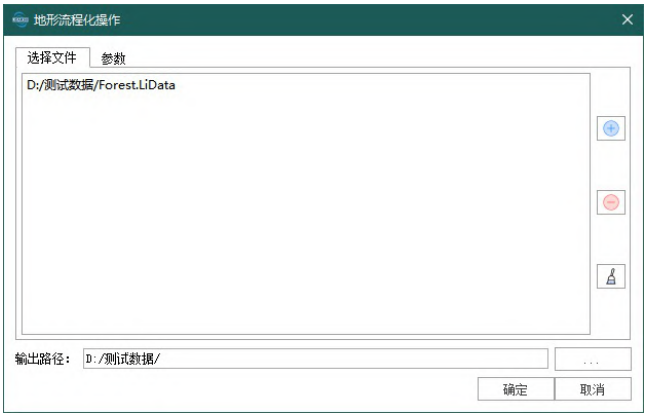
模型编辑包括： LiModel编辑、 LiTin编辑。

此外，还包含功能 断面分析、 查询倾角和走向、 分类编辑、 等高线编辑。

简单模式

简单模式功能如下图所示：

点击"运行"，弹出对话框如下图所示。点击选择文件，选择数据处理的点云数据；点击左侧每个功能，可对每个功能的参数进行设置，点击确定后，即会进行流程化操作，所有的生成结果将会保存到输出路径下。



此外，还包含功能 断面分析、 矢量编辑、 查询倾角和走向、 剖面编辑。

机载林业

机载林业提供了2种模式，简单模式和专业模式。点击右上角工具栏上的专业模式和简单模式可进行切换。简单模式提供地形产品一键流程化处理方式。

专业模式

专业模式功能如下图所示：

机载林业预处理包含功能：重采样、 去噪、 地面点分类、 数字高程模型、 数字表面模型、 冠层高度模型、 归一化（归一化、 根据地面点归一化）。

机载林业工具包含：

基于格网计算森林参数、

回归（线性回归、 支持向量机、 快速人工神经网络、 随机森林回归、 回归预测）、

分割（点云分割、 层堆叠生成种子点、 基于树干单木分割、 CHM生成种子点、 基于影像单木分割、 基于种子点分割、 CHM分割、

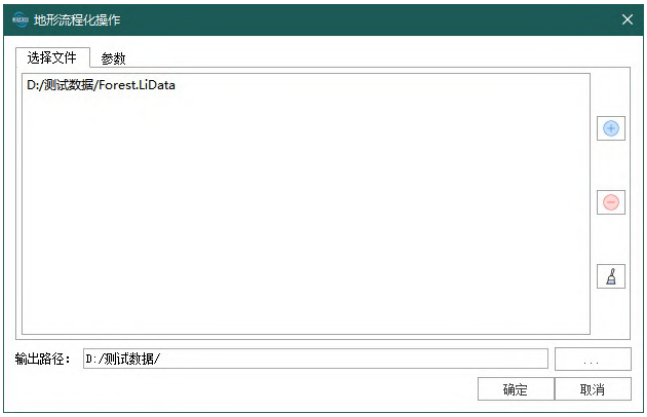
其他工具（清除树ID、 按树ID提取点云、 统计单木属性、 反归一化、 树模型管理。

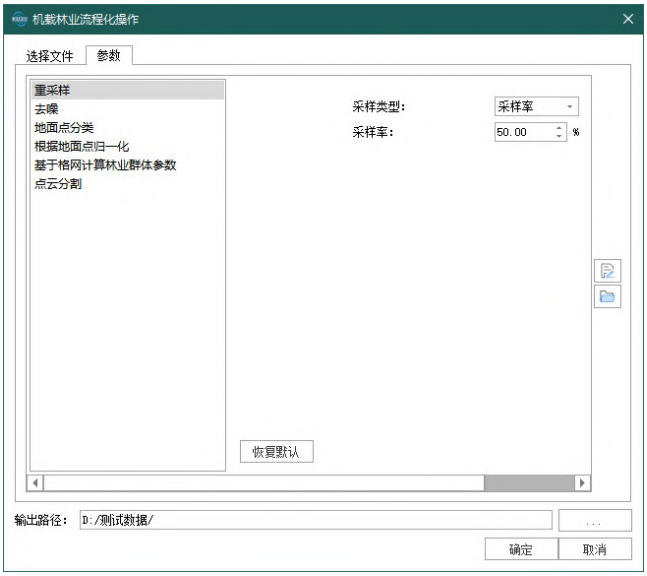
机载林业编辑包含功能：ALS种子点编辑、 分类编辑。

简单模式

简单模式功能如下图所示：

点击"运行"，弹出对话框如下图所示。点击选择文件，选择数据处理的点云数据；点击左侧每个功能，可对每个功能的参数进行设置，点击确定后，即会进行流程化操作，所有的生成结果将会保存到输出路径下。





机载林业工具包含：清除树ID、 按树ID提取点云、 统计单木属性、 反归一化。

机载林业编辑包含功能： ALS种子点编辑、 剖面编辑。

地基林业

地基林业提供了2种模式，简单模式和专业模式。点击右上角工具栏上的专业模式和简单模式可进行切换。简单模式提供地形产品一键流程化处理方式。

专业模式

专业模式功能如下图所示：

地基林业预处理包含功能： 重采样、 去噪、 地面点分类、 归一化（归一化、 根据地面点归一化）。

地基林业工具包含：

基于格网计算林业群体参数、

分割（点云分割、 基于树干的单木分割、 基于种子点的单木分割）

树属性（统计单木属性）

林分分析与报告（林分分析与报告）

树木生物量（生物量估算、 生物量模型管理）

其他工具（清除树ID、 按树ID提取点云、 反归一化）

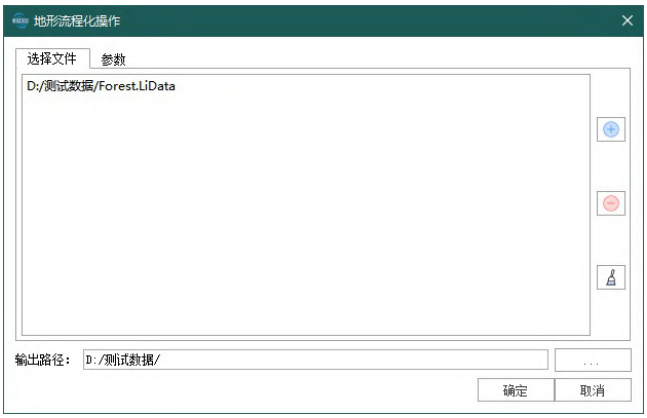
树模型（树模型管理）

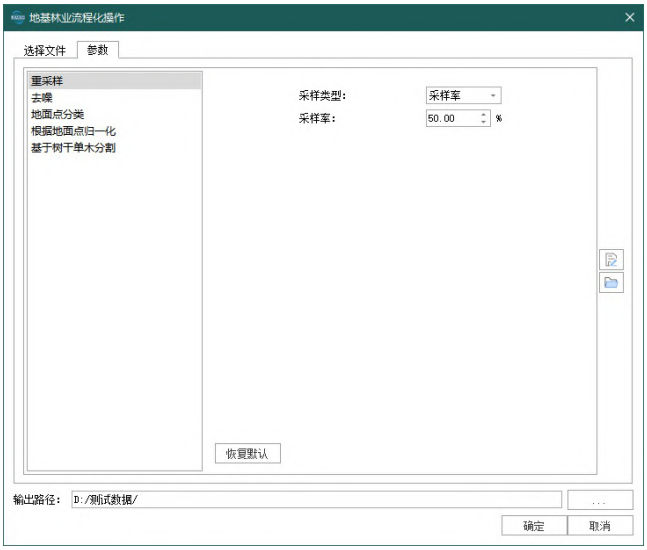
地基林业编辑包含功能： DBH量测、 TLS种子点编辑、 单木点云编辑、 分类编辑。

简单模式

简单模式功能如下图所示：

点击"运行"，弹出对话框如下图所示。点击选择文件，选择数据处理的点云数据；点击左侧每个功能，可对每个功能的参数进行设置，点击确定后，即会进行流程化操作，所有的生成结果将会保存到输出路径下。





地基林业工具包含: 清除树ID、 反归一化。

地基林业编辑包含功能： DBH量测、 树种标记、 TLS种子点编辑、 单木点云编辑、 分类编辑。

影像

影像模块包含的功能如下图所示：

影像包含功能： 新建工程、 导入Pos、 导出工程。

影像流程化操作包含功能： 一键处理流程。

工具包含功能： 地面控制点、 对齐到点云、 DOM编辑、 更新对齐、 生成报告、 畸变矫正、 去雾、 相机校正。

过滤和选择包含功能： 调整拼接线、 筛选连接点。

光谱

光谱模块包含的功能如下图所示：

数据分析包含功能： 点选查看光谱、 查看光谱库、 波长管理。

转换包含功能： 最小噪声分离、 主成分分析、 S-G滤波、

处理含功能： 光谱角分类、 光谱指数。

矿山

矿山模块提供与矿山相关的工具集。

预处理

预处理包含功能：

点云平滑、 重采样、 去噪、 地面点分类、 数字高程模型、 点云生成等高线。

露天矿

露天矿包含功能：

生成TIN、 模型平滑、 提取坡顶坡底线。

分析

分析包含功能：

体积变化分析、 偏差分析、 变化检测、 断面分析、 坡道间合规分析、 查询倾角和走向。 分析工具 (填洼、 流向、 流向累积量、山体阴影、坡度、坡向、粗糙度)。

巷道

巷道包含功能：

提取巷道点、 法线计算、 泊松建模、 曲面重建、 模型编辑。

简单模式

简单模式功能如下图所示：

点击"运行"，弹出对话框如下图所示。点击选择文件，选择数据处理的点云数据；点击左侧每个功能，可对每个功能的参数进行设置，点击确定后，即会进行流程化操作，所有的生成结果将会保存到输出路径下。相应的参数和设置可参考相应的功能文档。

建筑物

建筑模块包含的功能如下图所示：

预处理包含功能： 重采样、 去噪、 地面点分类、 深度学习分类。

色彩处理包含功能： 数字表面模型、 数字正射影像图。

模型处理包含功能： 从影像中提取建筑物轮廓、 自动创建建筑物、 建筑物模型纹理贴图、 属性计算。

模型编辑包含功能： 建筑物编辑、 模型贴图照片编辑、 模型材质编辑。

显示页

本章详细介绍了LiDAR360显示页所包含的功能模块及各个功能的用法。包含了三类工具：显示和记录、窗口、操作。

- 显示和记录
- 窗口
- 操作

显示和记录

与软件显示相关的设置与操作。

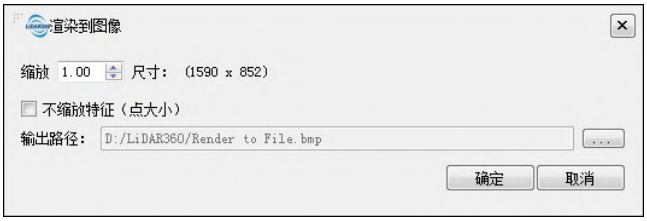
- 渲染到图像
- 相机漫游
- 录屏
- 背景网格
- 显示原点
- 天空盒
- 相机设置
- 显示模型
- 显示三角网
- 显示点

渲染到图像

功能描述：将当前激活窗口显示的场景内容渲染到图片文件（采用bmp格式）。支持基于窗口尺寸，以宽高等比例缩放的方式，生成比当前窗口尺寸更大的图片。支持设置是否缩放特征，窗口尺寸缩放比例大于1，且不缩放特征的情况能获取比窗口显示效果更精细的图片。

步骤

1. 调整当前激活窗口，获取想要渲染的内容。
2. 点击菜单>显示>渲染到图像调用本功能，弹出界面如下。



3. 设置缩放比例。
4. 根据渲染需求勾选或不勾选“不缩放特征(点大小)”。
5. 根据需要修改文件输出路径。
6. 点击“确认”按钮，获取渲染的图片。

参数设置

- 快捷键： 无
- 功能输入：当前激活窗口
- 缩放：该参数定义了渲染的图片尺寸在原窗口尺寸的基础上放大的倍数，能获取大尺寸的图片。
- 尺寸：该参数不支持设置，会根据缩放倍数实时计算输出图片的尺寸，并将尺寸大小展示在括号内。当实际尺寸过大，超过运行环境支持的范围时，输出图片将不成功，并且会在输出窗口给出提示。
- 不缩放特征（点大小）：默认不勾选，此时输出的图片质量与原窗口一致，不会获得更精细的内容。缩放比例为1时，该参数不起作用；在缩放比例大于1，且勾选该功能时，点云中每一个点占用的像素大小与窗口中占据的像素大小一致，而图片尺寸比窗口大的情况下，图片中看到的点云细节更加清晰，获得比窗口展示效果更精细的图片。
- 输出路径：设置图片输出路径。

  > 注意：EDL开启情况下，渲染到图片功能支持EDL显示效果的叠加。

屏幕截图

功能描述：将当前激活窗体中视图保存为JPEG格式的文件。

步骤

1. 点击此功能后弹出保存文件对话框，默认的文件名为窗口名称，点击保存后保存到指定位置。

相机漫游

功能描述：支持基于视点和基于数据采集工作路径文件的漫游路径制作，控制场景相机按漫游路径进行运动，实现模仿人或飞行器等在真实场景中观测或采集数据的过程，增强了场景的沉浸感和展示度，配合录屏能获取在三维点云世界中漫游的精美视频。

步骤

1. 点击菜单>显示>相机漫游调用本功能，弹出界面如下。

2. 根据需要选择漫游模式（点击按视点漫游或按路径漫游按钮）。
   - 2.1 按视点漫游
     - 增加视点：调节三维场景获取合适的视点角度，点击增加视点，将当前视点位置加入到漫游路径，作为漫游的关键帧，新增视点会出现在视点列表框中。
     - 删除视点：将视点列表框中选中的视点从漫游路径关键帧中移除。
     - 加载视点文件：通过视点列表文件加载关键帧信息，显示在视点列表框中。
     - 保存视点文件：将视点列表框中的所有视点作为关键帧信息保存成视点列表文件。
     - 删除所有视点：删除视点列表框中的所有视点。
     - 选中列表框中某视点（单击或双击）：三维场景观测相机将设置成该视点对应的位置姿态，供用户预览视点对应的场景信息。
   - 2.2 按路径漫游
     - 勾选或不勾选显示漫游路径。
     - 选择路径线宽：在显示漫游路径的基础上才能进行路径线宽的选择。
     - 选择漫游路径文件：弹出选择漫游路径的对话框，选择相应的漫游路径文件。
     - 跳转到路径起点：跳转到漫游路径起点位置，鼠标滚轮调节漫游视点距离。
     - 选择漫游观看方式：根据场景选择俯视漫游或平视漫游。
3. 点击“开始漫游”，场景进入漫游模式。
4. （可选）点击“暂停/继续”，控制漫游的暂停和继续。
5. （可选）点击“停止”，退出本次漫游。
6. 点击“取消”按钮结束漫游功能的调用。

参数设置

- 快捷键： 无
- 功能输入：当前窗口观测相机的位置姿态信息或者路径文件。
- 速度：设置漫游的速度。
- 按路径漫游方式设置的参数：
  - 路径线宽：支持非负的整数，用以表示路径绘制的线宽，数值越大，绘制路径的线条越粗，路径展示越明显。

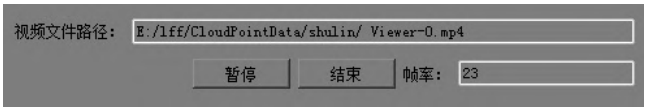
录屏

功能描述：将当前激活窗口显示的场景内容（屏幕内容）录制到视频文件（支持mp4和avi格式）。

步骤

1. 点击菜单>显示>录屏调用本功能，弹出界面如下。

2. 设置视频帧率（默认为25帧每秒）。
3. 设置视频比特率。
4. 设置视频输出路径。
5. 点击开始按钮后开启视频录制，会在被录屏的窗口显示正在录屏的信息，弹出界面如下。



6. 浏览录屏窗口，获取想要展示的录屏内容。
7. 根据需要点击“暂停/继续"按钮。
   - 暂停按钮：暂停当前录制，之前录制的内容保留，进入暂停状态后“暂停”按钮变为“继续”按钮状态；
   - 继续按钮：重新激活录制，在之前录制内容的基础上增加后续录制的内容，点击后按钮变为“暂停”按钮状态。
8. 点击"结束"按钮，完成录制，录制的内容会保存到对应的输出路径。

参数设置

- 功能输入：当前录屏窗口的场景画面。
- 视频帧率：该参数定义了视频传输的帧率。
- 视频比特率：该参数定义了视频传输的比特率（码率）。比特率过低，可能导致视频清晰度不够，画面粗糙而多马赛克；比特率过高，则导致视频文件过大。比特率默认值根据系统分辨率自动调节。
- 输出路径：设置视频保存路径。

  > 注意：EDL开启情况下，录屏功能支持EDL显示效果的叠加。

背景网格

功能描述：在窗口中显示三维网格。窗口中有多个点云，且点云距离较近时，计算并显示所有点云的网格范围；窗口中有多个网格，且点云距离较远时，计算并显示当前窗口显示范围内的点云的网格范围。

步骤

1. 点击菜单>显示>背景网格 调用本功能。

参数设置

功能描述：设置网格平面（XY平面、XZ平面、YZ平面）的显隐、网格文字的显隐、网格线型、线颜色、字体颜色。

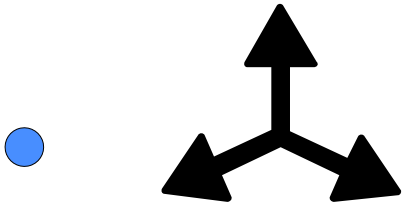
- 网格平面**(XY**平面、**XZ**平面、**YZ**平面**)**显隐（默认三个平面都显示）：勾选三个平面前的checkbox，改变对应平面的显示状态
- 网格文字显隐（默认显示）：勾选文字前的checkbox，改变文字的显示状态
- 线型（默认为实线）：点击SolidLine,选择网格线型（实线或虚线）。
- 线颜色（默认为白色）：点击，将弹出如下所示选择颜色的界面，可选择任意颜色为线的颜色。
- 字体颜色（默认为红色）：点击，将弹出如下所示选择颜色的界面，可选择任意颜色为字体的颜色。
- 坐标轴（**X**轴、**Y**轴、**Z**轴）单元格大小（默认为**“50”**）：点击50.00，该值将以10为步长递增或递减，也可以直接输入特定的值。其中，Y轴、Z轴单元格大小可设置为与X轴相同，这样就不用单独设置Y轴、Z轴的单元格大小。

显示原点

功能描述：在窗口中显示原点位置。分别控制不同的窗口中是否在坐标原点（0,0,0）的位置显示一个坐标系，红色是x轴，绿色是y轴，蓝色是z轴。

步骤

1. 点击菜单>显示>显示原点 调用本功能。



天空盒

功能描述：开启后在所有窗口中显示蓝色的天空背景。

步骤

1. 点击菜单>显示>天空盒 调用本功能。

相机设置

功能描述：可查看和改变当前激活3D视图的相机设置。

步骤

1. 点击此功能后弹出界面：

2. 通过相应的滑块设置相机的X、Y和Z方向的角度位置。

参数设置

- 功能输入：当前的激活视图为3D模式显示。
- 当前模式：显示当前视图的投影方式，包含透视投影和正交投影。
- **X**：相机的X方向角度位置。
- **Y**：相机的Y方向角度位置。
- **Z**：相机的Z方向角度位置。
- 相机/视点中心：此参数不可手动设置，是视图中相机的实时视点中心显示。
  - 第一个参数：相机的X位置。
  - 第二个参数：相机的Y位置。
  - 第三个参数：相机的Z位置。
- 视场角：视场角。
- 距离：到视点的距离，不可手动设置，是视点的实时距离。

> 注意：此功能只针对视图的3D模式，2D模式下不可以设置。

显示模型

功能描述：当前激活窗体中的模型以模型方式显示。

步骤

1. 点击此功能，当前激活窗体中的模型以模型方式显示，如下图所示：

参数设置

- 快捷键：按下"W"键使模型文件在模型/三角网/点三种显示方式上切换

> 注意：此功能针对的模型文件包括LiTIN、LiModel、ive等数据类型。

显示三角网

功能描述：当前激活窗体中的模型以三角网方式显示。

步骤

1. 当前激活窗体中的模型以三角网方式显示，如下图所示：

参数设置

- 快捷键：按下"W"键使模型文件在模型/三角网/点三种显示方式上切换

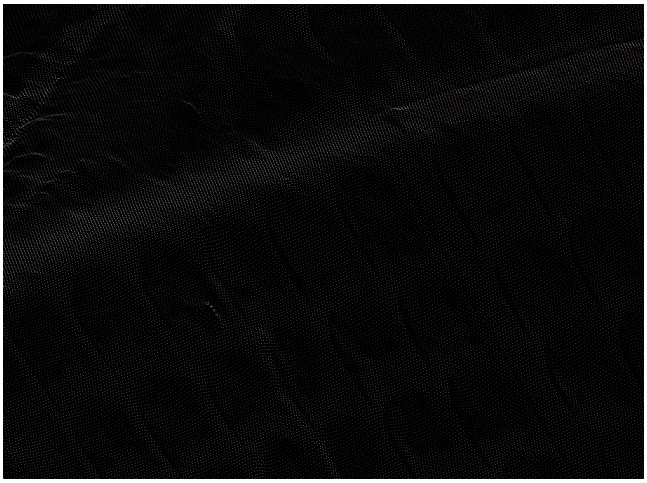
> 注意：此功能针对的模型文件包括LiTIN、LiModel、ive等数据类型。

显示点

功能描述：当前激活窗体中的模型以点的方式显示。

步骤

1. 点击此功能，当前激活窗体中的模型以点的方式显示，如下图所示：



参数设置

- 快捷键：按下"W"键使模型文件在模型/三角网/点三种显示方式上切换

> 注意：此功能针对的模型文件包括LiTIN、LiModel、ive等数据类型。

窗口

窗口菜单允许对窗口进行创建、关闭和排列等操作。

- 新建窗口
- 关闭当前窗口
- 关闭所有窗口
- 视图布局
    - 平铺窗口
    - Tab视图

新建窗口

功能描述：打开一个新的数据展示窗口。

步骤

1. 点击窗口 > 新建窗口，则出现一个新窗口。

> 快捷键：Ctrl+N

关闭当前窗口

功能描述：关闭当前窗口功能将关闭当前打开的窗口。

步骤

1. 点击窗口 > 关闭当前窗口，当前窗口关闭。

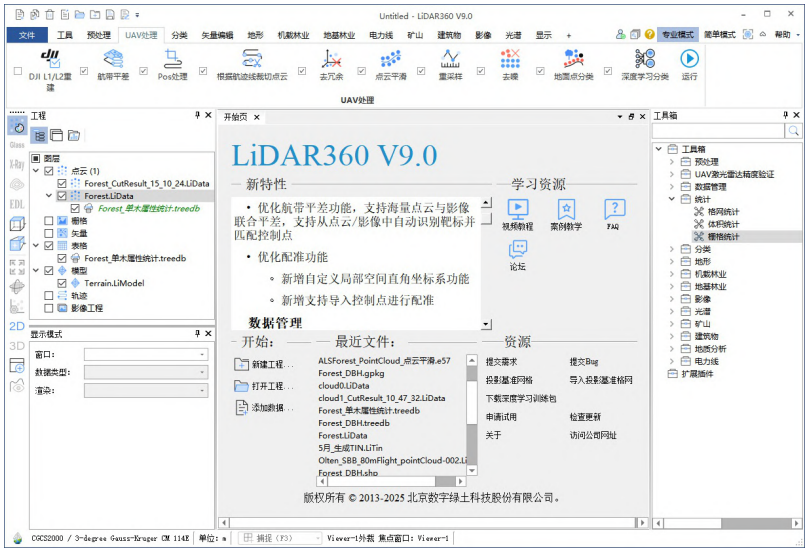
> 快捷键：Ctrl+F4

关闭所有窗口

功能描述：关闭所有窗口功能将关闭系统中打开的所有窗口。

步骤

1. 点击窗口 > 关闭所有窗口，所有窗口关闭，工作区显示软件启动图片，如图所示。



视图布局

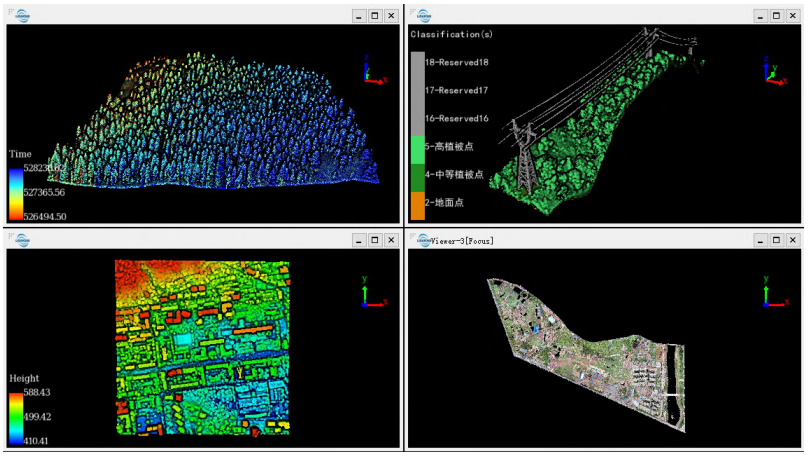
- 平铺窗口
- Tab布局

平铺窗口

功能描述：平铺窗口功能使窗口以不重叠的方式均匀排列。

步骤

1. 点击窗口 > 视图布局> 平铺窗口，效果如图。



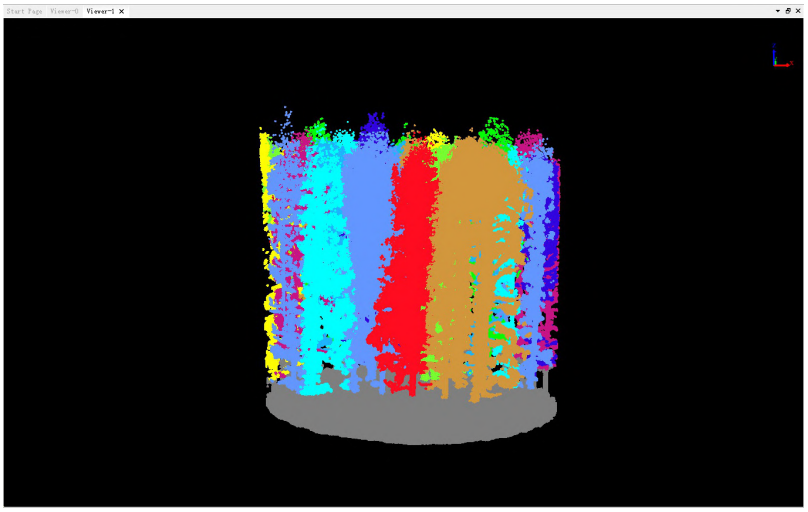
> 注意：该功能需要至少一个窗口

Tab视图

功能描述：Tab视图功能将窗口按顺Tab页排列。

步骤

1. 点击窗口 >视图布局> *Tab*视图，效果如图。



> 注意：该功能需要至少一个窗口

操作

可对LiDAR360中的视图做基本设置，并包含了关于视图的常用功能。

- 窗口联动
- 卷帘
- 转到

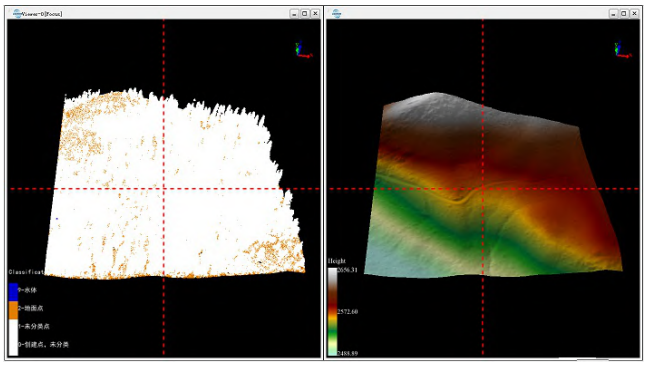
窗口联动

功能描述：实现多个窗口的联动显示。

步骤

1. 点击窗口联动，弹出界面：

2. 窗口列表中列出了所有的窗口，双击需要联动的窗口名称，或者鼠标单击选择窗口名称，点击 >> 将窗口添加到联动的窗口列表中，或者点击 所有 >> 将所有窗口添加到联动的窗口列表中。在联动的窗口列表中列出了需要联动的窗口，鼠标双击需要移除的窗口，或者选择鼠标单击选择文件，点击 << 将窗口从联动窗口列表中移除，或者点击 <<所有 将全部窗口从联动窗口列表中移除。
3. 勾选十字丝后会在联动的窗口中显示十字丝，不勾选则不显示，下图为勾选十字丝显示效果：



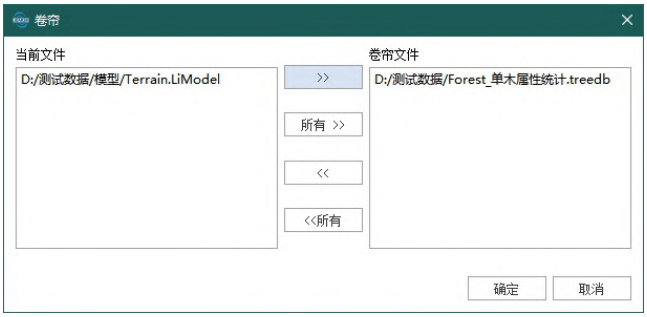
> 注意：窗口中若含有栅格数据，窗体默认为2D显示，联动的窗体中若为3D显示，联动时只有2D效果。

卷帘

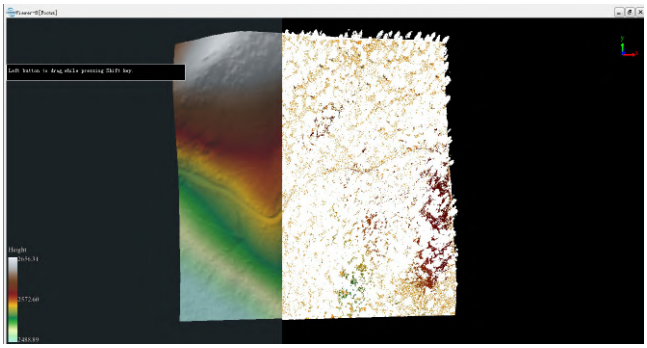
功能描述：实现单个窗口的卷帘，用户交互式显示卷帘数据图层下面的数据。

步骤

1. 点击卷帘工具，弹出界面：



2. 当前文件列表中列出了窗口中包含的所有文件，鼠标双击需要卷帘的文件，或者选择鼠标单击选择文件，点击 >> 将文件添加到卷帘文件列表中，或者点击 所有 >> 将文件添加到卷帘文件列表中。在卷帘文件列表中列出了需要卷帘的文件，鼠标双击需要移除的卷帘文件，或者选择鼠标单击选择文件，点击 << 将文件从卷帘文件列表中移除，或者点击 <<所有 将全部文件从卷帘文件列表中移除。
3. 点击确定，窗口显示如下图，键盘按“Shift”按钮同时按下鼠标左键进行拖动：



参数设置

- 功能输入：此功能针对当前激活窗口，窗口不限制2D或3D显示。

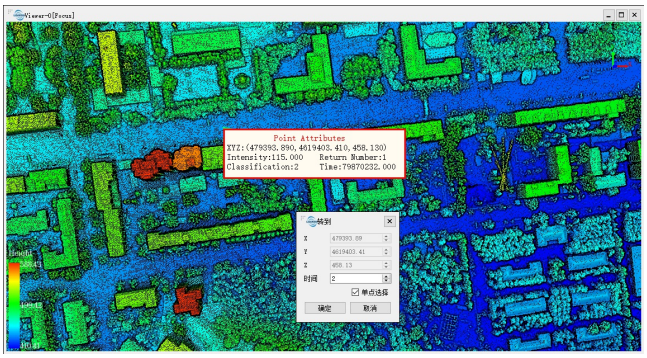
> 注意：此功能应用不包含剖面窗口；再次点击卷帘工具，则退出该功能。

转到

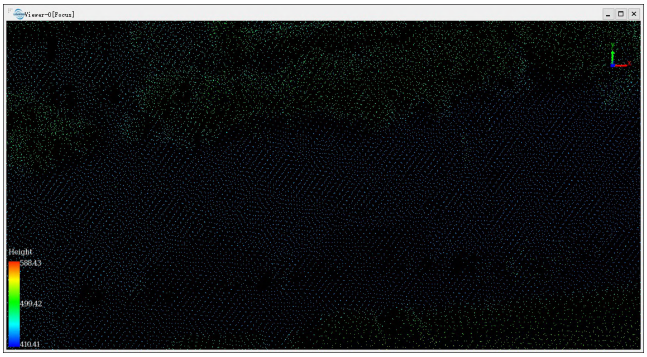
功能描述：转到工具可作用于点云、栅格、模型等数据类型，用来将窗口聚焦到被选中的点处显示。该功能与点选量测等功能为互斥功能，点击该功能后，其他功能不可用。完成转到功能后，或者关闭弹出界面后会退出该功能，退出该功能后，点选及量测等互斥功能可用。

步骤

1. 使用鼠标单击加载了数据的某个窗口，将其设置为当前激活窗口。
2. 点击工具栏上的按钮，鼠标指针自动变为 ，选择待聚焦的点，场景中以标签的形式显示出所选点的属性信息，同时弹出转到对话框，如图所示。



3. 若单点选择被勾选，则使用鼠标点选的方式指定聚焦点；若单点选择未被勾选，则使用手工输入坐标的方式指定聚焦点。
4. 设置聚焦到指定点的时间。
5. 点击确定按钮，被选点处标签消失，出现闪烁红点。
6. 窗口自动聚焦到被选中的点处，同时闪烁红点消失，如图所示。



参数设置

- **X**：选择点的X坐标。
- **Y**：选择点的Y坐标。
- **Z**：选择点的Z坐标。
- 时间：跳转到该点的时间。
- 单点选择（可选）：是否用鼠标点选点云的方式指定聚焦点。

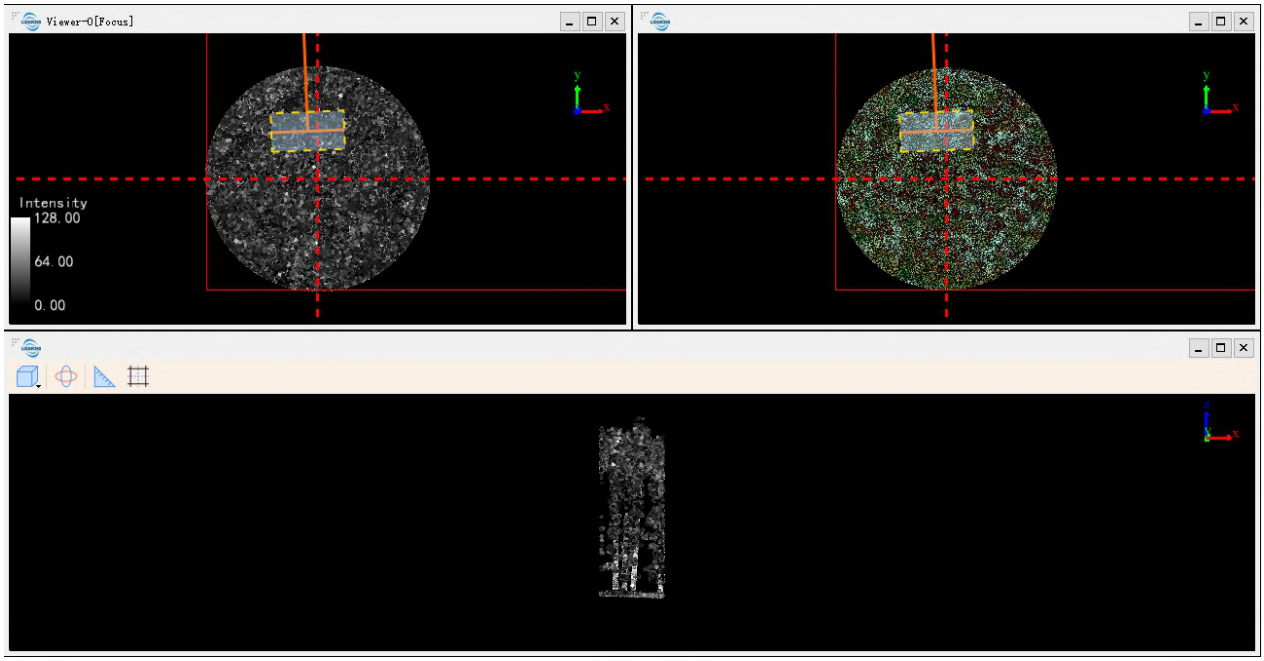
> 注意：此功能只对当前激活窗口起作用。

剖面绘制工具

图标	描述	快捷键
	开启剖面工具	Alt+S
	移动剖面	
	旋转剖面区域	X 或 ← →
	扩展剖面区域	
	上移剖面	↑
	下移剖面	↓

剖面工具

功能描述：支持用户在主视图窗口或TIN窗口中绘制一个剖面区域，将数据显示在剖面窗口中。



缓冲区

功能描述：点击剖面工具图标后面的小三角形可以弹出缓冲区设置入口，点击缓冲区设置按钮，弹出缓冲区设置对话框，本功能支持用户绘制固定宽度的剖面区域。

移动剖面工具

功能描述：移动剖面工具处于激活状态时，鼠标移动到窗口中绘制的剖面区域后，按下鼠标左键，鼠标会变为手型，这时可以通过拖动改变剖面区域位置，如果，鼠标在剖面区域外点击，鼠标样式不会变化，这时不能拖动。

旋转

功能描述：支持用户按照设置的角度旋转绘制的剖面区域，点击图标后面的小三角形，可以弹出旋转设置窗口。

扩展

功能描述：支持用户按照设置的长度扩展绘制的剖面区域长度。若用户设置为负数，则会缩小绘制的剖面区域长度，点击图标后面的小三角形，可以弹出扩展设置窗口。

上移剖面

功能描述：支持用户在当前绘制的剖面基础上上移一个相同大小的剖面区域。

下移剖面

功能描述：支持用户在当前绘制的剖面基础上下移一个相同大小的剖面区域，点击图标后面的小三角形，可以弹出步长设置按钮，点击后会弹出步长设置窗口。步长标签前的复选框选中时，不允许修改步长值，这里使用缓冲区宽度的1.5倍为步长进行移动，复选框没有选中时，用户可以修改步长值大小进行移动。

选择关联源窗口

功能描述：支持用户选择一个源点云的窗口进行剖面，并且在剖面查看使用过程中，可以按需切换源点云窗口。

剖面窗口工具

默认情况下，剖面图显示的是所选矩形区域的前视图。用户可通过点击下拉菜单 来调整视图模式。

剖面窗口包含下表所示的各种工具。

图标	描述	快捷键
	前视图	
	后视图	
	左视图	
	右视图	
	旋转场景	R
	量测工具	
	网格	
	垂直拉伸	
	导出	

预处理

机载激光雷达测量系统会受到多种误差（系统误差和偶然误差）源的影响，系统误差会给激光脚点的坐标带来系统偏差。安装激光雷达测量系统要求扫描参考坐标系同惯性平台参考坐标系的坐标轴间相互平行，但是系统安装时不能完全保证它们相互平行，即会产生所谓的系统安置误差。LiDAR360预处理模块提供安置误差检校从而实现对机载激光雷达点云数据的航带拼接处理。

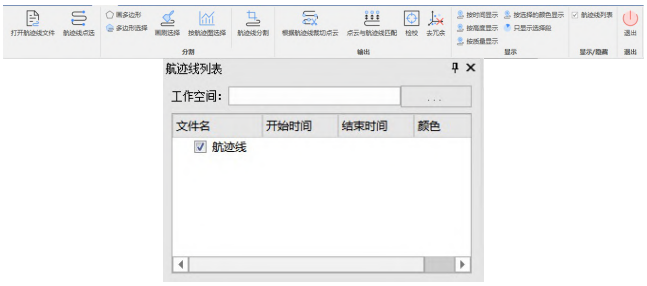
- 安置
- 安置误差计算
- 航带平差
- 3D控制点报告
- 航线质量检查
- 高差质量检查
- 航带重叠分析
- 密度质量检查
- 检校记录
- 精度检查

安置

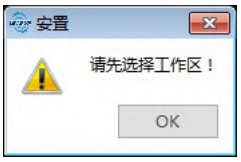
功能描述：安置模块提供安置误差检校从而实现对机载激光雷达点云数据的安置误差校正处理。该模块包含对机载激光雷达点云数据采集航迹线进行加载、删除、选择、分割、根据航迹线裁切点云、航迹线与点云匹配、依据航带安置误差信息对点云进行变换（误差修正）、去冗余等功能。

用法

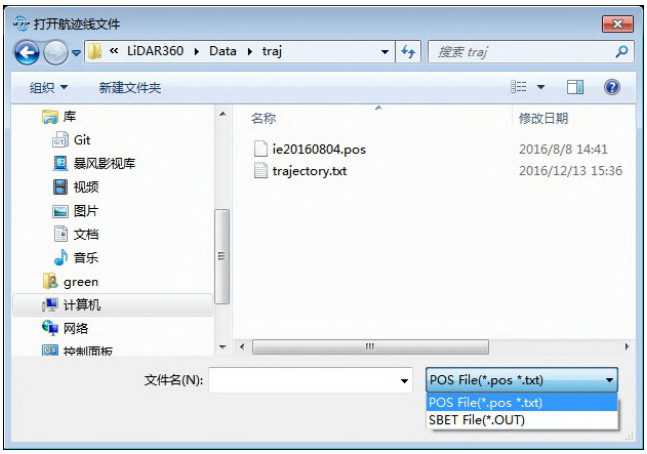
1. 打开安置模块。点击工具箱>预处理>安置 或点击 预处理->安置 软件弹出安置模块，模块初始界面包括工具栏和航迹线列表窗口：



2. 打开航迹线文件。点击该按钮，提示设置工作区。



按提示设置好工作区后，自动弹出加载航迹线文件的界面，如下图所示。

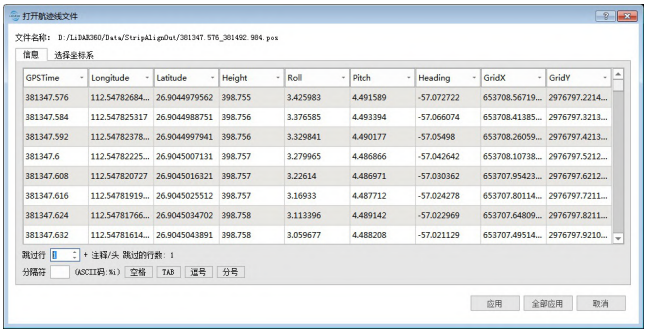


航迹线文件支持两种数据格式：POS(*.pos) 文本文件和SBET(*.out)二进制文件，弹出对话框并选择与点云匹配的航迹线文件，可选择一个或多个航迹线文件；

- POS文件案例1：若POS文件中不包含GridX，GridY信息，则弹出界面如下图，匹配上相应的GPS时间、经度、纬度、高度、翻滚角（Roll）、俯仰角（Pitch）、偏航角（Heading）列。

需在选择坐标系界面中选择相应的坐标系，如下图所示。

- POS文件案例2：若POS文件中包含GridX，GridY信息，则弹出界面如下图，匹配上相应的GPS时间、经度、纬度、高度、翻滚角（Roll）、俯仰角（Pitch）、偏航角（Heading），GridX，GridY列。



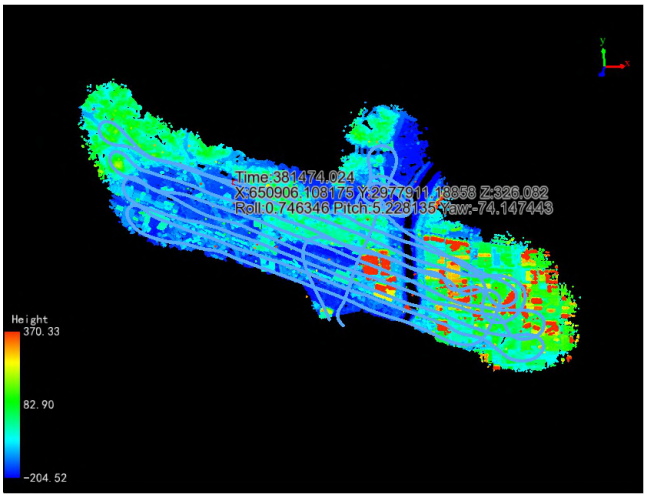
若GridX和GridY信息不正确，则可以如案例1所示选择正确的坐标系。

对于案例1和案例2，若点击“应用”只针对当前的航迹线文件的读取格式，点击后，会继续弹出界面对后续的航迹线文件进行相应的参数设置。若点击“全部应用”，当前参数匹配设置会应用于全部的航迹线文件。

添加的航迹线信息显示在航迹线列表窗口。

(可选)点击航迹线列表窗口中的 ... 设置工作区。

3. 航迹线点选：点击该按钮，然后在场景中点击航迹线上某点，该点对应的信息会展示出来，如下图所示。



4. 航段选择

4.1 自动裁切航迹线

- 点击自动裁切航迹线按钮,会弹出自动裁切参数设置对话框。

- 设置参数并点击*OK*开始自动裁剪分割。
- 参数设置
  - 最大**heading**改变：自动裁切出的航迹段heading角的改变不超过设置的数值
  - 最小长度：自动裁切出的航迹段最小长度不小于设置的数值
  - 最小持续时间：自动裁切出的航迹段持续时间不小于设置的数值

4.2 多边形法进行航段选择

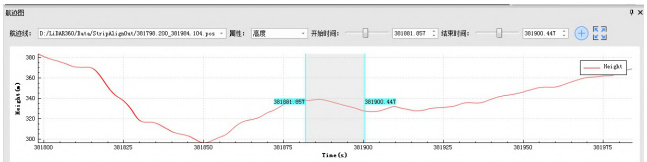
- 选中画多边形按钮。
- 在场景中围绕感兴趣区域点击鼠标选取多个点，绘制多边形。
- 点击多边形选择按钮，将多边形区域内的航迹段选择出来。

4.3 画刷法进行航段选择

- 选中画刷选择按钮。
- 在航迹线上点击选取分段起始点。
- 沿航迹选取分段结束点，起始点与结束点之间的航迹段被选择出来。

4.4 航迹图法进行航段选择

- 点击按航迹图选择按钮，用户界面底部将弹出航迹图，如下图所示。



- （可选）在航迹线选择下拉框中选择航迹线，航迹图中显示出该航迹线以及该航迹线已被选择的航段信息。
- （可选）选择航迹线的显示属性，可选择按高度显示、按质量因子显示、按Roll角显示、按Pitch角显示、按

Heading角显示和按速度显示。

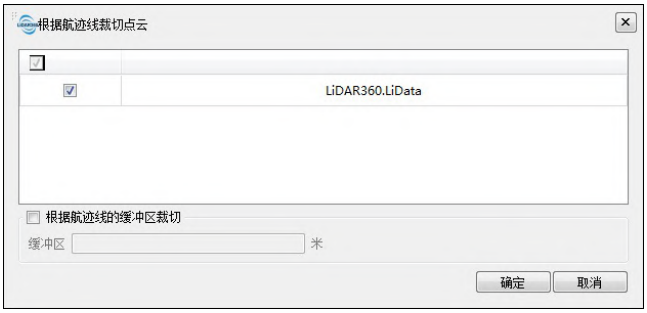
- 拖动开始时间的滚动条选择航迹线段的起始时刻。
- 拖动结束时间的滚动条选择航迹线段的结束时刻。
- 点击按钮，起始时间与结束时间之间的航迹段被选择出来。
- （可选）更改航迹图显示范围。在航迹图上使用鼠标滚轮上下滑动可放大缩小航迹图显示范围，点击按钮可还原默认显示。

选择的航段信息会添加到航迹线列表窗口。

5. 航迹线分割：点击该按钮，依照选择的航段进行航迹线的分割，分割后自动移除原始航迹线，将分割后的子段航迹线加载到软件。分割会形成新的各分割段航迹线文件存于工作区内。

6. 根据航迹线裁切点云

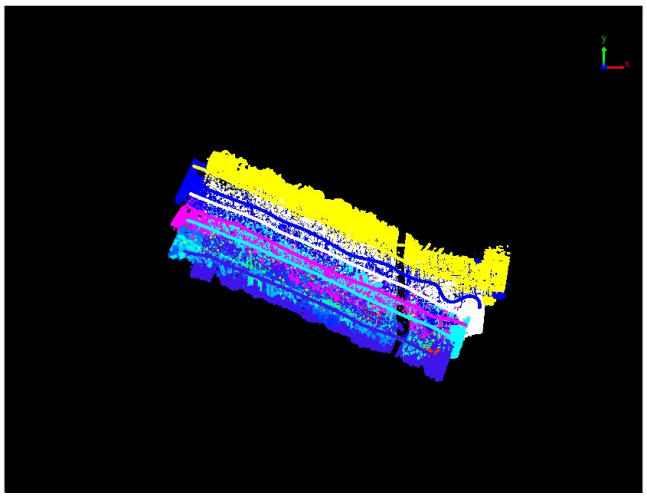
   - 6.1 点击该按钮，弹出界面如下



   选择要裁切的点云数据，如果勾选“根据航迹线的缓冲区裁切”，则以航迹线为中心线，根据缓冲区设定的距离向两边进行裁切。

   - 6.2 点击确定按钮，LiDAR360显示进度条，将点云按各航带进行裁切，裁切后得到的点云数据将默认存放在设置的工作区中。点云数据的名称与对应的POS文件名称相同。裁切结束后，弹出提示界面，是否将裁切的点云加载进来，点击“是”按钮，可以看到裁切形成的点云加载进软件并显示在三维场景中。

7. 点云与航迹线匹配：安置前，需要先将点云数据与航线进行匹配，隐藏或移除裁切前原始点云数据，点击该功能按钮，点云数据和相对应的航迹线将会在窗口中以相同的颜色显示，如下图所示。



8. 检校：点击该按钮,弹出检校界面，如下所示。

- 8.1检校主要是设置安置误差修正值，点云数据根据该修正值进行相应的变换操作，以实现最终基于航带的安置误差修正。要获取高质量的修正结果，安置误差修正值的选取尤为重要，LiDAR360提供了自动检校（自动对齐方式获取安置误差修正值）和人工检校（手动输入安置误差修正值）两种方式。

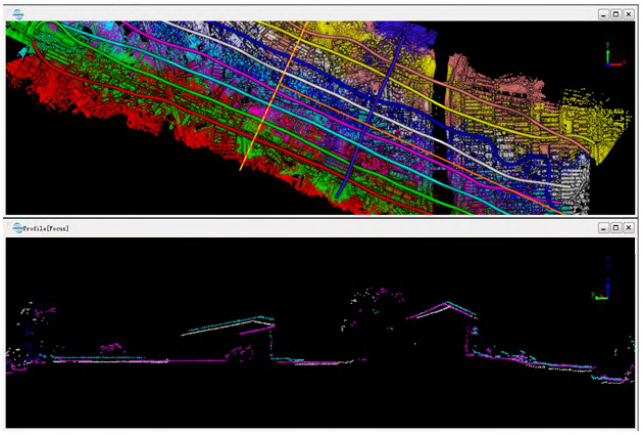
  自动检校：
  在自动对齐窗口勾选最终需要计算的安置误差，输入平移容差和旋转容差后，点击计算，LiDAR360会自动计算安置误差，并将结果显示在安置误差修正参数框内，点击“清除匹配”，可删除拼接信息，在更改相关参数后，再次计算。 自动对齐模式下计算获得安置误差后，LiDAR360会统计对齐质量，点击“对齐质量”标签页可查看该统计信息，点击“导出”按钮可保存对齐质量信息，点击“生成报告”可以生成自动配准质量报告。自动安置相关原理请查看安置误差自动计算。

对齐质量展示界面

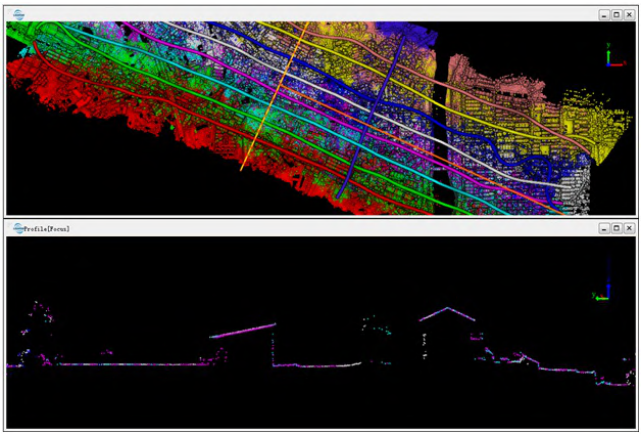
  人工安置：
  用户也可以自己输入安置误差修正参数，人工计算安置误差请参考人工测量检校。

  点击“应用”按钮，误差修正变换作用在选择的变换类型上。

- 8.2 无论是自动方式还是人工方式，在变换过程中，可以使用剖面查看工具查看修正结果，如图所示。

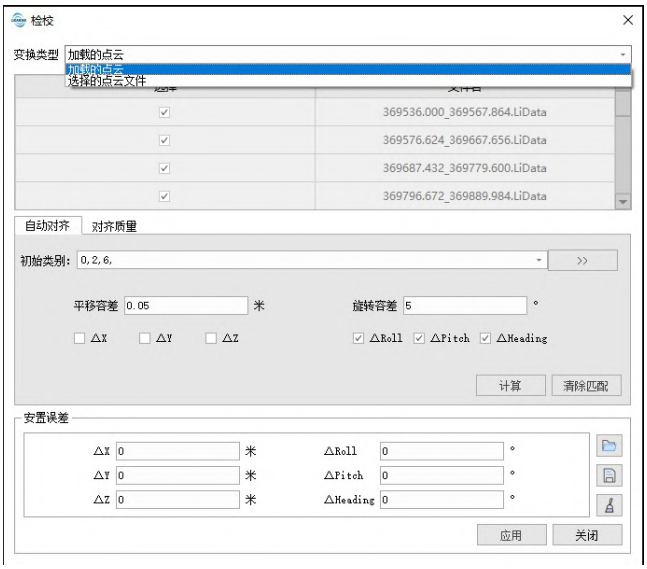


修正前



修正后

- 8.3 可以通过右侧三个按钮依次加载误差修正文件，将当前参数保存成误差修正文件，或者清除当前设置的修正。
- 8.4 若匹配效果较好，则可将变换类型从“加载的点云”更改为“选择的点云文件”，然后点击“应用”，完成数据的安置。



9. 去冗余：点击按钮，弹出界面如下，设置去冗余相关参数，点击“确认”按钮，对重叠航线之间的冗余点进行分类/删除。

10. 显示航迹线。

    在航迹信息窗口选中要显示的航迹线，右键弹出子菜单，选择显示航迹线，被选中的航迹线颜色会发生渐变，并进行闪烁几次，以提示用户该条航迹线是被选中的航迹线。

11. 航迹线或选择段删除操作

    在航迹信息窗口中选中要删除的航迹线或选择段，右键弹出子菜单，点击删除按钮，删除选中的航线或选择段。

12. 航迹线或选择段显隐操作

    在航迹信息窗口中，航迹线或选择段行对应的勾选框可控制对应航线或选段的显隐。

13. 航迹显示颜色方案

    软件支持多种航迹显示方式，详情如下。

    13.1 按时间显示（默认）

    - 点击按钮，航迹按照采集时间选择，可在弹出的窗口选择颜色条。

    13.2 按高程显示

    - 点击按钮，航迹按照高程显示，可在弹出的窗口选择颜色条。

    13.3 按质量显示

    - 点击按钮，航迹按照质量显示，可在弹出的窗口上选择不同质量等级对应的颜色。

    13.4 选择特定颜色显示

    - 点击按钮，航迹按照指定的颜色显示，可在弹出的窗口中选择需要显示的颜色。

    13.5 只显示选择段

    - 选中按钮。仅被选择了的航线段显示出来，其他航线区域被隐藏。

参数设置

- 根据航迹线裁切点云界面参数
  - 缓冲区： 用来设置航迹线两边裁切保留的距离。
- 变换界面参数
  - 安置误差修正
    - **ΔX/ΔY/ΔZ**: 安置偏移量误差修正参数。
    - **ΔRoll/ΔPitch/ΔHeading**: 安置姿态误差修正参数（横滚、俯仰、偏航）。
  - 自动对齐：程序自动匹配航带间的相关点，并通过平差计算最优的安置误差修正值。
    - 平移容差：最大平移量调整范围，对应ΔX、ΔY、ΔZ，程序默认设置为0.05米。
    - 旋转容差：最大旋转量调整范围，对应ΔRoll、ΔPitch、ΔHeading，程序默认设置为5°。
    - 可选项：用户可自由选择3个平移量和3个旋转量是否参与平差并计算修正值。在处理航空下视数据时不推

荐修正ΔZ。默认勾选所有旋转量，而所有平移量不勾选。采用默认值即可获得较好的效果。

- 对齐质量：如采用自动对齐，则会计算对齐前后的误差值，进行质量评估，并将结果展示在对齐质量展示界面。
  - 最小误差：成功匹配的相关点的最小误差。
  - 最大误差：成功匹配的相关点的最大误差。
  - 均方根误差：成功匹配的相关点的均方根误差。
- 变换类型：
  - 加载的点云：对应LiDAR360平台加载进来和航迹线匹配上的点云，应用变换时，变换作用修改点云对应的内存数据，可在界面实时显示变换效果，退出安置模块时，相应的变换被清除，没有保存下来。
  - 选择的点云文件：对应界面上勾选的点云文件，将对选取的点云文件进行变换操作,变换结果存储到硬盘上对应的文件。退出安置模块时，相应的变换已保存到点云文件，不会被清除。
- 去冗余界面参数：
- 类型：
  - 分类：将点分成目标类别，并保留在原始点云中；
  - 删除：将点分成目标类别，然后将它们从点云数据中移除（注意：如果输入点云中已有目标类别点，也会被删除）。
- 目标类：点云目标类别。
- 格网边长：重叠区域的栅格单元尺寸（长度），用户设置该参数用于将重叠区域的点云数据进行格网化。
- 密度：栅格单元的最小点密度。如果给定格网边长范围内的点数小于设定的点数阈值，则这些点不会被分为冗余点。
- 按与航迹线夹角：点云和航迹线之间的夹角，如果这个角大于设置值，那么点云将会被分为冗余点。
- 按扫描角：如果扫描角大于设置值，那么点云将会被分为冗余点。注意：该功能只能在点云数据能够记录扫描角信息的情况下使用。

> 注意：
> 1.点云与航迹线匹配时，点云中所有点云的GPS时间大于等于某航迹线初始时间且小于等于该航迹线结束时间时，点云被视为与该航迹线匹配，否则视为不匹配。
> 2.因为在大部分数据上，X、Y、Z对数据的影响较小，并且Z方向坐标需要地面控制点才能得到更高的精度，因此程序中默认调整Roll、Pitch和Heading三个参数。
> 3.若数据POS精度不够，自动拼接之后可能仍存在一定偏移，用户可基于自动产生的结果再进行手动调整。
> 4.去冗余功能需要至少两对匹配好的点云和航迹线。

安置误差计算

激光扫描参考坐标系 与 定位惯导平台参考坐标系 之间的安置误差是机载激光雷达中最大的系统误差源。这些安置误差对地面激光脚点坐标的影响还取决于飞行的高度和扫描角的大小。

LiDAR360提供两种方式消除安置误差：

1. 人工量测检校
2. 自动平差修正

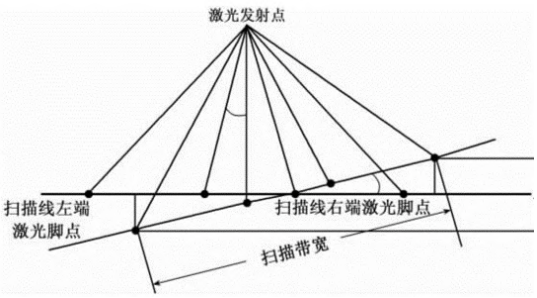
以下详细说明它们的原理。

人工量测检校

首先需要准备检校数据，通常是沿相互垂直的前后左右四个方向飞行。在飞行后对地面规则的地物（如操场、规则房屋等）进行量测，基于重叠的激光脚点数据可以使用分步几何法(Zhang et al., 2010)恢复出安置角误差（即旋转量）修正值。而安置偏移误差（即平移量）影响较小，人工量测检校不对其进行修正。

估算侧滚角误差（**ΔRoll**）

侧滚向的安置角误差会使平面扫描线产生倾斜（如下图），且会使被扫描物体的平面位置沿扫描方向（垂直于飞行方向）产生偏移。



在同航高往返飞行的两条航带数据中，

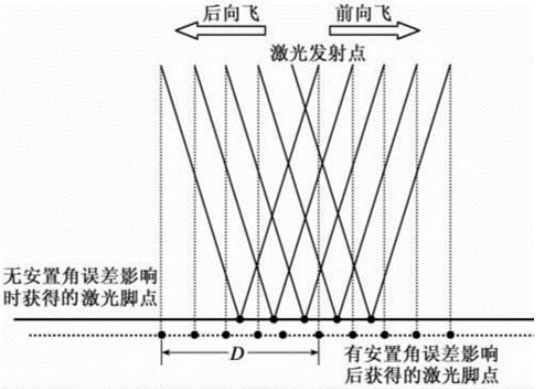
- 垂直于飞行方向开启剖面，量测近似同名地物高差Δh；
- 在2D视图中量测近似同名地物与两条航带中心线的水平距离r。

则侧滚角误差的估算公式如下：

$$\Delta Roll \approx arctan\left(\frac{\Delta h}{2r}\right)$$

估算俯仰角误差（**ΔPitch**）

在线扫描模式下，俯仰向的安置误差主要使被扫描物体的真实位置沿着与扫描线垂直的方向产生偏差。以下给出了俯仰向安置误差对扫描激光脚点的影响示意图。



在往返飞行的两条航带数据中：

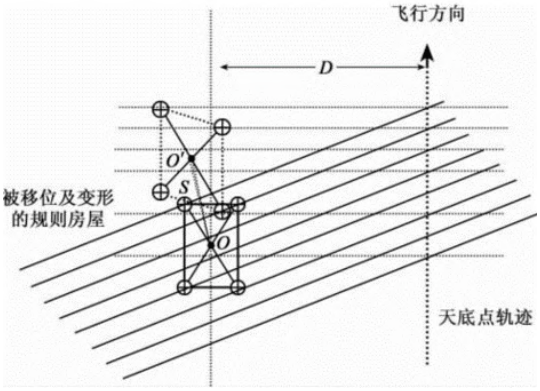
- 平行于飞行方向开启剖面，量测同一地物中心位置沿飞行方向的距离差D，
- 根据轨迹计算平均飞行高度H（往返飞行高度尽量保持一致）。

则俯仰角误差的估算公式如下：

$$\Delta Pitch \approx arctan\left(\frac{D}{2H}\right)$$

估算航向角误差（**ΔHeading**）

航向角安置误差会改变被扫描物体的中心位置，同时使物体产生变形，如下图所示。



在前向与后向飞行的两条航带数据中开启2D视图，

- 量测两次地物激光脚点平均中心位置之间的距离S
- 量测两条航带之间的距离D

则航向角误差的估算公式如下：

$$\Delta Heading \approx arctan\left(\frac{S}{D}\right)$$

自动平差修正

手动量测估算需要相关专业知识以及对软件的熟练操作，而自动计算能够极大减轻操作员的工作量。在特征明显的数据中，自动计算完全能够替代手工计算，达到相同甚至更高的精度。

自动算法不仅能够修正安置角误差（即旋转量），还能修正安置偏移误差（即平移量）。可自由选择需要修正的数值，推荐仅修正安置角误差，因为它们的影响最大。算法的原理如下：

1. 提取相邻航带中的特征点及法向量，参考算法(Glira et al., 2015)
2. 匹配相邻航带中提取的特征点，获得相关点对
3. 建立安置误差修正模型，计算相关点对沿法向量的距离

4. 采用最小二乘法，使相关距离最小化，同时得到修正值最优解

```
@inproceedings{
    author={Zhang Xiaohong, Forsberg Rene},
    title={Retrieval of Airborne Lidar Misalignments Based on the Stepwise Geometric Method},
    booktitle={Survey Review 42(316):176-192 April 2010},
    year={2010},
}
```

```
@inproceedings{
    author={Philipp Glira, Norbert Pfeifer, Christan Briese and Camillo Ressl},
    title={A Correspondence Framework for ALS Strip Adjustments based on Variants of the ICP Algorithm},
    booktitle={PFG Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation Jahrgang 2015 Heft 4},
    year={2015},
}
```

航带平差

在完成安置校准后，点云如果还存在分层现象，则可能是轨迹本身误差太大。航带平差功能可以后处理轨迹及点云降低误差。航带平差也支持点云和影像混合平差，当点云和影像为同步采集的数据，共用pos系统，通过调整轨迹、影像外方位元素和相机安置角误差，改善点云间分层和点云与影像点云的分层。影像工程文件为可选项，当添加影像工程文件时，执行点云影像的混合平差，同步调整轨迹、相机安置角和影像外参；无影像工程时，只执行轨迹平差。

航带平差算法参考了文献(Glira et al., 2016；Glira et al., 2019)，算法基本流程如下：

1. 提取相邻航带重叠区中的点云面特征及法向量
2. 提取影像稀疏点和点云重叠区的点云面特征及法向量
3. 匹配相邻航带中提取的特征面，获得点云面特征匹配对
4. 匹配影像稀疏点云和特征面，获得影像稀疏点和点云面特征匹配对
5. 建立轨迹误差改正模型，计算相关点对沿法向量的距离
6. 采用最小二乘法，使匹配点对间的距离最小化，得到最优解

> 注意：
>
> 1.影像稀疏点云和激光点云特征匹配易受影像稀疏点云中的噪点影响，造成误匹配，对于有较多噪点的影像稀疏点云应进行噪点过滤，如过滤电力线点、稀疏植被点等
> 2.影像稀疏点和最近的激光点云面特征满足一定匹配条件，则构成一组匹配对，特征匹配依赖较好的面状目标，包括建筑物顶、墙面、地面，对于植被区域，无法获取良好的面状特征，可能不能获得足够的匹配特征，导致平差失败。

```
@inproceedings{
    author={Philipp Glira, Norbert Pfeifer, and Gottfried Mandlburger},
    title={Rigorous Strip Adjustment of UAV-based Laserscanning Data Including Time-Dependent Correction of Traj
ectory Errors},
    booktitle={Photogrammetric Engineering & Remote Sensing},
    year={2016},
}
```

Glira P , Pfeifer N , Mandlburger G .HYBRID ORIENTATION OF AIRBORNE LIDAR POINT CLOUDS AND AERIAL IMAGES[J]. 2019.DOI:10.5194/isprs-annals-IV-2-W5-567-2019.

点击预处理>多源航带平差按钮，将弹出航带平差界面。

主界面

界面有两个页面，Point Clouds中输入点云、轨迹、影像工程（可选），控制点页面用于导入控制点坐标文件。 ### 添加数据 ###

从Ligeo工程导入数据

- 从**ligeo**工程导入：右键架次组，导入ligeo工程文件，自动添加点云和轨迹文件，由于Ligeo工程文件未记录影像工程文件，若需要添加影像工程，需在影像工程节点添加。
- 创建架次：创建架次目录树，将在架次组目录树下创建点云、轨迹、影像工程节点，可在各节点右键菜单中导入相应的数据。

  > 注意：若导入多个点云文件或影像工程文件，各文件名应不相同。

控制点

地面控制点为可选项，可用于修正高程方向的偏差。提取控制点区域所在点云的平面特征，以控制点到点云平面特征距离最小为优化目标，参与到整体的最小二乘平差中。控制点文件中至少须包含点名、X、Y、Z字段，坐标系须同点云的坐标系。

标靶类型：指定点云中使用的标靶类型，包括方形黑白格、X型、圆形黑白格等选项。

标靶大小：标靶尺寸。对于方形标靶，尺寸为其边长，对于圆形标靶，尺寸为其直径长度。

导入控制点文件：选择ASCII格式的控制点文件路径，弹出控制点文件读取设置，设置X,Y,Z所在的列数及跳行数等信息。

识别控制点标靶：选择标靶。根据指定的标靶类型，自动识别其在点云中的位置。

手动点选控制点：该功能适用于部分情况如斑马线、建筑物角点等地物可不铺设标靶而可以打控制点的点。该功能选择激光点云的点做为控制点，在控制点列表中找到相应的控制点，若所选点与控制点文件中任一控制点的距离均超过 1 m，则被认为是无效点。

手动调整控制点位置：修改标靶位置。修改表格中选择行的标靶位置，在弹出的界面上进行标靶坐标位置的微

手动调整控制点位置：修改标靶位置。修改表格中选择行的标靶位置，在弹出的界面上进行标靶坐标位置的微调。

删除标靶：删除表格中误差较大的选择行的标靶，该功能只删除靶标图案，如需删除控制点，选择该行后，点击鼠标右键，删除控制点。

初始类别：用于识别标靶的点云类别，默认为所有类别。
相关系数：模板匹配的相关系数阈值，和模板匹配相关性大于该阈值的标靶会被自动识别出，该值越大，识别的位置越准确，但可能识别失败。

参数设置

- 初始类别：点云分类的类别，属于所选类别的点云将被用于提取平面特征。
- 调整
  - **x/y/z**：轨迹修正的位置分量。
  - **roll/pitch/heading**：轨迹修正的角度分量（横滚、俯仰、偏航）。
  - 时间间隔（秒）：轨迹基于设定的时间间隔进行波动，间隔越短波动频率越高。如果轨迹误差局部抖动严重，可以设置较短的区间，否则采用较长的区间。默认值能够对大部分数据有效。
- 镜面角度误差改正
  - 校正：指定对激光扫描仪扫描镜旋转角度改正范围。
    - 所有角度：对激光扫描仪扫描镜的所有旋转角度进行改正。
    - 跳过中心部分：对指定角度范围外的旋转角度进行改正，指定角度范围由跳过值确定。
    - 跳过角度范围：设置不进行改正的扫描仪扫描镜的角度范围，只对指定角度范围外的角度进行改正。
- 输出路径：功能运行后成果文件的存储路径。成果文件包括：修正后的点云、轨迹、影像工程以及统计HTML报告。

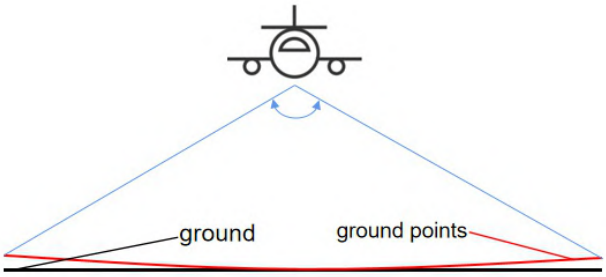
> 注意：原则上，该功能需要输入的航迹线是采集数据时的完整航迹线文件，但是若无完整的航迹线文件，亦可输入经过航迹线裁切后的多个POS文件，但必须确保点云与航迹线的GPS时间相匹配，否则可能会导致修正点云之后，局部区域出现分层现象。
>
> ### 影像工程设置
>
> 影像数据和点云数据同步采集，共用pos系统。通过航带平差，修正轨迹的同时，修正相机的安置角和外方位元素。影像工程文件内部须记录相机的初始安装角、安置误差、影像曝光时刻的位置和roll、pitch、heading角。若影像工程内未记录这些信息，可在影像工程设置对话框中设置。 右键影像工程liaep文件，打开影像工程设置对话框：
>
>
>
>
> 当影像工程中已记录相机的初始安装角、安置误差、影像曝光时刻的位置和roll、pitch、heading角，则将显示相应值。若未记录，则显示默认值0，可修改相应值，并更新到影像工程文件中。

- **CameraId**：相机Id。
- **Axis Rotation to Body ZYX order(deg)**：相机相对于IMU的安装角，不调整，一般从厂商可获取。
- **GPS/IMU offset**：相机相对于IMU的安装误差初始值。
- **x, y, z**：相机相对于IMU的偏移量(m)，不调整。
- **roll pitch heading**：相机相对于IMU的安置误差，会调整。
- **camera info**：从外部导入所有相机的曝光点文件，若为多个相机曝光点文件，应合并为一个文件导入。文件中至少有影像名称、经度、纬度、Roll、Pitch、heading字段，程序会根据影像名称进行匹配。若影像工程中已记录，则不需要导入相机曝光文件。

> 注意：
>
> 1.影像工程应与点云同步采集，共用pos系统。
> 2.影像工程应当与点云的覆盖范围一致，若影像工程范围远大于点云的覆盖范围，会导致无法获得足够的匹配对，平差失败。

镜面角度误差改正

镜面角度误差指激光扫描仪的扫描角误差，由于扫描仪元器件精度不足或复杂的扫描结构导致存在较大的测角误差，这种现象在轻量化、低成本的扫描仪中容易出现（Risley Prism-Based Livox Mid-40）。该误差会导致点云变形，测距越长，点云变形越明显，对点云位置精度的影响越大，造成沿扫描方向的横截面点云发生弯曲，呈现笑脸效应（smiling face）。对镜面角度误差进行改正可有效消除笑脸效应，提高航带边缘点云的精度。



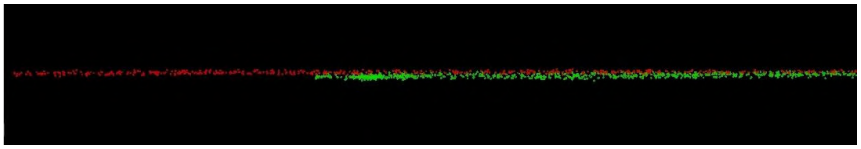
smiling face

设激光点在扫描仪坐标系下的坐标为$X = \begin{bmatrix} x*{s} & y{s} & z*{s} \end{bmatrix}^T$，出射光束的方位角为$\Omega$，高度角为$\Phi$。则$\Omega$ = $arctan($$y{s}$ / $x*{s})$，Φ = $arccos($$z{s}$ / $||X||_{2})$。由于扫描角变化主要引起方位角变化，高度角基本不受影响，因此扫描角误差主要体现为方位角误差。由于扫描角误差随扫描角变化而变化，按$1\degree$间隔，将方位角划分为N组，设第i组对应的改正量为$\Delta$$_{i}$。则经方位角改正后的激光点在扫描仪坐标系下的坐标为：

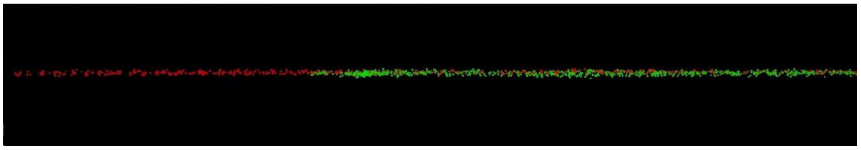
$\hat{X} =$ $||X||_{2} \begin{bmatrix} sin(\Omega+\Delta_i)cos\Phi & sin(\Omega+\Delta_i)sin\Phi & cos(\Omega+\Delta_i) \end{bmatrix}^T$

镜面角度误差改正作为航带平差功能一个可选项，当前支持DJI L1、X3系列的激光扫描系统，可对所有角度进行改正，或对指定的角度范围外的角度进行改正。

勾选镜面角度改正，根据所使用的激光扫描仪系统的类型选择*DJI L1*或*LiAir series*，若需要对所有角度进行改正，则选择*All angles*，也可在跳过角度范围中设置跳过的起止角度。镜面角度改正是以飞行架次为单位，而不是以激光扫描系统为单位，对于多架次航带平差，若勾选镜面角度改正，每个架次均会执行镜面角度改正。

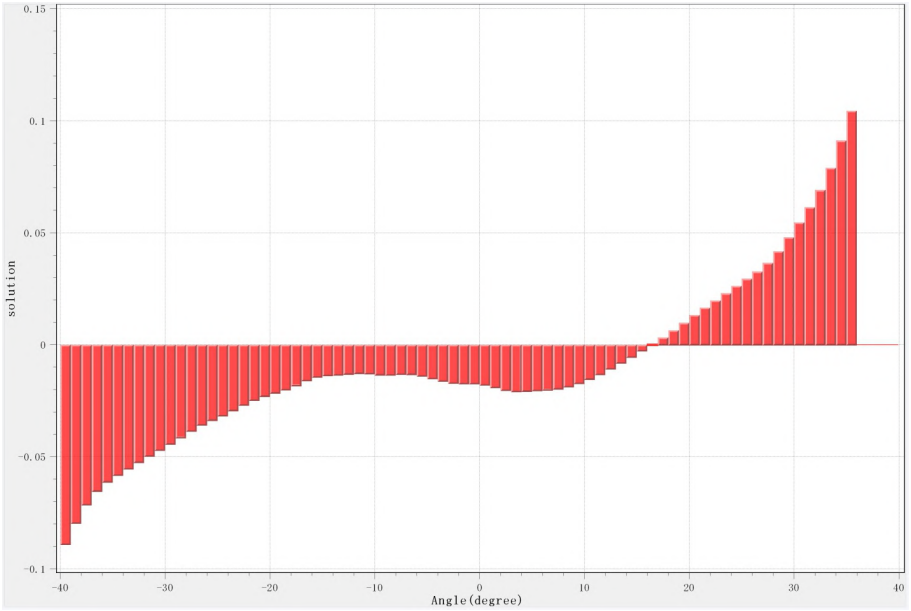


镜面角度改正前



镜面角度改正后

若执行镜面角度改正，航带平差报告*report.html*中将输出角度改正量直方图。



角度改正量直方图

> 直方图是对改正量进行3次平滑得到的结果。

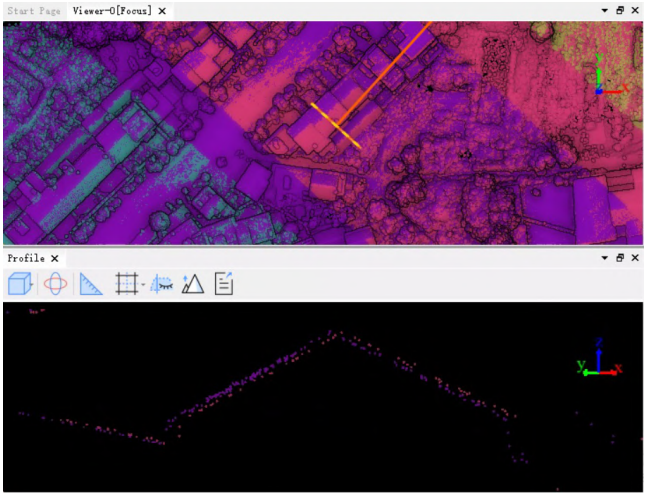
```
@inproceedings{
    author={Brazeal, Ryan G. , B. E. Wilkinson , and H. H. Hochmair},
    title={A Rigorous Observation Model for the Risley Prism-Based Livox Mid-40 Lidar Sensor},
    booktitle={Sensors},
    year={2021},
}
```

所有数据均添加好之后，点击确认，软件会自动进行航带平差。运行结束后，软件会输出改正后的点云、轨迹、影像工程和统计报告，报告保存在输出路径/**report**路径下。点击*report.html*可以打开统计报告，查看统计图和影像工程更新后的相机安置角误差。

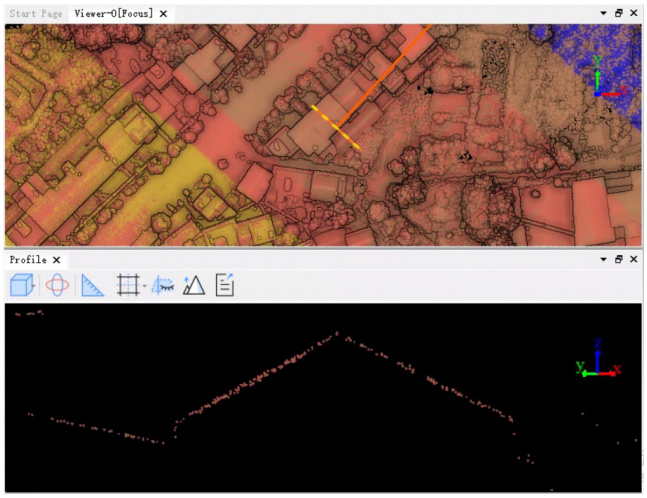
> 注意：每个架次必须要添加其对应的轨迹与点云数据，否则将无法进行平差计算。

由于改正后的影像工程为稀疏点云，无法有效的在剖面图中与点云叠加查看，可使用改正后的影像工程参数生成密集点云后叠加激光点云查看。

用户可以采用剖面工具查看激光点云修正结果，如图所示。

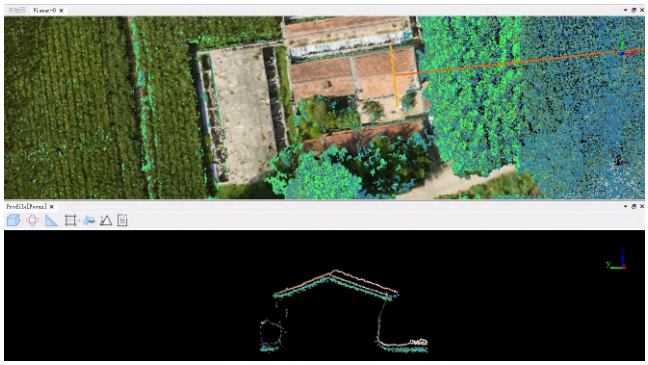


修正前激光点云分层情况

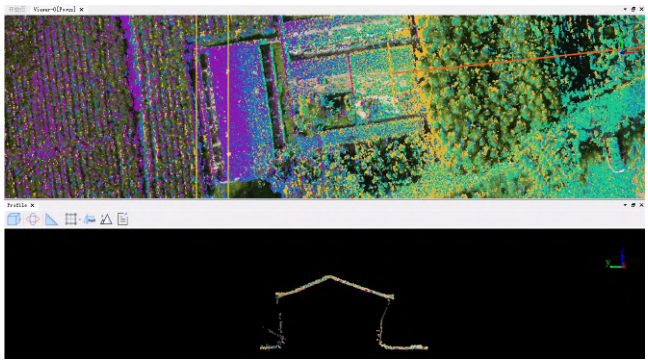


修正后激光点云分层情况

当使用影像工程时，将影像工程修正前后的密集点云和修正前后的激光点云叠加，使用剖面工具查看修正效果，如图所示。



修正前激光点云和影像密集点云分层情况



修正后激光点云和影像密集点云分层情况

统计报告

报告内容根据输入的内容不同而不同。包括输入数据基本信息、参数设置、轨迹图、平差前后的精度统计、残差直方图、扫描仪镜面角度误差改正量、相机安置误差值。若只执行轨迹平差，则无相机安置误差值，若未勾选镜面角度误差改正，则无扫描仪镜面角度误差改正量。

3D控制点报告

功能概述

提供了高程和XYZ两种检查方式。

选择高程，控制点报告工具会创建一个激光点云和地面控制点的高程差报告，可以用来检查激光点云的高程精度以及使用计算的校正值提高激光点云的高程精度。输出报告显示使用的激光点云和高程控制点之间的高程差的信息，高程差的统计信息如高程差平均幅度、中误差、均方误差、高程差平均值以及最大最小高差值。

选择**XYZ**，控制点报告工具根据识别的标靶位置信息，计算高程差及水平差。创建激光点云和地面控制点的高程差及水平差的报告。可以用来检测激光点云数据的高程精度和水平精度。输出报告显示使用的激光点云和高程控制点之间的高程和水平差的信息，高程差和水平差的统计信息如平均幅度、中误差、均方误差、高程差、水平差平均值以及最大最小值。

标靶是一种由特殊材质制作，具有特定图案和形状的地面标志物，一般布设在缺少明显特征的区域，可用于激光雷达的精度检查、航空摄影的地面控制。标靶可自动识别点云或图像中的标靶位置，获取其标志点的三维坐标或影像像素坐标，减少人工操作。

标靶类型 支持五种标靶类型：

方形黑白格：正方形的黑白棋盘格样式，标靶定位点位于标靶中心。

X形的正方形黑白靶标，标靶定位点位于正方形中心。

圆形黑白格：圆形黑白棋盘格样式，标靶定位点位于圆心。

2层同心圆：由2层黑白相间的同心圆组成，外层圆颜色为黑色，内层圆颜色为白色，外层半径为内层半径的2倍，标靶定位点位于圆心。

3层同心圆：由3层黑白相间的同心圆组成，外层圆颜色为黑色，中间层颜色圆为白色，最内层圆颜色为黑色，最外层半径为最内层半径的3倍，中间层半径为最内层半径的2倍，标靶定位点位于圆心。

标靶识别： 采用图像模板匹配算法，在不同角度和尺度上，尝试识别和模板匹配度最高的图案样式，若相关系数达到指定阈值，则识别成功。为提高效率，识别时需给定粗略位置，在粗略位置附近进行搜索，若标靶位置和给定位置相差较大，则搜索会失败，一般给定控制点位置作为粗略位置。标靶识别需提供标靶类型和大概尺寸参数，尺寸参数不小于实际尺寸参数的0.5倍，不大于实际尺寸参数的2倍，若尺寸差异较大，可能会识别失败。

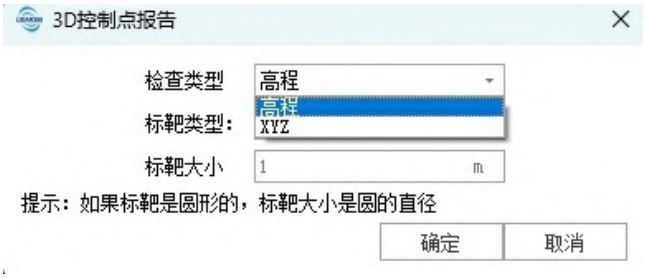
标靶材质和尺寸： 为有效识别标靶，在点云强度图上或影像上，标靶要具有高对比度，清晰可见。标靶识别准确度和标靶对比度、清晰度、尺寸有关，标靶尺寸和激光点密度或影像分辨率有关，一般不小于0.5m。

控制点文件是由逗号、或空格等间隔的文本文件，每一行必须包含X、Y、Z信息，至少需要三个控制点才能够成功创建控制点报告。

用法

点击预处理 > *3D*控制点报告

在只有控制点的情况下，选择高程检查方式。在铺设标靶的情况下，可以选择XYZ检查方式。



高程检查方式

导入控制点文件：选择ASCII格式的控制点文件路径，弹出控制点文件读取设置，设置X,Y,Z所在的列数及跳行数等信息,选择完成后点击应用。

导出控制点报告：计算完控制点报告后，可导出高程差报告，报告内容包含已找到对应点（即Dz不为Null的点）X，Y，Z，T_Z，Dz，以及Z统计信息。

计算：点击该按钮，计算激光点云和地面控制点的高程差。计算完成后，如果要查看每个控制点的位置，可以在控制点所在行的任意位置双击鼠标左键跳转到控制点所在位置。 如下图所示，计算完成后误差范围内的状态显示为；误差范围外状态显示为；没有找到对应的点，状态显示为。可根据实际情况，删除误差较大的点。计算完成后，可勾选相应的控制点，或者修改最大坡度和最大三角形边长，点击“计算”按钮后进行再次计算。

控制点列表鼠标右键删除功能。可在计算之前，删除不在点云范围内的控制点，以及检查计算后的控制点表格中状态为 的误差较大的点，选择该行后，点击鼠标右键，删除表格中误差较大的数据。

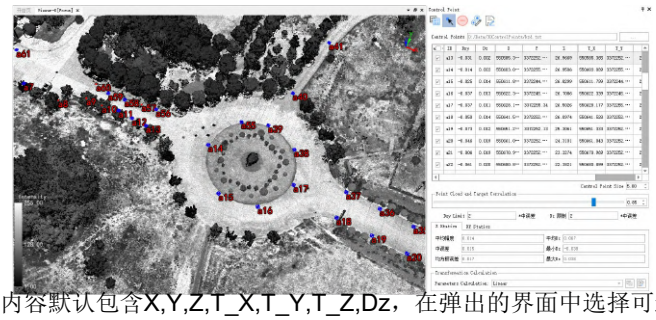
参数设置

- 输入点云数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集。
- 初始类别（默认为**“全部可用类别”**）：用户需要选择利用控制点检查高程精度的点云类别，一般选择硬表面点云，如地面点、建筑物点等。
- **Z**容差（默认为**“0.15”**）：点云Z方向精度，避免点云之间距离过小导致坡度过大。
- 最大坡度（度）（默认为**“45”**）：最大地形坡度容差。如果坡度大于此值，高差不会被计算。一般控制点会选择较平缓的地形，因此若坡度过大，容易受错误信息影响。
- 最大三角网边长（米）（默认为**“20”**）：最大三角形的长度用来避免高程插值所造成的大偏差。三角形边长过大，说明控制点对应点云区域的初始类别点过少，计算的高程差误差较大。
- 已知点：输入控制点文件。
- 点大小（默认为**“5”**）：控制点报告列表中的数据可以双击在窗口中定位显示对应控制点，点大小设置显示在窗口中的控制点大小。
- **Dz**限制（默认为**“3”**）：设置Dz的容差，若不在该容差范围内则显示红色，用以检测激光点云与控制点之间误差较大的高程差。最大容差 = 高差均值 + Dz限差 × 中误差；最小容差 = 高差均值 - Dz限差 × 中误差。
- 导出分隔符：设置导出的控制点报告分隔符，包括分号、逗号等。
- 计算：用户设置完参数后，点击该按钮进行高差计算。
- 导出：导出txt格式的控制点报告文件，控制点计算的相关信息以设置的分隔符分隔，导出文件中包含点云数据的高程误差信息以及Dz的统计信息。

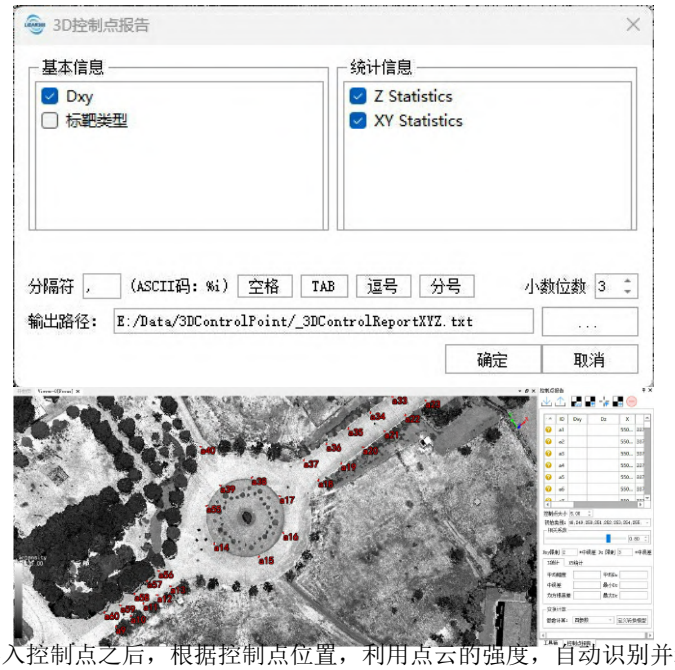
XYZ检查方式

导入控制点文件：选择ASCII格式的控制点文件路径，弹出控制点文件读取设置，设置X,Y,Z所在的列数及跳

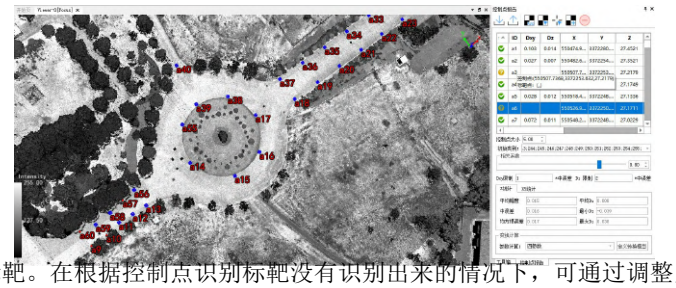
导入控制点文件：选择ASCII格式的控制点文件路径，弹出控制点文件读取设置，设置X,Y,Z所在的列数及跳行数等信息。可参考[打开文件](../ProjectTools/AddData.md)。选择完成后点击应用。



导出控制点报告：控制点内容默认包含X,Y,Z,T_X,T_Y,T_Z,Dz，在弹出的界面中选择可选项，包括Dxy、标靶类型，统计信息包括Z统计及XY统计信息。



自动识别控制点标靶：导入控制点之后，根据控制点位置，利用点云的强度，自动识别并精确定位距控制点最近的标靶中心点。如下图所示，自动识别出的标靶并在误差范围内的状态显示为，若在误差较大，则状态显示为，若没有识别出标靶，则状态显示为

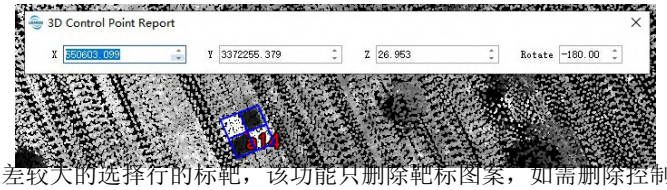


识别控制点标靶：选择标靶。在根据控制点识别标靶没有识别出来的情况下，可通过调整点云与标靶的相关性参数，在viewer中选择标靶的中心点位置进行手动识别。若所选点与控制点文件中任一控制点的距离均超过 1 m，则被认为是无效点。

手动点选控制点：该功能适用于部分情况如斑马线、建筑物角点等地物可不铺设标靶而可以打控制点的点。该功能选择激光点云的点做为控制点，在控制点列表中找到相应的控制点，若所选点与控制点文件中任一控制点

功能选择激光点云的点做为控制点，在控制点列表中找到相应的控制点，若所选点与控制点文件中任一控制点的距离均超过 1 m，则被认为是无效点。

手动调整控制点位置：修改标靶位置。修改表格中选择行的标靶位置，在弹出的界面上进行标靶坐标位置的微调。



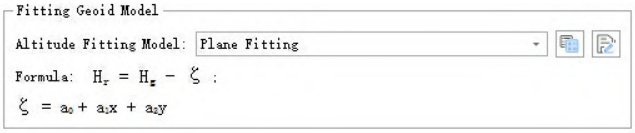
删除标靶：删除表格中误差较大的选择行的标靶，该功能只删除靶标图案，如需删除控制点，选择该行后，点击鼠标右键，删除控制点。

参数设置

- 相关系数（默认为**“0.85”**）：模板匹配的相关系数阈值，和模板匹配相关性大于该阈值的标靶会被自动识别出，该值越大，识别的位置越准确，但可能识别失败。
- **Dz**限制（默认为**“3”**）：设置Dz的容差，若不在该容差范围内则显示红色，用以检测激光点云与控制点之间误差较大的高程差。最大容差 = 高差均值 + Dz限差 × 中误差；最小容差 = 高差均值 - Dz限差 × 中误差。
- **Dxy**限制（默认为**“3”**）：设置Dxy的容差，若不在该容差范围内则显示红色，用以检测激光点云与控制点之间误差较大的水平差。最大容差 = 水平差均值 + Dxy限差 × 中误差；最小容差 = 水平差均值 - Dxy限差 × 中误差。

变换计算

提供了大地水准面模型解算的五种计算方式：平面拟合、多项式曲线拟合、二次曲面拟合、三次曲面拟合、线性变换，XYZ 检查方式在此基础上，提供了四参数解算、七参数解算、3D仿射变换八种转换关系计算功能,其中线性变换，是根据标靶识别的位置及控制点位置计算出来的delt X, delt Y,delt Z。



功能描述：计算转换关系。

功能描述：保存转换关系。

参考创建转换关系。

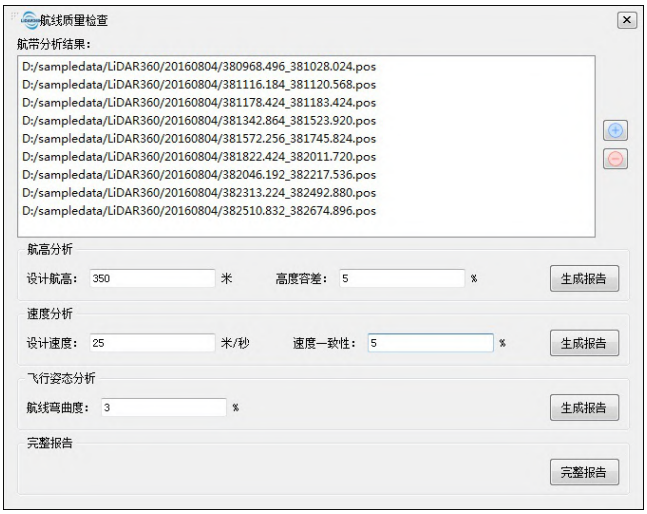
航线质量检查

功能概述

航线质量检查对飞行中的航线质量进行检查分析，包括航高分析、速度分析和飞行姿态分析。

用法

点击预处理 > 航线质量检查。选择航线文件，设置航高分析参数，速度分析参数和飞行姿态分析参数。可以为每项检查分别生成报告或生成一个完整的报告。点击导出，导出html格式的航线质量检查报告。



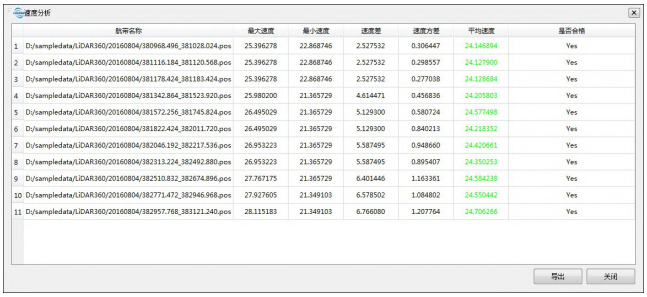
点击加载数据，目前支持的航迹文件数据类型包括*.OUT及 *.pos格式文件。点击删除所加载数据。

参数设置

- 航高分析：航高分析报告包含每条航带的名称、该条航带的最大飞行高度、最小飞行高度、航高差、航高方差、平均航高，以及根据用户设置的设计航高和高度容差，判断该条航带是否合格。Yes表示合格，No表示不合格。合格的航带其平均航高值为绿色显示，不合格的为红色显示。点击导出按钮，可将分析结果导出为HTML格式。
  - 设计航高（米）：对航线中航高数据的预设值。
  - 高度容差（**%**）（默认为**“5”**）：航高的上下浮动比例，例如5%代表合格航高的范围在设计航高-5%×设计航高 至 设计航高+5%×设计航高。
  - 生成报告：点击按钮，生成航高质量检查报告。

- 速度分析：速度分析报告包含每条航带的名称、该条航带的最大飞行速度、最小飞行速度、速度差、速度方差、平均速度，以及根据用户设置的速度一致性参数，判断该条航带是否合格。合格的航带其平均速度为绿色显示，不合格的为红色显示。点击导出按钮，可将分析结果导出为HTML格式。
  - 设计速度（米/秒）：对航线中航速数据的预设值。
  - 速度一致性（**%**）：航速的上下浮动比例，例如5%代表合格航速的范围在设计航速-5%×设计航速 至 设计航速+5%×设计航速。

- 生成报告：点击按钮，生成航速质量检查报告。



- 飞行姿态分析：飞行姿态分析报告包含每条航带的名称、最大翻滚角、平均翻滚角、最大俯仰角、平均俯仰角、航线弯曲度（%），以及根据用户设置的航线弯曲度阈值判断该条航带是否合格。Yes表示合格，No表示不合格。合格的航带其航线弯曲度的值以绿色表示，不合格的以红色表示。点击导出按钮，可将分析结果导出为HTML格式。
  - 航带弯曲度（**%**）（默认为**“3”**）：根据行业相关数据标准，航带弯曲度的合格阈值一般设为3%。
  - 生成报告：点击按钮，生成飞行姿态质量检查报告。

- 完整报告：点击此按钮，生成完整航线质量报告。

高差质量检查

功能概述

使用高差质量检测报告工具可以分析点云数据之间的高程差异。

用法

点击预处理 > 高差质量检测报告。

参数设置

- 输入数据：输入文件至少包含2个点云数据；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：参与高差质量检查的点云类别。
- 格网大小（默认为**“2米”**）：点云格网化中格网边长大小。点云高差计算以格网为单位，计算格网内点云高程平均值之差。格网尺寸越小，统计越精细，计算越慢。对于地形变化较小区域，格网尺寸可取较大值，对于地形变化较大区域，格网尺寸可取较小值。
- 临界阈值（默认为**“0.5米”**）：高差超过该值则不参与计算。考虑到两次扫描的点云间高差会受到外界影响，如移动的汽车，因此忽略一定范围的高差是有必要的。
- 输出路径：高差质量检查结果会导出到文件夹中，里面存有每条航线高差质量检查的结果以及完整的html格式的报告。

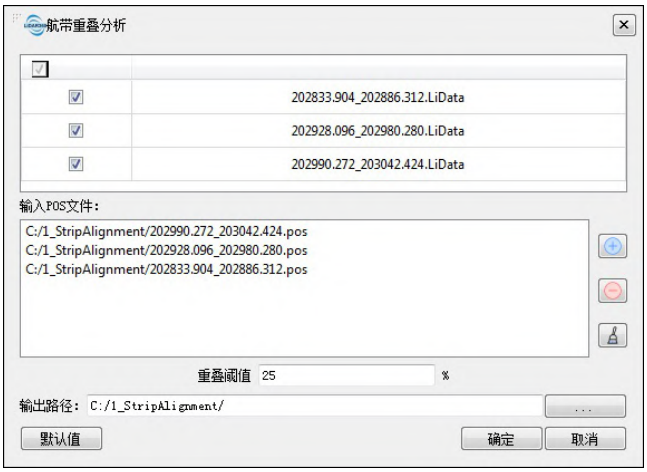
航带重叠分析

功能概述

航带重叠分析工具可以分析点云数据之间的重叠率。

用法

点击预处理 > 航带重叠分析。



参数设置

- 输入数据：输入文件需要是两个及以上点云文件；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 输入航迹文件：点击⊕加载数据，目前支持的航迹文件数据类型包括*.OUT及 *.pos格式文件。点击⊖删除所加载数据。点击 清除所有加载的航迹文件数据。
- 重叠率阈值（**%**）（默认为**“25”**）：相邻两个航带点云之间的重叠率阈值，重叠率低于此阈值的航带在报告中将被标记为不合格(unqualified)，高于此阈值的航带在报告中将被标记为合格(qualified)。
- 输出路径：重叠率检查结果会导出到文件夹中，里面存有每条航线重叠率检查的结果（以SHP形式）以及完整的html格式的报告。

密度质量检查

功能概述

使用密度质量检查工具分析点云数据的密度，默认4个等级，可根据需要增加或删除密度阈值范围。各等级的颜色可修改。

用法

点击预处理 > 密度质量检查。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 密度阈值：介于相对低值与相对高值内的点密度会以对应颜色显示。相对低值/相对高值表示格网内的点数。
- 添加新范围：新增密度阈值范围。在表格中右键菜单可删除行。
- 格网大小（米）（默认为**“1”**）：点云格网化中格网边长大小。
- 输出路径：密度质量检查结果的输出路径，相应文件夹中里面存有每条航线密度质量检查的结果以及完整的html格式的报告。

大疆 **L1/L2** 重建

功能概述

大疆 L1/L2 重建功能支持禅思 L1（Zenmuse L1）和禅思 L2（Zenmuse L2）数据处理，可将 L1 和 L2 的激光雷达原始文件处理生成多种格式三维点云数据（PNTS/LAS/PLY/PCD/S3MB 格式），支持点云分类，生成数字高程模型（DEM），用户可将生成成果导入下游分析软件中开展测绘或电力等行业应用。

用法

点击预处理 > 大疆 *L1/L2* 重建。

参数设置

- 工程目录：用户可以点击右侧的按钮，选择 L1 和 L2 的原始激光雷达数据目录。
- 点云处理：
  - 精度优化：用户可以勾选此项对激光雷达点云进行精度(迭代最近点算法)优化。
  - 平滑：用户可以勾选此项对激光雷达点云进行平滑。
  - 赋色：用户可以勾选此项对激光雷达点云进行着色。
  - 滤除超出距离的点：设置激光雷达点云的最大有效距离，超过该距离的点云将被裁剪掉。
- 输出坐标系：用户可以选择输出成果的坐标系，如果没有指定输出坐标系，将由算法自动确定。
- 点云输出：
  - 生成LAS：用户可以勾选此项来生成 LAS 格式点云模型成果。
  - 生成PLY：用户可以勾选此项来生成 ply 格式点云模型成果。
  - 生成PNTS：用户可以勾选此项来生成 pnts 格式的点云 LOD 模型，可用 Terra 软件 或者 Cesium 网页查看。
  - 生成PCD：用户可以勾选此项来生成 pcd 格式点云模型成果。
  - 生成S3MB：用户可以勾选此项来生成 s3mb 格式点云模型，可用超图软件查看。
  - 合并点：用户可以勾选此项来将点云合并成一个文件。
- 认证配置：

    - **App Key**：输入大疆智图授权的 App Key 。
    - **Secret Key**：输入大疆智图授权的 Secret Key 。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行过程中生成和下载的成果文件保存的文件夹。

UAV激光雷达精度验证

本模块专为无人机激光雷达数据质量评估与设备性能检校而设计，提供了一套标准化的流程与自动化报告工具。通过导入处理后的点云工程与控制点数据，可自动生成符合行业规范的精度评定报告与设备检校记录，将复杂的数据质检工作流程化、标准化，确保数据成果的可靠性与可追溯性，满足项目验收与设备维护的硬性要求。

核心功能

检校记录

功能概述：用于记录和输出激光雷达系统（激光器）的检校参数与精度测试结果。通过分析特定场地的检校点云数据，验证设备的测距、扫描角等内部参数的准确性。

核心价值：生成标准化的设备检校档案，确认设备处于最佳工作状态，是保证数据采集源头精度的重要环节，常用于设备定期维护或作业前后。

精度检查

功能概述：对无人机激光雷达测量项目的整体精度进行系统性评估。该功能依据控制点数据，自动计算并生成包括平面与高程精度、航带间一致性、点云密度、轨迹解算质量等在内的多项专业报表。

核心价值：一键生成项目精度报告，为数据质量验收提供客观、详实的量化依据，是项目交付前必不可少的关键步骤。

检校记录

用法

点击精度检查 > 检校记录。输入数据路径以及填入正确内容后，会自动填充表格。可以预览表格内容。如需修改可以双击单元格手动修改。确认无误后点击完成保存。

流程

- 参数页：
  - 可以在该页设置UTC时区偏移、地区名、公司名、工程师、无人机机型及SN号等，也可以勾选当前需要处理的表格，包括检校记录和激光精度记录。
  - 确认输入无误后点击下一步继续。
- 数据页：
  - 在此页设置所需数据的路径。首先设置LiGeoreference工程路径，以及控制点文件路径，此两条数据路径为必须项。之后可以根据实际需要选择设置飞行规划文件(kml/kmz文件)。如果需要自定义输出路径，可以修改报告输出路径。
  - 设置控制点文件对应的标靶类型及大小。目前支持四种识别的标靶类型，分别为方形黑白标靶、方形黑白标靶、2层同心圆标靶、3层同心圆标靶。需正确识别标靶类型及大小以便后续识别处理。
  - 确认输入无误后点击下一步继续。
- 控制点页：
  - 数据页完成后，首先会弹出控制点文件导入窗口，需要在该窗口上选择控制点id、x、y、z共四个字段。选择完成后点击确认进行导入。
  - 进入控制点页面后，上方按钮区从左往右分别为导入控制点、更新控制点数据、识别标靶、手动识别标靶、删除控制点五个按钮。导入控制点按钮可以重新导入其它控制点数据；更新控制点数据可以在修改控制点后重新将数据填入表格中；识别标靶按钮可以重新对所有控制点进行识别；手动识别标靶按钮可以手动在窗口点云上选点，对附近的控制点进行标靶识别；删除控制点可以删除当前选中的控制点。
  - 在表格点类型列表中可以选择控制点类型，分为三种调整点、检查点、航带间检查点。
  - 下方滑块可以控制相关系数。减小相关系数会降低识别阈值，识别更宽松，但可能导致误识别；提高相关系数会提高识别阈值，识别更严格、精度更高，但可能导致无法成功识别。
  - 修改完成并将数据更新到表格后，点击下一步可以进入到后续表格内容填写。
- 检校记录页：该表格记录了激光器的检校参数。
- 激光精度记录：该表格记录了激光器的精度参数。
- 报告输出：
  - 所有表格完成后，点击完成可以将报告输出到目标路径

精度检查

用法

点击精度检查 > 精度检查。输入数据路径以及填入正确内容后，会自动填充表格。可以预览表格内容。如需修改可以双击单元格手动修改。确认无误后点击完成保存。

流程

- 参数页：
  - 可以在该页设置UTC时区偏移、地区名、公司名、工程师、无人机机型及SN号等，也可以勾选当前需要处理的表格。
  - 确认输入无误后点击下一步继续。
- 数据页：
  - 在此页设置所需数据的路径。首先设置LiGeoreference工程路径。如果在参数页选择了需要控制点的表格，需要设置控制点文件路径。之后可以根据实际需要选择设置飞行规划文件(kml/kmz文件)。如果需要自定义输出路径，可以修改报告输出路径。
  - 设置控制点文件对应的标靶类型及大小。目前支持四种识别的标靶类型，分别为方形黑白标靶、方形黑白标靶、2层同心圆标靶、3层同心圆标靶。需正确识别标靶类型及大小以便后续识别处理。
  - 确认输入无误后点击下一步继续。
- 控制点页：
  - 数据页完成后，首先会弹出控制点文件导入窗口，需要在该窗口上选择控制点id、x、y、z共四个字段。选择完成后点击确认进行导入。
  - 进入控制点页面后，上方按钮区从左往右分别为导入控制点、更新控制点数据、识别标靶、手动识别标靶、删除控制点五个按钮。导入控制点按钮可以重新导入其它控制点数据；更新控制点数据可以在修改控制点后重新将数据填入表格中；识别标靶按钮可以重新对所有控制点进行识别；手动识别标靶按钮可以手动在窗口点云上选点，对附近的控制点进行标靶识别；删除控制点可以删除当前选中的控制点。
  - 在表格点类型列表中可以选择控制点类型，分为三种调整点、检查点、航带间检查点。
  - 下方滑块可以控制相关系数。减小相关系数会降低识别阈值，识别更宽松，但可能导致误识别；提高相关系数会提高识别阈值，识别更严格、精度更高，但可能导致无法成功识别。
  - 修改完成并将数据更新到表格后，点击下一步可以进入到后续表格内容填写。
- 航线规划表：该表格记录了航线规划相关内容。包括了飞行参数、激光器参数等内容。
- 航线控制点图表：该表格会将航线和控制点图绘制在表格中。
- 无人机雷达测量记录表：该表格会列出所有航线信息，并将航线绘制在表格中。
- 轨迹解算记录表：根据LiGeo工程中的轨迹分段信息，统计每个轨迹段时间范围内的质量报告，包括卫星数量平均值及最小值、DOP信息的平均值及最大值、往返差的平均值和最大值、姿态精度平均值及最大值、位置精度的平均值及最大值，以及固定解信息等的统计信息。
- 航线间控制点精度管理表：该表格会将航带间所有控制点列出，每一个页两两航带间的控制点的信息。可在列表中切换不同相邻航带。
- 原始数据均一性检查表：该表格会计算所有控制点与实际测量位置附近点的高程。可在列表中切换不同的控制点。
- 调整点高程精度管理表：该表格会计算所有调整点的高程精度。可在列表中切换不同的控制点。
- 调整点水平精度管理表：该表格会计算所有调整点的水平精度。可在列表中切换不同的控制点。
- 点密度精度管理表：该表格页可以进行激光点密度检查。需要进行交互操作。
  - 在文本编辑区修改区域名，点击点密度按钮，在窗口中选取范围，左键单击选取起始点，然后左键双击确认范

围，等待计算完成后，会在区域列表中更新。
    - 点击删除按钮可以删除列表中当前选中行数据。
    - 点击清除按钮可以将所有数据全部清除。
    - 所有操作都会将数据自动更新至表格中。
- 报告输出：
    - 所有表格完成后，点击完成可以将报告输出到目标路径。

数据管理

数据管理模块包括点云和影像的基本处理工具。主要是点云的预处理、点云和影像格式间的相互转换、投影工具等。

- 点云工具
  - 去噪
  - 噪声滤波
  - 归一化
  - 根据地面点归一化
  - 反归一化
  - 合并
  - 边界提取
  - 重采样
  - PCV
  - 纹理映射
  - 点云光谱映射
  - 点云分幅
  - 转换GPS时间
  - 点云平滑
  - 按属性聚类
  - 植被指数
    - 亮度对比度
  - 调整点云颜色
  - 点云属性计算器
- 点云分块
  - 按范围分块
  - 按点数分块
  - 按直线分块
  - 按多边形分块
- 点云裁剪
  - 按圆裁剪
  - 按矩形裁剪
  - 按多边形裁剪
- 点云提取
  - 按类别提取

    - 按高程提取
    - 按强度提取
    - 按回波次数提取
    - 按GPS时间提取
    - 按附加属性提取
    - 按组提取
- 矢量工具
    - 线平滑
        - 裁切
    - 移除重复顶点
    - 地形贴合
    - 按属性分割
    - 合并矢量
    - 提取多值到点
- 栅格工具
    - 影像镶嵌
    - 影像分幅
    - 栅格计算器
    - 定义栅格NoData值
    - 按多边形裁剪栅格
    - 按圆形裁剪栅格
    - 按矩形裁剪栅格
    - 按掩膜提取栅格
    - 按属性提取
    - 波段合成
    - 创建彩色合成
- 模型工具
    - 模型平滑
    - 合并3D Tiles
    - 合并LiBIM文件
- 投影与坐标转换
    - 定义投影
    - 重投影
    - 坐标转换
    - 转换投影面高程

    - 高程调整
    - 转换关系计算
    - 大地水准面模型
    - ASCII重投影
    - 3D Tiles重投影
    - ICP配准
    - 转换ASCII为BLH
    - 数据配准
        - 手动配准
            - 手动旋转和平移
            - ICP配准
            - 自定义坐标系
    - 创建转换关系
    - 高程拟合
- 点云格式转换
    - 转换为ASCII
    - 转换为TIFF
    - 转换为Shape
    - 转换为DXF
    - 转换为LAS
    - 转换为E57
    - 转换为PLY
    - 转换为3D Tiles
    - 转换为LandXML
    - 转换LiData为LiData
    - LAS转换为LiData
- 栅格格式转换
    - TIFF转换为LiModel
    - 转换为带纹理的LiModel
    - TIFF转换为LiData
    - TIFF转换为ASCII
    - TIFF转换为USGS DEM
    - TIFF转换为IMG
    - ASCII转换为TIFF

    - USGS DEM转换为TIFF
    - IMG转换为TIFF
- 模型格式转换
    - LiModel转换为TIFF
    - LiModel转换为OBJ
    - LiModel转换为OSGB
    - LiModel转换为3D Tiles
    - LiModel转换为S3M
    - LiTin转换为DXF
    - LiTin转换为OBJ
    - LiTin转换为FBX
    - LiTin转换为LiData
    - LiTin转换为OSGB
    - LiTin转换为3D Tiles
    - LiTin转换为LandXML
    - LiBIM转换为OBJ
    - LiBIM转换为FBX
    - LiBIM转换为Collada
    - LiBIM转换为CityJSON
    - LiBIM转换为3DTiles
    - LiBIM转换为OSGB
    - LiTree转换为OBJ
    - LiTree转换为CityJSON
    - LiTree转换为3D Tiles
    - LiTree转换为OSGB
    - 3D Tiles转换为S3M
    - 3D Tiles转换为OSGB
    - 3D Tiles转换为OBJ
    - OBJ转换为3D Tiles
- 矢量格式转换
    - Shape转换为KML
    - KML转换为Shape
    - 矢量格式互转
    - ASCII转矢量

- 矢量转ASCII
- 矢量转LandXML

点云工具

点云工具包含基本的点云处理功能。

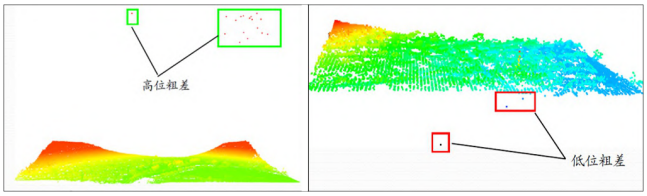
- 去噪
- 噪声滤波
- 归一化
- 根据地面点归一化
- 反归一化
- 合并
- 边界提取
- 重采样
- PCV
- 纹理映射
- 点云光谱映射
- 点云分幅
- 转换GPS时间
- 点云平滑
- 按属性聚类
- 植被指数
- 点云颜色编辑
- 点云属性计算器

去噪

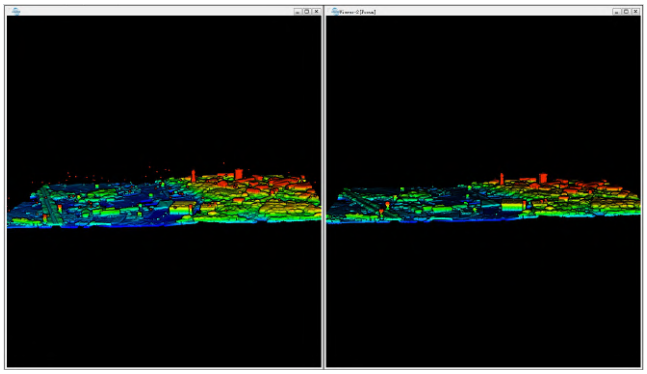
功能概述

常见的噪声包括高位粗差和低位粗差，高位粗差通常是因为机载LiDAR系统在采集数据的过程中受到低飞的飞行物（比如鸟类或者飞机）的影响，误将这些物体反射回来的信号当作被测目标的反射信号记录下来。低位粗差则是由于测量过程中的多路径误差或者激光测距仪的误差导致产生的极低点。通过选择合适的参数，可以移除噪点，提高数据质量。该功能支持并行与内存资源控制设置。

假设标准差倍数为meanK，算法将对每一个点搜索指定邻域点个数的相邻点，计算点到相邻点的距离平均值D，计算这些平均值距离的中值meanD和标准差S，如果D大于最大距离MaxD（MaxD = meanD + meanK * S），则认为是噪点，将被去掉。如下图所示。



效果图如下：



用法

点击数据管理 > 点云工具 > 去噪

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 邻域点个数（默认为**“10”**）：邻域内所需的点个数，用于计算邻域内每个点到该点的距离平均值D以及所有点的D的平均值meanD。若没有找到足够多的点，该点将不参与计算。
- 标准差倍数（默认为**“5”**）：与平均距离meanD的标准偏差相乘的因子meanK。平均距离D大于meanD * meanK的点被认为是噪点。此值越小，将有更多的点被分为噪点。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成去除噪点后的新文件。输入多个文件时，该路径设置为文件夹。

- 并行设置：是否使用多核CPU并行计算机制进行去噪处理。

> 注意：由于该功能的算法原理，为了更好的去除噪点，可以反复运行该算法。但对于密集的噪点效果不好。

噪声滤波

功能概述

去除点云中的噪声。与去噪功能不同的是，此功能对于表面具有平面结构的物体（如墙体、隧道内壁、地面）处理效果更好，过滤的噪声点更多。该功能支持并行与内存资源控制设置。

用法

点击数据管理 > 点云工具> 噪声滤波。

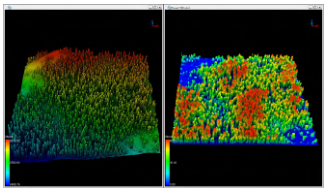
参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 半径搜索（米）（默认为**“0.5”**）：设置拟合平面使用的半径，当用户已知点云的大致密度时可使用该方法。
- 推荐半径搜索：根据输入点云自动计算合适的搜索半径。
- 标准差倍数（默认值**1.0**）：使用相对误差（sigma）作为去噪准则，程序自动计算每一点P的邻域所拟合平面的标准差（stddev）。当点到该平面的距离d小于sigma*stddev时，P点予以保留。该值的减小将导致更多的点被剔除，反之将保留更多的点。该值的变化对效率没有影响。
- 移除孤立点：当搜索半径内的点数小于四个（不足以拟合平面）时，该点为孤立点。用户可根据此参数选择是否移除此类点。
- 输出路径：保存去噪后的点云的路径。

归一化

功能概述

归一化工具可去除地形起伏对点云数据高程值的影响，该功能要求DEM的范围与点云数据的范围有交集区域，处理过程为对于每一个点的高程值Z减去找到的对应DEM高程值。功能同根据地面点归一化。



用法

点击数据管理 > 点云工具 > 归一化

参数设置

- 输入点云数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 输入**DEM**文件：用户可以从下拉列表中输入单个或多个单波段tif影像文件。文件格式：*.tif。
- ⊕：用户可以从外部添加DEM文件数据。
- ⊖：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- 🧹：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件路径，功能运行生成归一化后的新文件。输入多个文件时，该路径设置为文件夹。

> 注：归一化新生成的LiData文件默认为当前软件支持的最高版本（支持注册属性）。

根据地面点归一化

功能概述

归一化工具可去除地形起伏对点云数据高程值的影响，该功能要求输入数据已经进行地面点分类，处理过程为对于每一个点的高程值Z减去找到的最近地面点高程值。功能同归一化。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 根据地面点归一化

参数设置

- 输入点云数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成归一化后的新文件。输入多个文件时，该路径设置为文件夹。

反归一化

功能概述

反归一化工具将已归一化数据的Z值还原并生成新文件。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 反归一化

参数设置

- 输入点云数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成反归一化后的新文件。输入多个文件时，该路径设置为文件夹。

合并

功能概述

将多个点云文件合并到一个点云文件里。该功能是按范围分块、按点数分块的逆操作。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 合并

参数设置

- 忽略不同的附加属性：在处理多个输入点云的情况下，若勾选此项，则只合并相同的附加属性，否则只要有不相同的附加属性就无法进行合并。
- 输入点云数据：输入多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 输出路径：输出文件夹路径，算法执行后生成合并的新文件。

边界提取

功能概述

提取点云在XY平面上的边界。目前支持三种形式的边界，分别为六边形边界、凸包以及凹包。输出结果为单个矢量文件。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 边界提取

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 提取方法：选择边界提取方法，目前支持三种边界提取方法，分别为六边形、凸包以及凹包。
  - 六边形 ：使用正六边形提取点云数据的边界。根据六边形的高确定正六边形的高，根据点云数据的包围盒，绘制每一个六边形，若六边形内的点云个数大于等于设置 最小点个数，则绘制该六边形，合并相连的正六边形，输出最终边界矢量文件。
    - 六边形的高（米）（默认为**“10”**）：六边形的高，用来设置绘制正六边形大小。
    - 最小点个数（默认为**“1”**）：六边形内的点数阈值，少于该阈值，则不绘制边界。
  - 凸包（默认） ：提取点云在X-Y平面上的凸包（忽略Z值）。输出结果为按顺序连接的凸包点形成的矢量文件。
  - 凹包 ：提取点云在X-Y平面上的凹包（忽略Z值）。输出结果为按顺序连接的凹包点形成的矢量文件。
    - 最大边长（米）（默认值为**“2”**）：凹包每一条边在xy平面上的最大距离（Len）。该值变大时，更多长边将被保留，所生成的边界将愈加近似于凸包；反之，更多的边界细节将被短边所保留，计算效率将会降低。该值置零时，程序将以平均点间距的两倍作为最大边长参与计算。
- 导出为：
  - 单文件（默认） ：勾选此项时，各个LiData文件所生成的边界矢量文件将被合并到同一个矢量文件中。
  - 多文件 ： 各个LiData文件将生成各自的边界文件。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成的新的矢量文件。

重采样

功能概述

按某种方法将点云进行重采样，可减少不必要的点云数量，降低其它功能的计算负担。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 重采样

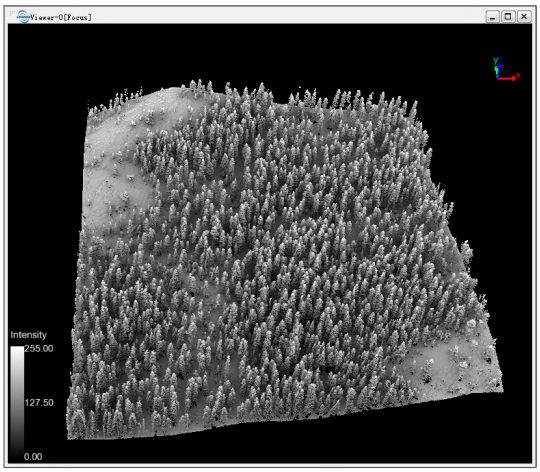
参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 采样类型：该参数定义了重采样使用的类型。
  - 最小点间距（默认，默认为**“0.0000”**）：用户需要设置两点之间的最小点间距，这样采样后的点云任意两个点之间空间三维的最小距离不会小于该值。设置的值越大，保留的点越少。
  - 采样率（默认为**“99.99%”**）：需要用户设置保留点数的百分比，在此模式下，LiDAR360会随机的保留指定的点数。保留的点数 = 总点数 * 采样率。该参数的取值范围为0 - 100%，设置的值越小，保留的点越少。
  - **Octree**（默认为**21**）：该模式允许用户选择一种“八叉树”的细分级别，在这个级别上，对于每个八叉树的细胞中，将会保留最接近于八叉树细胞中心的位置点。范围：1~21。设置的值越小，保留的点越少。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成的新文件。
- 并行设置：是否使用多核CPU并行计算机制进行重采样处理。

PCV

功能概述

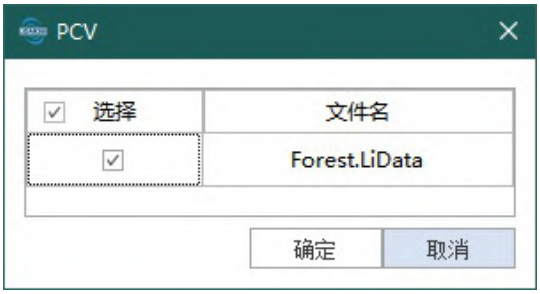
本工具可用来提高点云强度可视化效果。PCV（Portion of Visible Sky）算法原理，如果通过半球或者球体顶部均匀分布多个光源照射到点云每个点上，统计能够被光照射到的累计次数，将最后统计结果数作为点云的强度值。PCV计算后点云强度显示效果示意图如下图所示。



用法

点击数据管理 > 点云工具 > *PCV*

选中需要进行PCV计算的点云数据。



> 对点云数据进行PCV处理，其强度值范围将变为0-255，点击 按强度显示或者点击混合模式显示，可看到PCV处理后点云中地物类别和边界显示更加清晰。

纹理映射

功能概述

将多波段影像数据或者影像工程的颜色值RGB映射到对应点云数据颜色值属性中。需要用户输入与点云数据范围有交集的多波段影像数据或者影像工程。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 纹理映射

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 类别：选择通过多波段影像还是影像工程进行映射。 >
- 覆盖颜色：是否覆盖已经含有颜色值属性的点。
- 输入文件：
  - 如果选择多波段影像，用户需要输入与点云具有相同地理位置的多波段影像数据。如果影像数据已经在软件中打开，点击下拉按钮选择数据，也可以点击⊕打开外部影像数据。点击⊖移除选中的数据，点击 清空影像数据列表。处理完成后，点云数据的显示方式将自动变为按RGB显示（也可点击工具栏RGB按钮，按RGB显示点云）。文件格式：*.tif。
  - 如果选择影像工程，需在下拉框内选择需要使用的影像工程文件(*.liaep)。影像工程的导入可参考导入数据页面，添加空中三角测量结果数据部分。

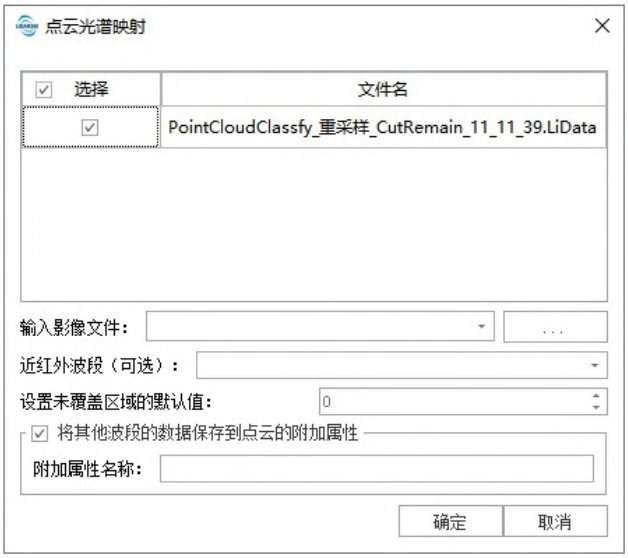
点云光谱映射

功能描述

将光谱数据的近红外波段映射到点云的近红外属性。同时支持将其他波段数据保持到点云的附加属性中，各个波段的数据将被映射到所设置附加属性的不同分量中。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 点云光谱映射。



- 输入影像文件：光谱映射文件，从该文件中映射对应位置的像素值到点云。
- 近红外波段：选择光谱文件的某个波段作为近红外波段，映射到点云的近红外属性中。
- 设置未覆盖区域的默认值：未被光谱文件覆盖的区域点云的近红外属性将被设置为该值。
- 将其他波段的数据保存到点云的附加属性：将除了选择为近红外的波段的其他波段数据存储到点云附加属性，不同波段存储到属性的不同分量中。

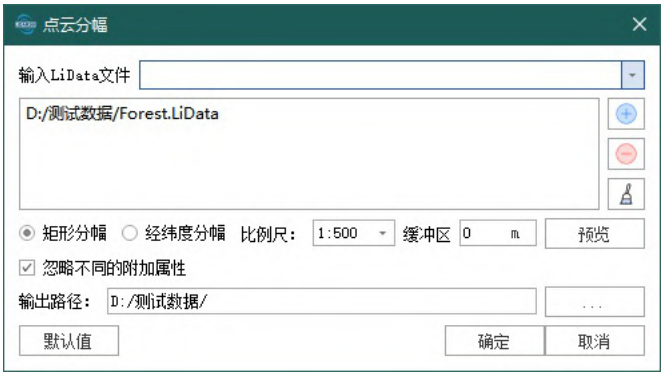
点云分幅

功能概述

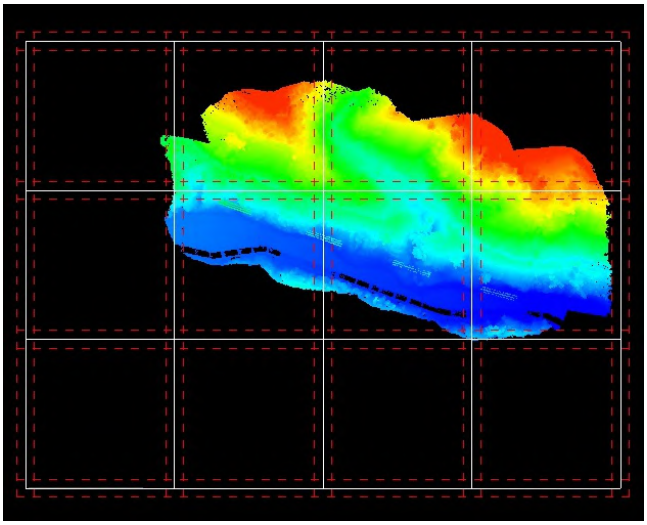
LiDAR360软件支持矩形分幅法和经纬度分幅法，矩形分幅法的图幅编号采用坐标编号，由图幅西南角的Y坐标+X坐标组成，1:5000坐标值取至km，1:2000、1:1000取至0.1km，1:500取至0.01km。运行完成后，将生成一个或多个LiData文件，同时生成一个shp格式的矢量文件，矢量文件的属性表中记录了各个图幅的边界以及名称。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 点云分幅



参数设置输入完成后，点击预览按钮可以检查分幅格网。白色实线表示分块范围，红色虚线代表缓冲区范围。只支持矩形分幅预览，只有当所有选择的点云文件都在当前窗口中才允许预览。



参数设置

- 输入**LiData**文件：输入要分幅的点云数据。 如果点云数据已经在软件中打开，点击下拉按钮选择数据，也可以点击⊕打开外部点云数据。点击⊖移除选中的数据，点击 清空数据列表。文件格式：*.LiData。
- 矩形分幅：采用“矩形分幅”，比例尺默认为1:500。
- 经纬度分幅：采用“经纬度分幅”，比例尺默认为1:500。
- 比例尺：用户选择分幅比例尺，对于矩形分幅LiDAR360共有四种分幅比例尺：1:500、1:1000、1:2000、1:5000。对于经纬度分幅LiDAR360有： 1:500、1:1000、1:2000、1:5000、1:10000、1:25000、1:50000、1:100000、1:250000、1:500000、 1:1000000共十一种比例尺。
- 缓冲区（默认为**“0”**）：每幅数据向四周延伸的大小。
- 忽略不同的附加属性：在处理多个输入点云的情况下，若勾选此项，则只合并相同的附加属性，否则只要有不相同

的附加属性就无法进行合并。

- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成分幅后的新文件。

转换GPS时间

功能概述

此功能完成LiData数据GPS时间信息由GPS协调时转换为GPS周秒，或者GPS周秒转换为GPS协调时。 GPS时间信息有两种记录方式，一种为GPS周秒，一种为GPS协调时(GPS标准时减去10的9次方)。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 转换*GPS*时间

若所选数据的GPS时间为GPS周秒，则弹出界面如下图所示：

若所选数据的GPS时间为GPS协调时，则弹出界面如下图所示：

参数设置

- 输入点云数据：输入一个LiData点云数据文件。

若输入点云数据的GPS时间为GPS周秒，需要转换为GPS协调时。

- 采集日期：输入数据的采集日期，功能内部会计算GPS周数，首先算出GPS标准时，在计算GPS协调时减去了10的9次方。

若输入点云数据的GPS时间为GPS协调时，需要转换为GPS周秒时，不需要输入参数。

点云平滑

功能概述

该功能可以根据点的临近点来平滑激光点云。可以让点云的外观更加一致。该功能支持并行与内存资源控制设置。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 点云平滑

参数设置

- 输入点云数据：输入待平滑的LiData点云数据文件。
- 平滑类型：
  - **XYZ**（默认）：三维平滑过程，垂直面上的点在XY方向上进行平滑，水平面上的点在Z方向上进行平滑。
  - **Elevation**：根据临近点拟合最优拟合平面方程，并调整了中心点的高程以更好地拟合平面方程。调整距离超过修复阈值的不会进行调整。
- 搜索半径（米）（默认为**“0.2”**）：搜索临近点半径范围。
- 最大修复值 （米）（默认为**“0.1”**）：单点调整距离最大阈值，超过该值不会被调整。
- 输出路径：设置输出路径。运行后，每个点云数据将生成对应的平滑点云文件。
- 默认值：将设置参数恢复为默认值。
- 并行设置：是否使用多核CPU并行计算机制进行平滑处理。

按属性聚类

功能概述

该功能首先通过属性过滤以及类别过滤提取感兴趣的点云，然后利用欧式聚类将感兴趣的点云分割成若干聚簇，并对这些聚簇进行进一步筛选，最后统计这些聚簇的信息并输出统计报告。该功能不生成新的点云文件，但会将聚簇的标签写入到名为“Group”的点云的附加属性中（此附加属性为整型单分量，不可被定义为其它类型和分量数）。标签相同且大于0的点云视为同一聚簇，如1、2...；-1视为无效标签，表示该点不属于任意一个聚簇。用户可以通过按属性提取、按属性分类功能或按组提取、进一步处理感兴趣的点云。此功能将生成一个CSV格式的统计报告。该报告中的每一行都代表一个聚簇，聚簇的统计信息可由用户自由选择。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 按属性聚类

参数设置

- 输入点云数据：输入文件必须是单个LiData点云数据文件。用户可以选择已经在LiDAR360软件中打开的点云数据，也可以打开来自磁盘中的其它LiData文件。
- 初始类别：初始类别用于提取感兴趣的类别的点云。
- 附加属性以及范围选择：用于提取感兴趣的附加属性范围内的点云，可参考按附加属性提取。若不勾选则不进行此项过滤。
- 聚簇结果过滤：
  - 最小点数（默认为**“10”**）：若勾选此项则进行下述过滤：聚簇的点个数若小于此值，则该聚簇将被归为无效聚簇，标签置为-1。
  - 最小面积（默认为**“0”**）：若勾选此项则进行下述过滤：聚簇的投影面积若小于此值，则视为无效聚簇，标签置为-1。
- 搜索半径（默认为**“0.5”**）：欧式聚类阈值。点云间欧式距离小于此阈值的点云将被分为同一聚簇。欧式距离的计算与搜索方法有关。此值越大，得到的聚类数量将会越小。
- 搜索方法：聚类过程中用于计算点云间欧氏距离的维度，目前支持2D和3D。当搜索方法为“2D”时，聚类时只考虑水平方向的欧式距离。
  - **3D**（默认项）：欧氏距离的计算方式为：$d = \sqrt{(x0-x1)^2+(y0-y1)^2+(z0-z1)^2}$。
  - **2D**：欧氏距离的计算方式为：$d = \sqrt{(x0-x1)^2+(y0-y1)^2}$。
- 选择统计信息：若勾选此项，则在输出的csv报告中添加对某个附加属性的统计。

    - 附加属性（默认为勾选）：选择附加属性的名称，可参考按附加属性提取。若没有选择的附加属性，则将Group作为统计。
    - 选择统计信息：统计信息包含名称、凸包面积、点云数量、位置、AABB包围盒、最小值、最大值、平均值、标准差中选择一项或多项进行统计。其中名称、凸包面积、点云数量、位置、AABB包围盒是必选的。
- 默认值：将设置参数恢复为默认值。
- 输出路径：输出CSV统计报告的路径。

植被指数

功能描述

植被指数能反映出植物冠层的背景影响，如土壤、潮湿地面、雪、枯叶、粗糙度等，且与植被覆盖有关。

原理描述

归一化植被指数

归一化植被指数要求点云数据存在近红外（NIR）和红光（R）属性，其具体计算方法如下：

$$ND = \frac{NIR - R}{NIR + R} \qquad -1 \le ND \le 1$$

可见光波段植被指数

可见光波段植被指数要求点云数据存在红（R）、绿（G）、蓝（B）属性且不全为0，其具体计算方法如下：

$$VBD = \frac{2 * G - R - B}{2 * G + R + B} \qquad -1 \le VBD \le 1$$

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 植被指数，设置参数点击确定生成植被指数，植被指数将写入点云附加属性“Vegetation Index”。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 指数类型：
  - **NDVI**：归一化植被指数，根据近红外（NIR）和红光（R）属性计算植被指数。
  - 可见光波段植被指数：根据红（R）、绿（G）、蓝（B）属性计算植被指数。

> 注意：如果点云不存在RGB属性或者均为0，则两种植被指数均无法计算。如果点云不存在近红外（Near Infrared）属性，则无法计算归一化植被指数。

亮度对比度

功能描述

对于包含颜色信息的点云，调整点云的亮度对比度。

用法

点击数据管理 > 点云工具 > 亮度对比度。调整两个参数，预览效果符合预期点击确定进行处理。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。只有包含了颜色信息的点云，才会在列表中显示。
- 亮度：滑动调节或直接输入亮度值。范围从-100到+100。
- 对比度：滑动调节或直接输入对比度值。范围从-50到+50。
- 预览：调整参数后点击，可在窗口中预览当前参数的效果。预览仅对勾选的点云数据生效。
- 输出路径：输出结果点云文件的路径。

> 该功能仅对含有颜色信息的点云生效。

调整点云颜色

功能描述

通过选择点云，确定输入颜色，输出颜色，满足相似度和类别的点云会被修改颜色。

选择工具

多边形选择

通过鼠标左键单击绘制多边形，双击确定要修改的点云区域。

圆形选择

通过鼠标左键单击确定圆心，移动鼠标确定半径，双击确定要修改的点云区域。

矩形选择

通过鼠标左键单击确定矩形起点，移动鼠标，双击确定要修改的点云区域。

添加区域

确定要修改颜色的点云区域。

清理区域

清理要修改颜色的点云区域，重新确定要修改的点云范围。

输入颜色

通过鼠标点击点云，获取点云的颜色作为输入颜色，或者通过颜色面板选择颜色作为输入颜色。

输入颜色相似度阈值

和输入颜色在相似度的阈值内的点的颜色会被修改。

输出颜色

通过鼠标点击点云，获取点云的颜色作为输出颜色，或者通过颜色面板选择颜色作为输出颜色。

撤销

撤销上次颜色修改。

重做

重做上次颜色修改。

类别

满足类别的点云才会被修改颜色。

预览

将满足类别和颜色阈值的区域内的点云颜色修改为输出颜色。

保存

保存修改的颜色到文件中。

单位转换

功能概述

单位转换是用于对点云、矢量、模型、影像工程、栅格、TreeDB、表格（csv）进行测量单位转换的工具。

用法

点击数据管理 > 单位转换

参数设置

- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 源单位：选择待转换文件的测量单位。
- 目标单位：选择转换输出的文件的测量单位。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

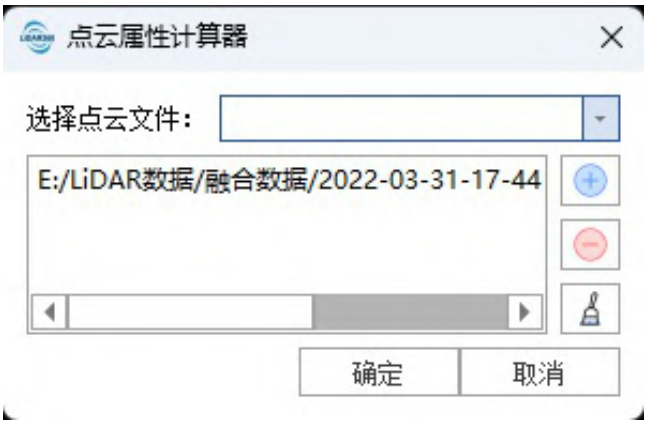
点云属性计算器

功能描述

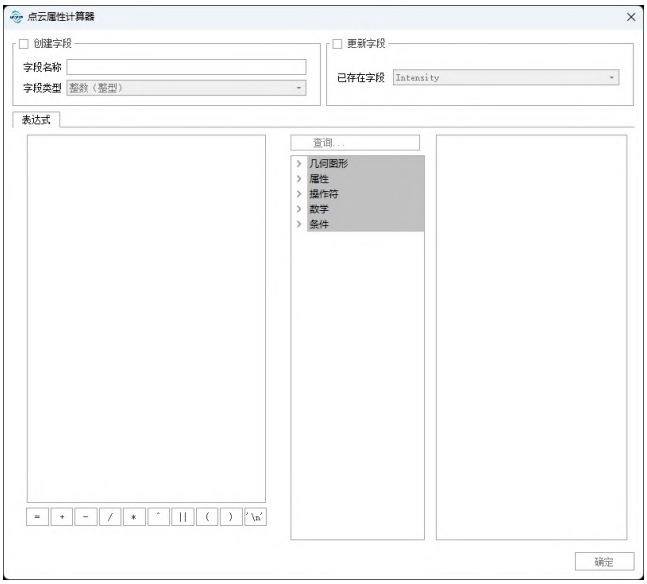
根据点云的属性数据进行表达式运算，运算结果可以更新到点云的可修改属性或者附加属性中。

用法

点击数据管理 > 点云工具 >点云属性计算器，选择点云文件。可选择多个点云文件，最终可以作为计算表达式的属性字段为各个点云属性的交集。



选择好数据后，弹出计算器界面，设置新增字段或更新字段，输入计算表达式，点击确定即可运行计算。



分块

分块工具包含按范围分块、按点数分块、按直线分块、按多边形分块。

- 按范围分块
- 按点数分块
- 按直线分块
- 按多边形分块

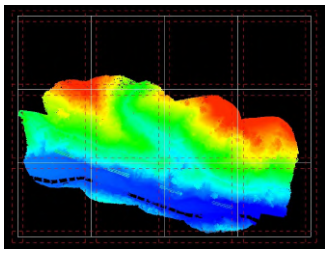
按范围分块

功能概述

按范围分块是按照点云数据的包围盒，以左下角为起点根据设置的宽度与长度及缓冲区大小将点云数据划分为一定大小的数据，其中生成结果包括分块后的点云（包含缓冲区）及存储分块边界（不含缓冲区）的shp文件。功能同按点数分块参数设置类似。

用法

点击数据管理 > 点云分块 > 按范围分块



参数设置输入完成后，点击预览按钮可以检查每个点云的分块格网。其中白色实线表示分块范围，红色虚线代表缓冲区范围。

参数设置

- 选择文件列表：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多个数据文件。文件格式：*.LiData。
- 宽度（米）（默认为**“500”**）：数据分块大小的宽度，即X轴方向的长度。
- 长度（米）（默认为**“500”**）：数据分块大小的长度，即Y轴方向的长度。
- 缓冲区（米）（默认为**“0”**）：每个分块数据向四周延伸的大小。
- 合并：是否对分块内的多个点云合并为一个点云文件。
- 预览：可预览各分块范围。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成分块后的点云文件及分块边界的shp文件，其中shp文件存储的分块边界不包含缓冲区的大小。

按点数分块

功能概述

按点数分块是按照点云数据的包围盒，以左下角为起点根据设置的点数将点云数据划分为一定点数的数据。功能同按范围分块类似。该功能是将点云数据尽可能均匀地划分为点数相同的点云文件。

原理描述

用户输入的点数在实际分块过程中会按照实际分块数重新计算，计算公式如下：

$$N_{block} = \begin{cases} N_s/N_u, & N_s\%N_u = 0 \\ N_s/N_u + 1, & N_s\%N_u > 0 \end{cases}$$

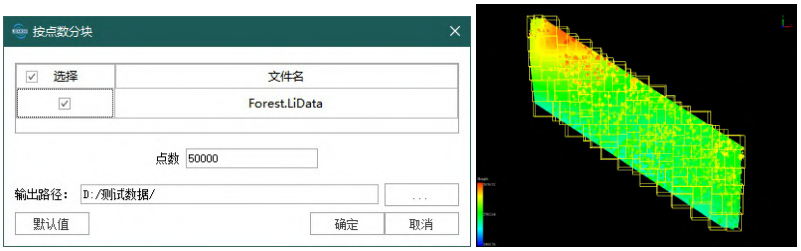
$$N_{real} = \begin{cases} N_s/N_{block} \\ N_s/N_{block} + 1 \end{cases}$$

其中， N_{block} 为分块个数， N_{real} 为实际分块点数， N_s 为点云数据总点数， N_u 为用户输入的分块点数。

原始点云数据和按点数分块后的点云数据（不同的黄色包围盒表示不同的点云数据）。

用法

点击数据管理 > 分块 > 按点数分块



参数设置

- 输入点云数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 点数（默认为**“50000”**）：设置分块大小的点数，实际分块点数并不以设置点数为准。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成分块后的新文件。

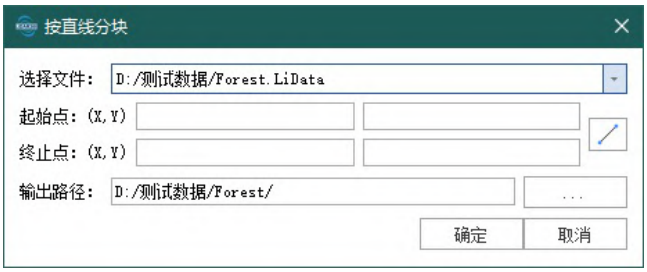
按直线分块

功能概述

按直线分块是在Viewer上画一条直线，以这条线为界，将点云数据划分为2个数据。

用法

点击数据管理 > 分块 > 按直线分块



可直接在起始点和终止点输入坐标信息，也可以点击对话框上右侧的按钮后，在Viewer上画一条线后更新起始点坐标和终止点坐标。

参数设置

- 选择文件：选择单个点云数据文件，文件格式：*.LiData。
- 起始点（**X,Y**）：线的起始点XY坐标。
- 终止点（**X,Y**）：线的终止点XY坐标。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成分块后的点云文件及分块边界的shp文件，其中shp文件存储的分块边界不包含缓冲区的大小。

按多边形分块

功能概述

按多边形分块功能读取矢量数据中的多边形信息，提取多边形内的点、多边形外的点或者多边形之间的点生成新的点云文件。

对于矢量数据中的Polygon对象，会将每个多边形内的点生成一个新的文件，还会将不在任意一个多边形的点生成点云文件。

对于矢量数据中的MultiPolygon对象，会将内多边形的点云文件生成点云数据、将内多边形与外多边形之间的点集生成点云数据以及将所有Polygon以外的点生成点云文件。

用法

点击数据管理 > 分块 > 按多边形分块

参数设置

- 选择点云数据：选择文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 矢量文件：用户可以从下拉菜单中选择已经加载到LiDAR360软件中的矢量文件，也可以加载磁盘中的矢量数据文件。
- 用**shp**文件属性名命名：选择此项时，将利用所选的Polygon的属性字段，命名新生成的分块数据。
- 计算多边形拓扑关系：对于矢量数据中的Polygon对象，计算多边形间拓扑关系。若勾选，则计算多边形间的拓扑关系；若不勾选，则将Polygon内所有的点生成一个新文件。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成分块后的点云文件将输出到此文件路径下。

裁剪

裁剪工具包含按圆裁剪、按矩形裁剪、按多边形裁剪。

- 按圆裁剪
- 按矩形裁剪
- 按多边形裁剪

点云提取

提取工具可以根据若干条件对数据进行筛选并生成新的数据文件。

- 按类别提取
- 按高程提取
- 按强度提取
- 按回波次数提取
- 按GPS时间提取
- 按附加属性提取
- 按组提取

按类别提取

功能概述

按类别提取工具可以根据用户选择提取的类别，提取该类别的所有点云数据保存在一个文件中。该功能可进行多文件操作。

用法

点击数据管理 > 点云提取 > 按类别提取

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 初始类别：用户需要从复选框中选择要提取的类别。文件中不存在的类别在复选框中不可用。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成提取后的新文件。

按高程提取

功能概述

按高程提取工具可以根据用户输入提取的高程范围，提取该范围内的所有点云数据保存在一个文件中。该功能可进行多文件操作。

用法

点击数据管理 > 点云提取 > 按高程提取

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 最小值（米）（默认为 **100**）：用户需要输入待提取点云数据的最小高程值。
- 最大值（米）（默认为 **200**）：用户需要输入待提取点云数据的最大高程值。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成提取后的新文件。

按强度提取

功能概述

按强度提取工具可以根据用户输入提取的强度范围，提取该范围内的所有点云数据保存在一个文件中。该功能可进行多文件操作。

用法

点击数据管理 > 点云提取 > 按强度提取

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 最小值（默认为 **100**）：用户需要输入待提取点云数据的最小强度值。
- 最大值（默认为 **200**）：用户需要输入待提取点云数据的最大强度值。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成提取后的新文件。

按回波次数提取

功能概述

按回波次数提取工具可以根据用户选择的回波次数，提取该回波的所有点云数据保存在一个文件中。该功能可进行多文件操作。

用法

点击数据管理 > 点云提取 > 按回波次数提取

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 回波次数：用户需要选择需要提取的点云数据回波次数。点击回波次数的下拉菜单，选择要提取的回波次数，包括：1-7次的回波。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成提取后的新文件。

> 注意：若数据不存在用户选择的回波次数，则无法提取数据。

按GPS时间提取

功能概述

按GPS时间提取工具可以根据用户输入提取的GPS时间范围，提取该范围内的所有点云数据保存在一个文件中。

用法

点击数据管理 > 点云提取 > 按*GPS*时间提取

参数设置

- 文件列表：用户需要从下拉列表中选择需要处理的文件。
- 最小时间：显示用户选择的点云文件中最小GPS时间值，用户可根据该值设置提取的时间范围。该值不需要用户设置。
- 最大时间：显示用户选择的点云文件中最大GPS时间值，用户可根据该值设置提取的时间范围。该值不需要用户设置。
- 起始时间（默认为 最小时间）：用户需要输入待提取点云数据的最小GPS时间值。
- 结束时间（默认为 最大时间）：用户需要输入待提取点云数据的最大GPS时间值，该值需要大于起始时间。
- ：如果要以指定间隔提取点云，在文本框中输入间隔值，然后点击该按钮，起始时间和结束时间的值将以设置的间隔递增。
- ：将输入的时间范围添加到范围列表中，时间范围内的所有点云数据将会被提取到一个文件中。
- ：用户可以点击该按钮加载外部已有的数据文件，文件内的时间范围需要在 最小时间 和 最大时间 之间。文件格式可参考附录中的按GPS时间提取文件格式的信息。
- ：用户选中时间范围列表中的某一行，点击该按钮可将该行从列表中移除。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成提取后的新文件。

按附加属性提取

功能概述

按附加属性提取工具可以根据用户选择的附加属性的名称、分量和范围提取点云。附加属性支持一个或多个分量。目前只支持单个点云的处理。

用法

点击数据管理 > 点云提取 > 按附加属性提取

参数设置

- 输入点云数据：选择点云数据文件，目前只支持一个点云的数据。文件格式：*.LiData。
- 源附加属性：用户需要从复选框中选择用于过滤的附加属性名称。倘若点云数据不包含附加属性则不能运行该功能。
- 分量选择：支持一个分量或多个分量，分量个数取决于点云的附加属性。每个分量都对应一组可选的范围。范围内的点云及附加属性将会被提取出来生成新的点云文件。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成提取后的新文件。

按组提取

功能概述

按组提取工具可以根据用户选择的整型单分量附加属性的范围提取点云。此功能目前只支持单个点云的处理。

用法

点击数据管理 > 点云提取 > 按组提取

参数设置

- 输入点云数据：选择点云数据文件，目前只支持一个点云的数据。文件格式：*.LiData。
- 选择标签：用户需要从复选框中选择作为标签的附加属性名称。该标签必须是整型但分量的。倘若点云数据不包含整型单分量的附加属性则不能运行该功能。所选的附加属性将作为标签，标签相同的点将被提取为一个文件。假设LiData中含有整型单分量的附加属性A，其中10个点的A属性值为“1”，20个点的A属性值为“2”，则该功能运行完成后将生成两个文件C（含10个点，属性为“1”）和D（含20个点，属性为“2”）；
- 范围选择：选择标签的范围。只提取标签在该范围内的点云。
- 格式：导出点云的格式，目前支持DXF和Las。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成提取后的新文件。

矢量工具

- 线平滑
- 按多边形裁剪矢量
- 移除重复顶点
- 地形贴合
- 按属性分割
- 提取多值到点

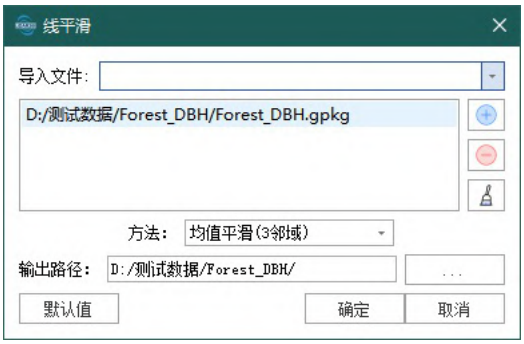
线平滑

功能概述

线平滑工具可以对输入的矢量线进行平滑操作。支持2D和3D的多段线和多边形。

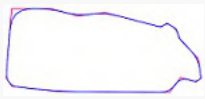
用法

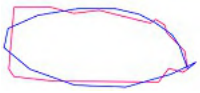
点击数据管理 > 矢量工具 > 线平滑



参数设置

- 选择文件列表：输入一个或多个矢量文件。输入文件格式：*.gpkg*、.shp、*.dxf。
- 方法：可选择多种方法对矢量线进行平滑。
  - 均值平滑（**3\5\7**邻域）：对于矢量线上的每个点使用3\5\7邻域进行均值平滑。
  - 贝塞尔平滑（线控制）：使用分段贝塞尔曲线进行平滑，生成的矢量线不过控制点。
  - 贝塞尔平滑（点控制）：使用分段贝塞尔曲线进行平滑，生成的矢量线过控制点。
  - **B**样条曲线（点控制）：使用三次B样条曲线进行平滑，生成的矢量线过部分控制点。
  - **B**样条曲线拟合：使用三次B样条曲线进行拟合，生成的矢量线不过控制点。
  - 迭代贝塞尔**2D**：使用贝塞尔曲线进行迭代拟合。
  - 迭代三次**B**样条**2D**：使用三次B样条曲线进行迭代拟合。
  - 迭代三次样条**2D**：使用三次样条曲线进行迭代拟合。
  - 迭代**TCB**样条**2D**：使用悬链线进行迭代拟合。
  - **FEM 2D**：使用FEM进行拟合。
- 输出路径：输出文件夹路径。将新生成的矢量线输出到该文件夹下。

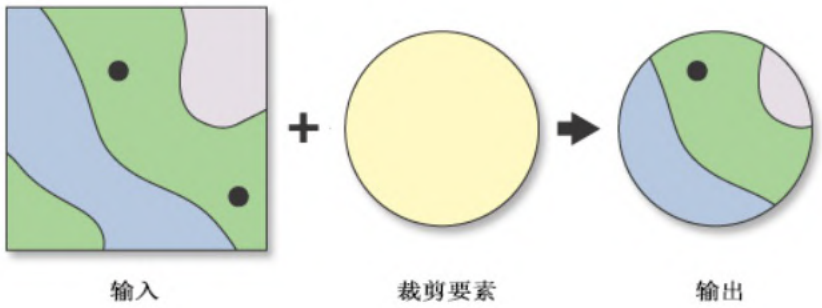
方法	效果**(**红色线为原始矢量线，蓝色为平滑后的矢量线**)**
均值平滑（3\5\7邻域）	
贝塞尔平滑（线控制）	
贝塞尔平滑（点控制）	
B样条曲线（点控制）	

B样条曲线拟合	

裁切

功能概述

使用裁切多边形对矢量进行裁切，当输入矢量在裁切多边形内部时，将会输出到结果文件中。该工具只对特征进行裁切，不修改特征的属性，包括和特征形状相关的属性如长度、面积等属性，需要手动修改。输入矢量文件和裁切多边形文件应有空间参考系。



用法

点击数据管理 > 矢量工具 > 裁切

参数设置

- 选择文件：输入需要裁切的矢量文件。输入文件格式支持shp、gpkg格式，要素类型可为点、线、面。
- 重叠矢量文件：用于裁切矢量的多边形矢量文件，支持shp、gpkg格式，若为gpkg格式时，需在图层下拉列表中指定使用的多边形图层名称。
- 注意："重叠矢量文件"需与"选择文件"保持投影一致。此功能支持两个矢量都没有投影；若待裁切的矢量文件含有投影，需使用定义投影功能定义"重叠矢量文件"的投影与待裁切矢量文件一致。
- 图层：下拉列表将列出裁切文件的全部图层，选择裁切多边形的图层名称。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的矢量，输出文件格式为gpkg，若输入为gpkg格式，则输出文件的各图层名同输入的各图层名，若输入为shp格式，则输出图层名为0。

移除重复顶点

功能概述

从要素中删除重复的顶点，删除这些顶点不会导致几何图形退化，且不修改要素属性。有以下几种情况可以使用：

1.数据清理。在导入或处理数据时，可能会出现一些重复的顶点，这些顶点可能会干扰后续的分析或可视化。
2.优化几何结构。移除重复顶点可以简化几何结构，减少数据冗余，提高数据处理效率。
3.拓扑检查。在进行拓扑检查时，重复顶点可能会导致错误或异常，移除这些顶点可以确保数据的拓扑正确性。

用法

点击数据管理 > 矢量工具 > 移除重复顶点

参数设置

- 选择文件：输入需要移除重复顶点的矢量文件。输入文件格式支持shp、gpkg格式，要素类型可为点、线、面。对于gpkg格式，将对文件中各图层的所有要素执行移除重复点操作。
- 容差：容差参数指确定顶点是否具有相同的坐标容差。如果同一个要素中，其两个顶点之间距离小于容差，则将移除一个顶点。
    - 使用**Z**值：默认情况下，检测重复顶点时不考虑Z值。例如：X和Y坐标相同但Z值不同的两个顶点仍将被视为重复，并将删除其中一个。如果使用Z值的参数为true，还将测试Z值，并且将保持X和Y相同但Z不同的顶点。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的矢量，输出文件格式为gpkg，若输入为gpkg格式，则输出文件的各图层名同输入的各图层名，若输入为shp格式，则输出图层名为0。

> 注意：
>
> 该工具适用于清理单个要素部件内的冗余顶点，在多部件要素（multipart geometry）中，不同部件之间的重复顶点不会被检测。例如一个MultiPoint包含两个相同的坐标点，但它们属于不同的部件（例如 Part 1 和 Part 2），则不会被去重。

地形贴合

功能概述

通过提取影像像元值给各种矢量要素类型（点、线、面）的节点添加Z值。该工具不修改矢量要素属性。

用法

点击数据管理 > 矢量工具 > 地形贴合

参数设置

- 选择文件：输入矢量文件，文件格式支持shp、gpkg格式，要素类型可为点、线、面。对于gpkg格式，将对文件中各图层的所有要素执行操作。
- 输入图像：栅格图像，从图像中提取矢量要素节点所在位置的像元值，采用最临近插值。
- 波段号：需要提取像元值的所在影像波段号，默认为第一个波段。
- 无数据或不相交节点：对于矢量要素对应位置无影像或像元为NoData时，设置该固定值给矢量要素节点的Z值。
- 缩放因子：像元值乘以该缩放因子。
- 偏移量：像元值应用缩放因子后再加上该偏移量作为矢量要素节点的Z值。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的矢量，输出文件格式为gpkg，若输入为gpkg格式，则输出文件的各图层名同输入的各图层名，若输入为shp格式，则输出图层名为0。

> 注意：
>
> 矢量文件和输入图像应具有相同的空间参考系。

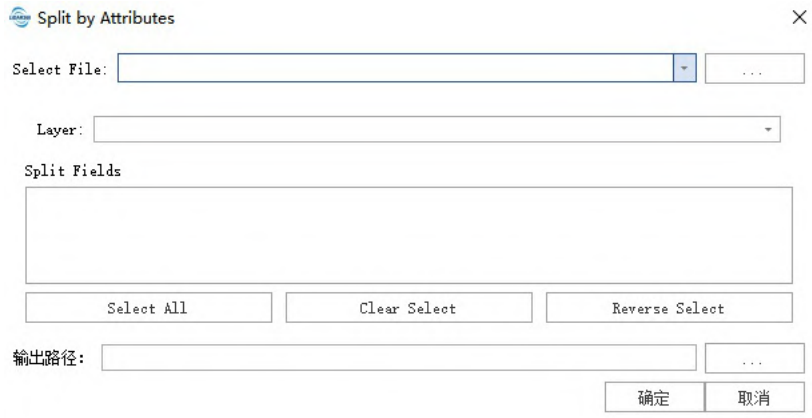
按属性分割

功能概述

将通过分割字段参数值对矢量要素进行提取，为每个唯一的属性组合创建要素类。该工具不修改矢量要素属性，输出的所有矢量要素均为shp格式，文件名以属性字段值或属性字段值的组合命名，生成文件的数量等于指定属性字段或属性字段组合的不同取值的种类数量。

用法

点击数据管理 > 矢量工具 > 按属性分割



参数设置

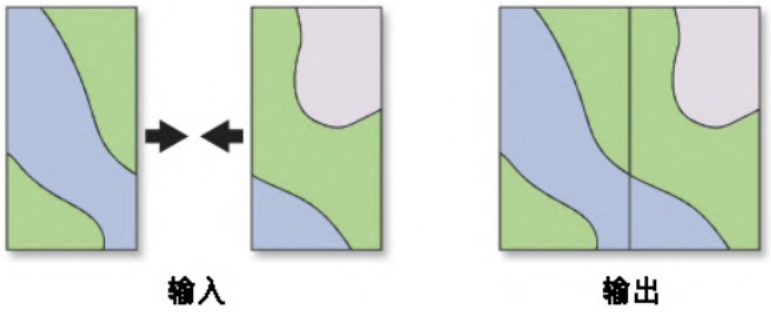
- 选择文件：输入矢量文件，文件格式支持shp、gpkg格式，要素类型可为点、线、面。
- 图层：对于输入矢量文件为gpkg时，下拉列表列出了gpkg文件中的所有图层，选择要分割的图层名称。
- 分割字段：该列表列出了矢量图层的有效属性字段，可勾选单个属性字段或勾选多个属性字段定义属性组合。
- 输出路径：输出文件夹路径，分割后的所有矢量文件将输出至该文件夹下。

> 注意：
>
> 如果属性字段值的组合存在同名情况时，则检索到的所有要素将会输出到同一个shp文件中。

合并矢量

功能概述

使用该工具可将多个矢量数据文件合并输出到单个矢量文件。所有输入要素类必须具有相同的几何类型，如点要素类之间可以合并，但线要素类不能同面要素类合并。该工具不会分割或更改来自输入数据集的几何，即使出现要素重叠，输入数据集中的所有要素在输出数据集中也将保持不变。合并要素类时，输出数据将使用输入数据集列表中第一个要素类的坐标系。若任何输入图层包含Z值（高程值）或M值（测量值），则输出图层也将保留这些属性值。若任一输入图层为多部件（multi-part）要素，输出图层将自动继承多部件结构特性。



用法

点击数据管理 > 矢量工具 > 合并矢量

参数设置

- 选择文件列表：添加需要合并的矢量要素文件，文件格式支持shp、gpkg格式，要素类型可为点、线、面。
- 要素类型：指定合并的矢量要素的特征类型，包括点、线、面3种类型。
- 添加源信息：指定是否将源信息添加到新文本字段MERGE_SRC中。MERGE_SRC字段中的值用于指示作为输出中每条记录的源输入数据集路径或图层名称。
- 输出路径：输出文件路径，分割后的所有矢量文件将输出至该文件夹下。

> 注意：
>
> 输入的矢量数据应具有同一空间参考系。

提取多值到点

功能概述

在点要素类的指定位置提取栅格像元值，并将这些值记录到点要素类的属性表中。该工具会更新输入点要素的属性表，从每个点位置所在的所有输入栅格中提取像元值，包含每个输入栅格像元值的新字段将追加到输入点要素类，点要素的属性表中将增加以各影像文件名称命名的字段，字段值为提取的栅格像元值。

从输入栅格的NoData像元中提取值的位置将在输出表中被赋予<空>值。对于shapefile，由于不支持空字段，因此NoData像元在表中以值-9999表示。

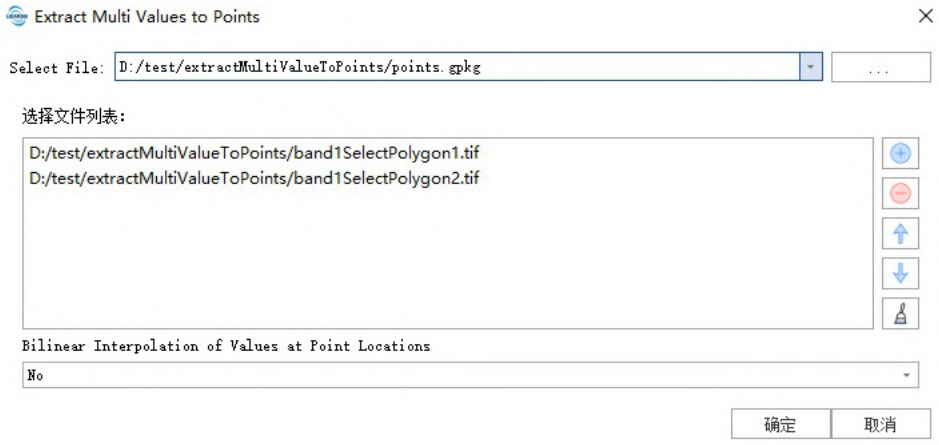
shapefile格式将字段名称的最大长度限制为10个字符。因此，对于追加到shapefile属性表中的任何字段，其名称都将被截断并获得唯一值。如果名称很长或很相似，则可能导致各字段间难以区分。

该工具无法使用多点要素。要使用多点要素执行分析，请将其转换为单点要素。

将多波段栅格指定为输入栅格值之一时，将使用该输入中的所有波段。当输入多波段栅格时，为所有波段添加的输出字段的名称中将包含指示波段号的b1, b2, ...bn前缀。

用法

点击数据管理 > 矢量工具 > 提取多值到点



	FID	band1SelectPolygon2	band1SelectPolygon1
1	1	-9999.0	-9999.0
2	2	-9999.0	64.0
3	3	49.0	-9999.0
4	4	-9999.0	-9999.0
5	5	-9999.0	-9999.0
6	6	-9999.0	-9999.0

参数设置

- 选择文件：选择含有点要素的文件，支持shp和gpkg格式，对于gpkg格式，会对其每个点要素图层获取像元值。
- 选择文件列表：添加需要提取像元值的影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式。
- 双线性插值：指定在点要素位置处是否进行双线性内插获取像元值。为否时，不应用任何插值方法，使用像元中心值，为是时，将使用双线性插值法根据相邻像元的有效值计算像元值。插值时将忽略NoData值。

> 注意：
>
> 1.如果输入影像文件名相同，属性表字段将只列出第一个影像文件名及对应影像像元值。

> 2.如果有同名属性字段，将会报错。

栅格工具

栅格工具包含影像镶嵌、影像分幅、栅格计算器、栅格裁剪等。

- 影像镶嵌
- 影像分幅
- 栅格计算器
- 定义栅格NoData值
- 按多边形裁剪栅格
- 按圆形裁剪栅格
- 按矩形裁剪栅格
- 按掩膜提取栅格
- 按属性提取
- 波段合成
- 创建彩色合成

影像镶嵌

功能概述

影像镶嵌是指将两幅或多幅影像拼在一起，构成一幅整体影像的技术过程。LiDAR360提供七种采样方法：最邻近采样，双线性采样，三次立方卷积插值，立方B样条插值，Lanczos窗口正弦插值，平均采样和统计采样。是影像分幅的逆操作。

用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 影像镶嵌

参数设置

- 输入**Tiff**文件：用户需要从下拉列表中选择需要处理的多个文件到待处理列表中。
- ⊕：用户可以从外部添加多个影像进行影像镶嵌。
- ⊖：用户可以选中待镶嵌列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- 🧹：点击该按钮可清空全部影像列表中的数据。
- 采样类型：用户需要从下拉列表中选择采样类型。
  - 最邻近采样（默认）：最邻近法，从最近邻处采样。
  - 双线性采样：双线性采样（2×2 内核）。
  - 三次立方卷积插值：三次立方卷积插值（4×4内核）。
  - 立方**B**样条插值：立方B样条插值（4×4内核）。
  - **Lanczos**窗口正弦插值：Lanczos窗口正弦内插（6×6内核）。Lanczos可以用作低通滤波器或用于平滑地插值其样本之间的数字信号的值。
  - 平均采样：计算所有非无值像素的平均值。
  - 统计采样：选择所有采样点中出现次数最多的值。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成新文件。

影像分幅

功能概述

影像分幅工具是影像镶嵌的逆操作。图幅的编号采用坐标编号，由图幅西南角的Y坐标+X坐标组成，1:5000坐标值取至km，1:2000、1:1000取至0.1km，1:500取至0.01km。

用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 影像分幅

参数设置

- 输入文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件。
- ...：用户可以从从外部添加需要处理的文件。
- 比例尺（默认 **1:500** ）：用户选择分幅比例尺，LiDAR360共有四种分幅比例尺：1:500、1:1000、1:2000、1:5000。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成分幅后的新文件。

栅格计算器

本工具是一种空间分析函数工具，可以输入栅格数据代数表达式，使用运算符和函数来做数学计算，建立选择查询，或键入栅格数据代数语法。

栅格计算器工具具有如下的独有优势：

1. 支持在栅格数据中使用变量。
2. 为一个表达式的三个或更多的输入应用运算符。
3. 栅格计算器用于通过简单的、类似计算器的工具界面，使用多种工具和运算符来执行单行代数表达式。当在一个表达式中使用多种工具或运算符时，该公式的执行速度一般会比分别执行每个运算符或工具的速度要快。

原理描述

使用计算器按钮可以在表达式中输入数值。使用运算符按钮可以将数学运算符（加、除等）和逻辑运算符（大于、等于等）输入表达式。通过单击这些按钮，可以将数字或运算符输入到表达式中指针当前所在的位置。 以下是可在栅格计算器工具中执行的表达式的若干示例。在这些表达式中，栅格图层名称被包含在引号内，例如 "dist@"。

```
("pop@" > 150) & ("dist@" > 10)
(("reclass_rd_dist@" * 3) + ("reclass_landuse@" * 2) + "reclass_elev@") /6.0
("Band4@" - "Band3@") / Float("Band4@" + "Band3@")
Con("elev@" <= 3000, 1, 0)
Con(IsNull("elev@"),0, "elev@")
Con(("landuse1@" == 1) & ("landuse2@" == 5), "landuse1@" + "landuse2@", 99)
```

用法

点击数据管理> 栅格工具 > 栅格计算器。

参数设置

- 波段数据：显示主界面中包含的栅格数据路径(.tif),可以导入本地的栅格数据路径，进行表达式计算，也可以对已导入的数据进行移除或者清除操作。
- 计算器按钮：包含了数字按钮1、2、9、0等；代数运算符按钮+、-、*、/等；逻辑运算符>、<、=等。主要运算逻辑按钮如下表：

/ 除	!= 不等于	= 等于	And 与运算
X 乘	< 小于	<=小于等于	^ 已或运算
- 减	> 大于	>= 大于等于	Or 或运算
+ 加	C 清除表达式	Not 布尔非运算	

- 功能：列出了运算符、三角函数、数学分析、逻辑和条件分析等函数功能。

函数	说明	表达式示例
+	逐个像元地将两个栅格的值相加(求和)	"Slop_2020@1" + "Slop_2018@1"
-	逐个像元地从第一个输入栅格的值中减去第二个输入栅格的值	"Slop_2020@1" - "Slop_2018@1"
*	逐个像元地将两个栅格的值相乘	"Slop_2020@1" * "Slop_2018@1"
^	幂运算	"Slop_2018@1" ^ 2
/	逐个像元地对两个栅格的值进行整除	Slop_2020@1 / "Slop_2018@1"
=	像元值等于某个值时为像元返回 1，否则返回 0	("土地利用@1" = 1) OR ("土地利用@1" = 2)
!=	在第一个栅格不等于第二个栅格时为像元返回 1，否则返回 0	"ASTGTM_N30E111I@1" > 0
>	如果第一个栅格数据大于第二个栅格数据，则为像元返回 1，否则返回 0	cos("坡度栅格@1" * 3.14 / 180)
<	如果第一个栅格数据小于第二个栅格数据，则为像元返回 1，否则返回 0	"ASTGTM_N30E111I@1" < 0
>=	如果第一个栅格数据大于或等于第二个栅格数据，则为像元返回 1，否则返回 0	"ASTGTM_N30E111I@1" >= 50
<=	如果第一个栅格数据小于或等于第二个栅格数据，则为像元返回 1，否则返回 0	"ASTGTM_N30E111I@1" <= 50
And	对两个输入栅格的像元值执行“布尔与”运算。如果两个输入值都为真（非零），则输出值为 1。如果一个或两个输入值为假（零），则输出值为 0	("土地利用@1" = 29) AND ("ASTGTM_N30E111I@1" > 200)
Or	对两个输入栅格的像元值执行“布尔或”运算。如果一个或两个输入值为真（非零），则输出值为 1。如果两个输入值都为假（零），则输出值为 0	(("土地利用@1" = 29) OR ("土地利用@1" = 30)) AND ("ASTGTM_N30E111I@1" > 200)
Not	对此输入栅格的各像元值执行“布尔非”（求反）运算。如果输入值为真（非零），则输出值为 0。如果输入值为假（零），则输出值为 1	Not("坡度栅格@1")
ABS	计算栅格中像元值的绝对值	ABS ("tif01@1")
if	针对输入栅格的每个输入像元执行 if/else 条件评估	if ("tif01@1" > 100,100,5)
sin	计算栅格中各像元的正弦值	sin("坡度栅格@1" * 3.14 / 180)
SinH	计算栅格中各像元的双曲正弦值	ln(SinH("坡度栅格@1"))

asin	计算栅格中各像元的反正弦值	asin("坡度栅格@1") * 180 / 3.14
AsinH	计算栅格中各像元的反双曲正弦值	ASinH("坡度栅格@1")
cos	计算栅格中各像元的余弦值	cos("坡度栅格@1" * 3.14 / 180)
CosH	计算栅格中各像元的双曲余弦值	ln(CosH("坡度栅格@1"))
acos	计算栅格中各像元的反余弦值	acos("坡度栅格@1") * 180 / 3.14
ACosH	计算栅格中各像元的反双曲余弦值	ACosH("坡度栅格@1")
tan	计算栅格中各像元的正切值	tan("坡度栅格@1" * 3.14 / 180)
TanH	计算栅格中各像元的双曲正切值	TanH("坡度栅格@1")
atan	计算栅格中各像元的反正切值	atan("坡度栅格@1") * 180 / 3.14
AtanH	计算栅格中各像元的反双曲正切值	ATanH("坡度栅格@1")
atan2	计算栅格中各像元的反正切值（基于 x,y）	atan2("坡度栅格重分类@1","坡度栅格重分类含0@1")
Exp10	计算栅格中各像元以 10 为底的指数	ln(Exp10("坡度栅格@1"))
Exp2	计算栅格中各像元以 2 为底的指数	ln(Exp2("坡度栅格@1"))
Exp	计算栅格中各像元以 e 为底的指数	ln(Exp("坡度栅格@1")/ Power(10,38))
ln	计算栅格中各像元的自然对数（以 e 为底）	ln("坡度栅格@1")
log2	计算栅格中各像元以 2 为底的对数	log2 ("CO浓度数据@1")
log10	计算栅格中各像元以 10 为底的对数	log10 ("CO浓度数据@1")
Sqrt	计算栅格中像元值的平方根	Sqrt("填洼结果@1")
MAX	对比另一个栅格中的像元值,保留两个栅格中最大的值作为结果	MAX ("土地利用2020年@1","土地利用2018年@1")
MIN	对比另一个栅格中的像元值,保留两个栅格中最小的值作为结果	MIN ("土地利用2020年@1","土地利用2018年@1")
Power	对另一个栅格中的像元值进行乘方运算，将结果作为栅格的值	Power("坡度栅格2@1",2)
Mod	逐个像元地求出第一个栅格数据除以第二个栅格数据的余数（模）	Mod(("坡度栅格重分类@1")*2.3,"坡度栅格重分类含0@1")
Negate	逐个像元地更改输入栅格的像元值符号（乘以 -1）	Negate("坡度栅格2@1")
RoundUp	返回栅格中每个像元的最近的较大整数值（以浮点表示）	RoundUp("坡度栅格@1")
RoundDown	返回栅格中每个像元的最近的较小整数值（以浮点表示）	RoundDown("坡度栅格@1")
Float	将每个栅格像元的值转换为浮点型表达形式	Float("坡度栅格2@1")
Int	通过截断将栅格的每个像元值转换为整型	Int("坡度栅格2@1")
InList	逐个像元来确定第一个输入栅格中的哪些值同样包含在该组的其他输入栅格中。对于每个像元，只要在其他输入栅格之一中找到第一个输入栅格的值，则将该值分配给输出栅格。如果没有找到，则输出像元将为 NoData"	InList("坡度栅格重分类@1",[1,3,5])
0ver	当第一个输入中的像元值不是 0 时，输出值将是第一个输入中相应的像元值。如果该像元值为 0，输出值将是第二个输入栅格对应像元的值	Over("坡度栅格重分类含0@1","坡度栅格重分类@1")
	以逐个像元比较的方式，确定第一个输入的哪些值与第二个输入	Diff("坡度栅格重分类

Diff	的值在逻辑上不同。如果两个输入的值不同，则使用第一个输入的值作为输出。如果两个输入的值相同，则输出为 0	@1","坡度栅格重分类含0@1")
Test	使用逻辑表达式对输入栅格执行布尔评估。如果该表达式评估结果为真，则输出像元值为 1。如果该表达式评估结果为假，则输出像元值为 0	Test("坡度栅格@1","坡度栅格@1">=2)
IsNull	逐个像元来确定输入栅格中哪些值为 NoData。如果输入值为 NoData，则返回 1，否则返回 0	Con(IsNull("坡度栅格重分类空@1") ,0,"坡度栅格重分类空@1")
Con	针对输入栅格的每个输入像元执行 if/else 条件评估	Con("坡度栅格重分类@1" >=3 ,6,7)
setnull	设为空函数”根据指定条件将所识别的像元位置设置为 NoData。如果条件评估为真，则返回 NoData；如果条件评估为假，则返回由另一个栅格指定的值	SetNull("坡度栅格重分类@1" ,"坡度栅格重分类@1","坡度栅格重分类@1" =3)
Pick	位置栅格数据的值用于确定要从输入栅格列表中的哪一个栅格获取输出像元值	Pick("坡度栅格重分类@1",[1,2,3])
Xor	对两个输入栅格影像进行"布尔异或"运算。如果一个输入值为真（非零），而另一个为假（零），则输出为1，其他情况则为0	Xor("坡度栅格重分类@1","坡度栅格重分类@2")

- 计算表达式：使用计算器按钮可以在表达式中输入数值，或者使用运算符、函数等与栅格数据组成栅格计算的表达式，显示在该面板中。
- 输出分辨率：可以设置当前栅格的影像的空间范围以及输出的行列数。
- 坐标系：显示当前选择栅格的坐标系。
- 输出路径：选择输出的文件目录地址或者.tif文件路径，此输出栅格表示计算表达式的结果值。

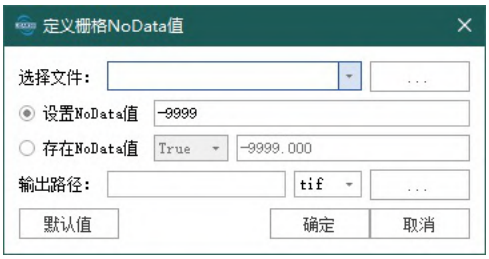
定义栅格**NoData**值

功能概述

修改影像的NoData值。若输入影像有NoData值，则可修改影像文件头中的NoData字段值和相应的像素值，也可只修改影像文件头的NoData字段值。该工具对影像所有波段的NoData执行相同操作，不能对某一个波段执行操作。

用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 定义栅格*NoData*值



参数设置

- 选择文件：选择影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式。
- 设置**NoData**值：设置NoData值，默认为-9999。若原图像中已定义NoData值，则将NoData值设为该值，且原图像对应的NoData像素值一同被修改。若原图像未定义NoData值，则只设置图像的NoData，不修改像素值。
- 存在**NoData**值：
    - **True**：将NoData值设置到影像文件头中，不修改像素值。
    - **False**：清除影像文件头中记录的NoData值，不修改像素值。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成新文件。

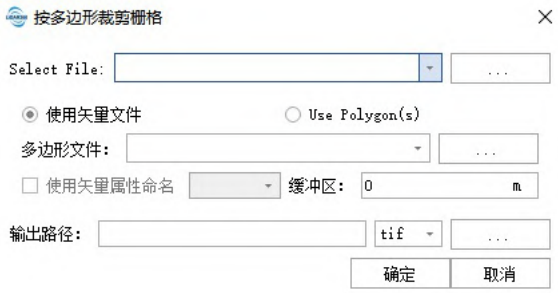
按多边形裁剪栅格

功能概述

使用多边形矢量文件或手动定义多边形两种方式裁切栅格图像。输入影像应有空间参考系。

用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 按多边形裁切栅格



参数设置

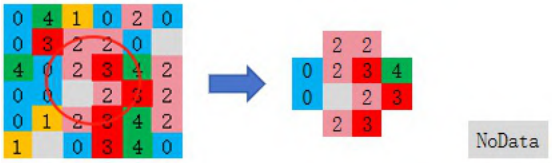
- 选择文件：选择待裁切的影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式。
- **Use Vector File**：使用多边形矢量文件裁切影像。当使用该选项时，需要导入多边形矢量文件。多边形文件中的每一个多边形对应一个裁切结果文件。
  - 多边形文件：指定用于裁切影像的多边形矢量文件，支持shp格式，支持MultiPolygon.
  - 使用矢量属性命名：是否使用属性字段对输出结果命名。
  - 缓冲区：指定用多边形裁切影像时，是否需要对多边形进行缓冲，大于0时，多边形向外侧缓冲生成缓冲多边形，小于0时，多边形向内侧缓冲生成缓冲多边形。
- 使用多边形：通过手动在视图中画多边形来定义多边形的范围，可定义多个多边形范围。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后输出裁切后的影像，可输出tif、tiff、img影像格式。

  > 输出结果不会覆盖同名文件。

按圆形裁剪栅格

功能概述

使用圆形裁切栅格图像。圆形有两种定义方式：一是通过圆心坐标和半径定义；二是通过鼠标在视图中画圆形的方式。当输入影像有NoData时，输出影像中超出多边形范围的像素值使用相同的NoData填充,当输入影像无NoData时，输出影像中超出多边形范围的像素值使用0值填充。输入影像应具有空间参考系。



用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 按圆形裁剪栅格

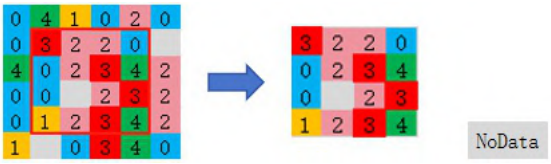
参数设置

- 选择文件：选择待裁切的影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式。
- 中心点**X**：圆心的X坐标。单位同平台单位，不做单位转换。
- 中心点**Y**：圆心的Y坐标。单位同平台单位，不做单位转换。
- 半径：圆的半径。单位同平台单位，不做单位转换。
- ：点击该按钮后，可在当前窗口中实时画圆。单击鼠标左键在当前窗口中选择圆心后，拖拽鼠标会显示实时圆的信息，双击鼠标结束选择，会在界面中显示绘制圆的圆心X,Y坐标值及半径。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的影像，可输出tif、tiff、img影像格式。

按矩形裁剪栅格

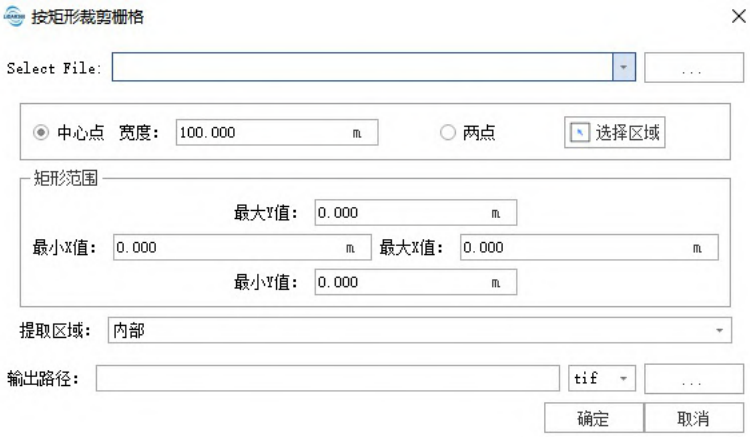
功能概述

使用矩形裁切栅格图像。矩形有两种定义方式：一是通过XY的坐标范围定义矩形范围；二是通过鼠标在视图中画矩形的方式。通过像元的中心来确定该像元是位于矩形的内部还是矩形的外部。如果中心位于矩形轮廓的内部，则即使部分像元位于矩形之外，也会将此像元视为完全处于矩形内部。不在选择区域内的像元将分配一个NoData值。如果输入栅格为整型，那么输出栅格也为整型。如果输入为浮点型，则输出也将为浮点型。输入影像应具有空间参考系。



用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 按矩形裁剪栅格



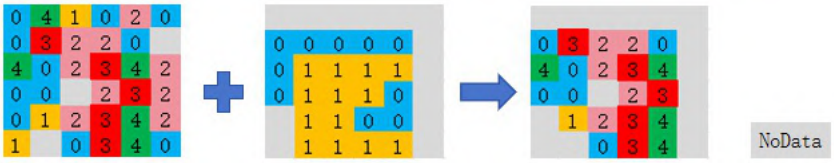
参数设置

- 选择文件列表：选择待裁切的影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式。
- 中心点：根据选择的某一点和区域宽度确定矩形框。
- 宽度：中心点选择区域的半宽。
- 两点：根据选择的某两点确定矩形框。
- 选择区域：点击该按钮后，可在当前窗口中画矩形框。如果是单点选择，使用鼠标在视图中点击选择一个位置，即可根据区域宽度参数确定矩形框信息并显示。如果是两点选择，使用鼠标在视图中点击选择一个位置后，拖拽鼠标显示实时的矩形框，鼠标双击结束矩形选择，会在功能界面中显示矩形框的位置信息。
- 最大**Y**：裁切矩形的最大Y坐标。
- 最小**Y**：裁切矩形的最小Y坐标。
- 最小**X**：裁切矩形的最小X坐标。
- 最大**X**：裁切矩形的最大X坐标。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的影像，可输出tif、tiff、img影像格式。

按掩膜提取栅格

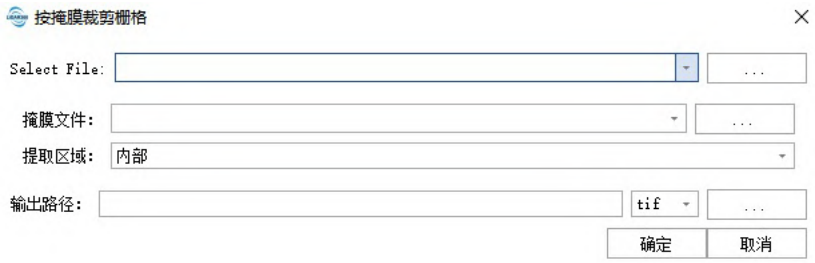
功能概述

使用掩膜图像提取栅格图像。掩膜影像和待提取影像应具有相同空间参考系。当掩膜图像为多波段影像时，将只在运算中使用第一个波段。



用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 按掩膜提取栅格



参数设置

- 选择文件列表：选择待裁切的影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式。
- 掩膜文件：裁切影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式。
- 提取区域：指定裁切范围，选择内部时，若掩膜影像第一个波段的某像元的像素值为有效值，则将该像素位置对应的输入像素写入输出栅格。选择外部时，若掩膜影像第一个波段的某像元的像素值为NoData，则该像素位置对应的输入像素会写入输出栅格。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的影像，可输出tif、tiff、img影像格式。

按属性提取

功能概述

基于逻辑查询提取栅格的像元。输入影像有有DBF属性表时，可按属性字段或像素值进行查询，输出结果不带有属性表；无属性表时，可按像素值查询。

用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 按属性提取

参数设置

- 选择文件：选择待裁切的影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式。
- **Where Clause**：使用SQL查询语句。如果查询语句的求值结果是True，则将为该像元位置的像素值设置为输入影像相应的像元值。如果其求值结果是False，则将为该像元位置的像素值指定NoData，输入影像无NoData时，填充0值。通过添加条件按钮可以组合查询。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的影像，可输出tif、tiff、img影像格式。

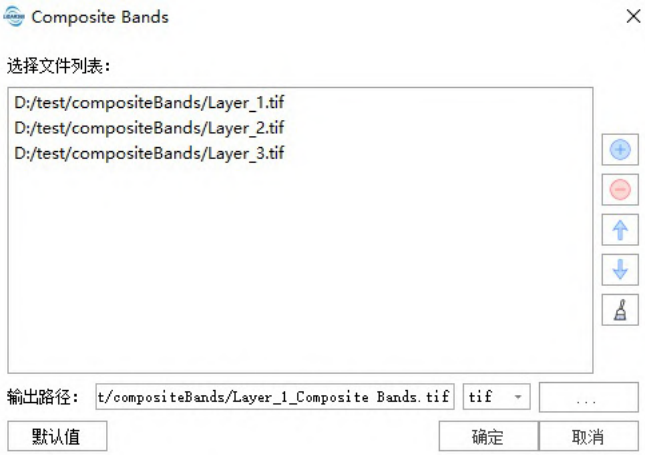
波段合成

功能概述

在一些情况下，会得到同一个地区的多个不同的单波段影像，通过该工具可将其合成到一个多波段的影像中，以创建一个彩色合成图，便于进行数据分析。输入影像可为单波段或多波段影像，输入影像的排列顺序决定它们在输出影像中的顺序。输出影像的尺寸、像元大小同输入列表中第一个影像的尺寸和像元大小。输出影像的空间参考系同输入列表中第一个影像的空间参考，如果第一个影像无空间参考，则使用第二个文件的空间参考系，以此类推。若所有影像均无空间参考系，该功能无法执行。空间参考系不同时，不会进行自动投影，生成的结果会失真。

用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 波段合成



参数设置

- 选择文件列表：添加需要合成的影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式，影像文件可单波段或多波段影像，输入列表至少要包含2个影像文件，至少有一个影像文件带空间参考系。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的影像，可输出tif、tiff、img影像格式。

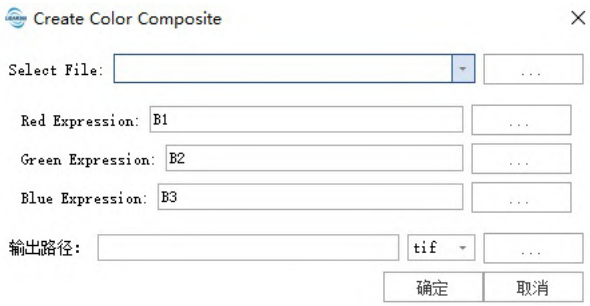
创建彩色合成

功能概述

使用多波段影像创建三波段影像。输出影像的尺寸、空间参考系同输入影像，输出影像的数值类型为单精度浮点型，输出各波段的NoData设置为-3.4028235e38。输入影像应有空间参考系。

用法

点击数据管理 > 栅格工具 > 创建彩色合成



参数设置

- 选择文件：添加影像，支持tif、tiff、dat、img等常用图像格式，影像文件可单波段或多波段影像，输入影像应有空间参考系。
- 红色表达式：使用波段ID的代数表达式，支持的运算符为一元运算符：加号 (+)、减号 (-)、乘号 (*) 和除号 (/)。波段ID为波段编号（例如 B1、B2 或 B3）。该表达式的结果将作为输出三波段影像的第一个波段。
- 绿色表达式：使用波段ID的代数表达式，支持的运算符为一元运算符：加号 (+)、减号 (-)、乘号 (*) 和除号 (/)。波段ID为波段编号（例如 B1、B2 或 B3）。该表达式的结果将作为输出三波段影像的第二个波段。
- 蓝色表达式：使用波段ID的代数表达式，支持的运算符为一元运算符：加号 (+)、减号 (-)、乘号 (*) 和除号 (/)。波段ID为波段编号（例如 B1、B2 或 B3）。该表达式的结果将作为输出三波段影像的第三个波段。
- 输出路径：输出文件路径，功能执行后输出裁切后的影像，可输出tif、tiff、img影像格式。

模型工具

- 模型平滑
- 合并3DTiles
- 合并LiBIM

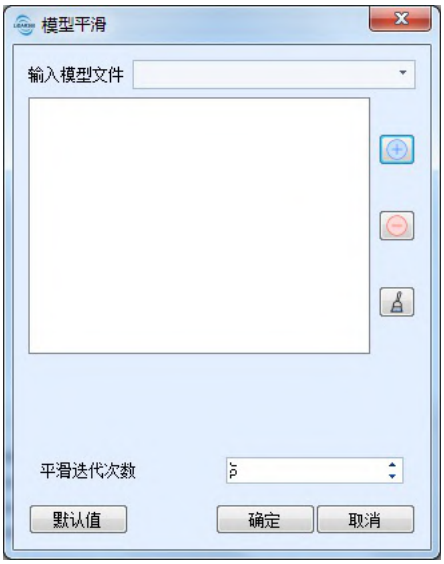
模型平滑

功能概述

对三角网模型进行平滑操作。

用法

点击数据管理>模型工具> 模型平滑，弹出参数设置界面，选择数据设置参数执行。



参数设置

- 输入数据： 从当前工程目录选择或从文件夹选择要平滑的模型数据文件
- 平滑迭代次数：执行平滑迭代的次数，越大模型越平滑耗费时长越长。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

合并3D Tiles

用于合并多个3D Tiles文件根节点。

用法

点击数据管理> 模型工具 > 合并*3D Tiles*。

参数设置

- 文件列表：输入需要合并的3dtiles根节点.json文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，生成合并后的3dtiles文件。

合并**LiBIM**文件

用于合并多个LiBIM文件。

用法

点击数据管理> 模型工具 > 合并*LiBIM*文件。

参数设置

- 文件列表：输入需要合并的.LiBIM文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成合并后的LiBIM文件。

投影与坐标转换

提供对点云数据进行各种不同的坐标转换，如重投影，高程调整等。同时提供坐标转换的解算和定义，如计算七参数，四参数等。

- 定义投影
- 重投影
- 坐标转换
- 转换投影面高程
- 高程调整
- 转换关系计算
- 大地水准面拟合
- ASCII重投影
- 3D Tiles重投影
- 数据配准
  - 点对配准
  - 旋转和平移
  - ICP 配准
  - 定义 UCS

定义投影

功能概述

对点云数据定义坐标参考系。坐标参考系一般包括地理坐标（一般是经纬度坐标）、地心坐标和投影坐标（通过投影转换成的平面坐标）。此功能只支持为点云定义投影坐标系。

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > 定义投影

参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个数据文件，支持格式为点云、栅格、矢量、模型。文件格式：*.LiData*、.tiff、*.shp*、.gpkg、LiTree、LiBIM、obj。
- 当前文件坐标系：显示当前点云定义的坐标系统名称。
- 目标坐标系：显示当前设置的坐标系名称，支持自定义设置坐标系名称。
- 详细：显示当前设置的坐标系的详细信息。
- 添加坐标系：用户可从外部添加坐标系或者自定义坐标系，LiDAR360软件提供了三种添加外部坐标系方式：
  - 添加地理坐标系
  - 添加投影坐标系
  - 添加垂直坐标系
- 过滤：用户需要输入定义的坐标系，通过输入坐标系关键字，可以从 世界坐标系 列表中筛选出对应坐标系（例如：要设置点云坐标系为WGS 84 / UTM Zone 49N，可以在过滤选项中输入UTM 49N快速进行筛选，或者输入其EPSG编号：32649，实现快速查找）。也可以点击添加坐标系按钮从外部导入坐标系。

- 选择坐标系：选择需要设定的坐标系，可以从默认坐标系中选取，也可以选择自定义坐标系。首先先在水平标签页选择水平坐标系，此时垂直坐标系默认为椭球高。如果需要定义垂直坐标系，可以切换到垂直标签页选择垂直坐标系，两者共同构成一个组合坐标系。坐标系选择界面包含以下节点：
  - 最近：记录最近使用过的坐标系。
  - 收藏：加入收藏的坐标系。
  - 投影坐标系：包括了所有默认的投影坐标系。
  - 地理坐标系：包括了所有默认的地理坐标系。
  - 用户定义坐标系：包括了所有自定义坐标系。
  - 预设坐标系：系统预设的区域性坐标系。
  - 图层：包括了已加载数据的坐标系。
  - 垂直坐标系：包括了所有默认的垂直坐标系。
  - 用户定义垂直坐标系：包括了所有自定义垂直坐标系。
  - 图层：包括了导入数据的坐标系，根据坐标系名分组。

  > 右键单击任意坐标系，在弹出的菜单中选择收藏功能，即可将选择的坐标系添加进收藏。右键收藏的坐标系，选择从收藏移除功能，可以将坐标系移出收藏。
  >
  > 右键单击任意自定义坐标系，选择删除功能，可以删除自定义坐标系。如果删除的自定义垂直坐标系在自定义组合坐标系里被使用，会提示是否同时删除组合坐标系。选择是则将这些坐标系全部删除，选择否则不会进行删除操作。
  >
  > 右键单击任意坐标系，选择复制并修改功能，可以修改坐标系参数，并保存为自定义坐标系。此时会将当前选择的坐标系参数填入对应修改界面中。具体设置参考本页面添加坐标系部分。

- 设置大地水准面模型：在垂直标签页可以设置垂直坐标系的大地水准面模型。如果需要使用此选项，则需要提供垂直基准格网数据，方法参考下节垂直基准格网数据。目前该设置项有以下三种情况。
  - 未设置此选项时，如果提供了垂直基准格网数据，进行坐标转换时会自动搜索使用合适的大地水准面模型，如未提供则在坐标转换时不使用大地水准面模型（除软件安装包默认提供的EGM2008模型外）。
  - 如果选择的垂直坐标系可以使用默认支持的大地水准面模型，可以在下拉列表中选择，进行坐标转换时会指定使用该模型。目前LiDAR360软件默认支持的大地水准面模型可以参见大地水准面模型一页。
  - 如果需要使用的大地水准面模型并不包含在PROJ官方提供的数据压缩包里，可以将需要使用的模型文件放置进软件安装目录下geoid文件夹下，然后右侧添加大地水准面模型按钮添加该文件（支持tiff和gtx格式），该模型会加入到下拉列表中，选择添加的模型后，在坐标转换过程中会使用该自定义大地水准面模型。

    > 如果选择的大地水准面模型的坐标范围与点云坐标转换后的坐标范围不匹配，则该模型不会生效。

- 所选的坐标系：用户所选的坐标系的信息将显示在此。
- 点击确定后，代表该投影的WKT信息将写入LiData。

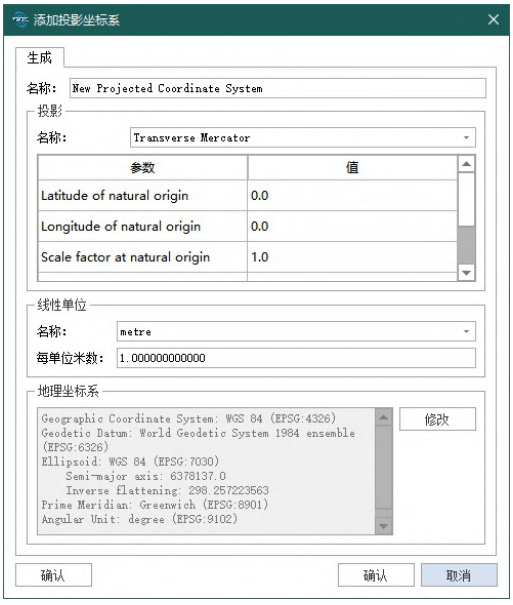
垂直基准格网数据：使用大地水准面模型需要提供垂直基准格网数据才能进行有效转换。 软件中默认提供EGM2008大地水准面模型高程转换。 如果需要支持其他区域大地水准面模型， 则需要下载相应的格网数据文件。格网文件均由PROJ库官方提供， 这里提供proj-data-1.8下载， 也可在官网https://proj.org/download.html下载最新版的proj-data数据。 下载后将文件解压至软件安装目录下geoid文件夹内， 默认在C:\Program Files\GreenValley Suite\LiDAR360\5.0.0.0\geoid， “5.0.0.0”为版本号， 不同版本会有差异。对于不包含在此数据包内的模型数据，可以将需要添加的垂直基准格网数据拷贝至geoid文件夹下，然后根据设置大地水准面模型一节中的方式进行设置。请从 https://cdn.proj.org/ 下载相应的 geoid 文件（TIF 格式），并将其复制到软件安装目录的 geoid 文件夹，使用过程中请严格遵守内容提供方的要求，并遵守该等内容所来源地区的所有适用法律。

> 注意：自定义大地水准面模型一定需要放置到geoid文件夹下才可以生效。

添加地理坐标系

- 名称：用户可以自定义一个地理坐标系名称。
- 基准面：
  - 名称：用户可以自定义一个基准面名称也可以从下拉列表中选择一个已知的基准面。
  - 椭球体：若用户从下拉列表中选择基准面，椭球体参数不需要用户输入。
    - 名称： 椭球体的名称。
    - 长半轴： 椭球体长半轴。
    - 扁率的倒数： 椭球体扁率的倒数。
- 角度单位：
  - 名称：用户可以自定义角度单位名称，或者可以下拉列表中选择角度单位名称。
  - 每单位弧度：定义地理坐标系中每单位弧度。
- 中央子午线：
  - 名称：用户可以自定义中央子午线名称，或者从下拉列表中选择中央子午线名称。
  - 经度：输入中央子午线经度。

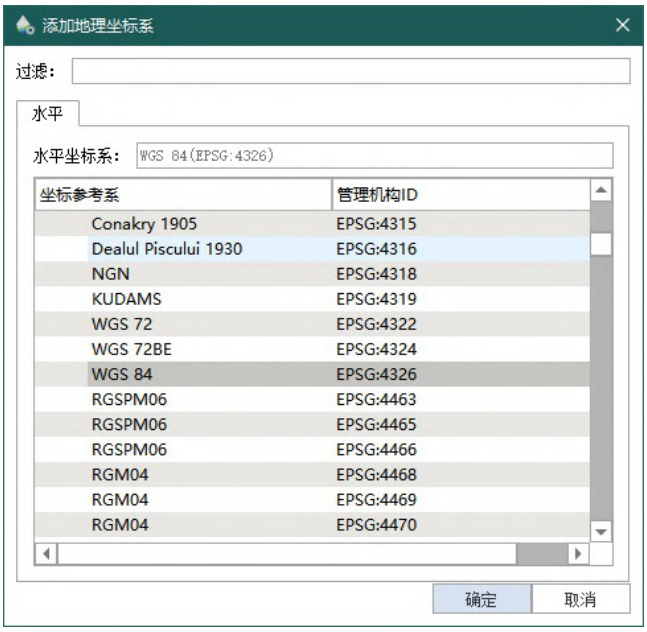
添加投影坐标系



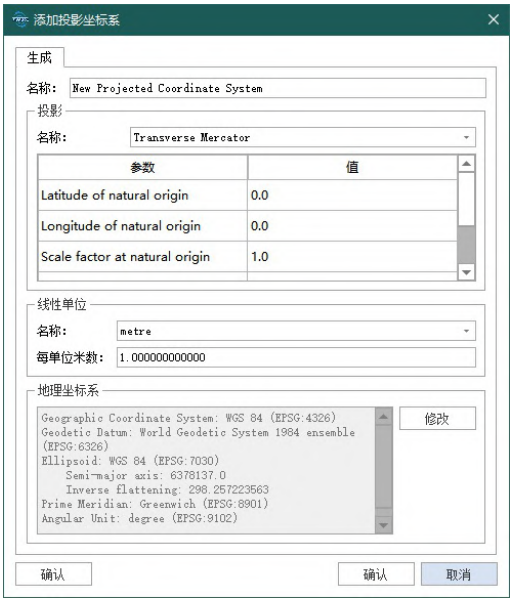
- 名称：用户可以自定义一个投影坐标系名称。
- 投影：
  - 名称：用户可以自定义一个投影名称也可以从下拉列表中选择一个已知的投影。需要注意的是，用户自定义投

影需要从下拉列表中选择一个投影模板进行修改。

- 线性单位：
  - 名称：用户可以自定义线性单位名称，或者从下拉列表中选择线性单位名称。
  - 每单位米数：输入每单位米数。
  - 地理坐标系统：用户可以点击修改以选择地理坐标系。
  - 修改：用户点击修改按钮会弹出以下对话框，进行地理坐标系的修改操作。用户可以通过过滤操作筛选出需要的坐标系。支持选择默认地理坐标系和自定义地理坐标系。

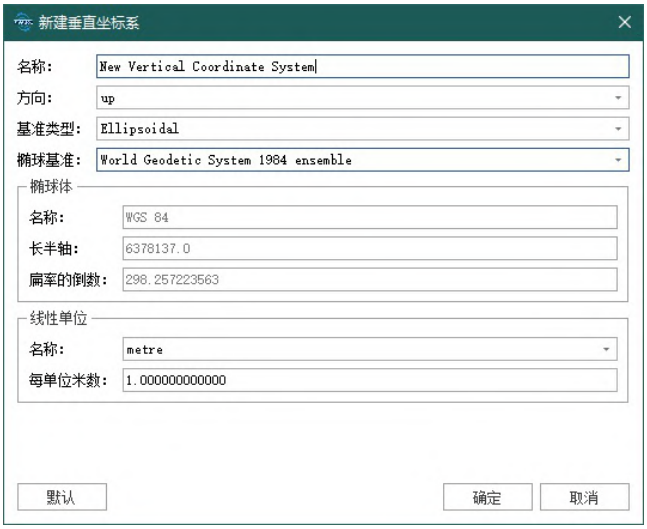


添加垂直坐标系



- 名称：用户可以自定义一个垂直坐标系名称。
- 方向：设置坐标轴的方向是向上还是向下。
- 基准类型：设置垂直坐标系的基准类型。Ellipsoidal为椭球基准，Gravity-related为重力场基准。
- 椭球基准：当基准类型设置为Ellipsoidal时，可以通过此选项设置椭球基准。选择后椭球参数将会自动填入下方椭球体参数列表内。
- 垂直基准：当基准类型设置为Gravity-related时，可以通过此选项设置垂直基准。
- 线性单位：
  - 名称：用户可以自定义线性单位名称，或者从下拉列表中选择线性单位名称。
  - 每单位米数：输入每单位米数。
  - 地理坐标系统：用户可以点击修改以选择地理坐标系。

- 默认：恢复默认参数。


新建垂直坐标系
名称:
New Vertical Coordinate System
方向:
up
基准类型:
Ellipsoidal
椭球基准:
World Geodetic System 1984 ensemble
椭球体
名称:
WGS 84
长半轴:
6378137.0
扁率的倒数:
298.257223563
线性单位
名称:
metre
每单位米数:
1.000000000000
默认
确定
取消

重投影

功能概述

可对点云进行投影转换，包括地理坐标系和投影坐标系之间的互相转换。 不同的地理坐标系互相转换时，由于采用的椭球体和基准面有差异，因此，会涉及到椭球体之间的转换，LiDAR360中提供七参数转换模型。

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > 重投影

参数设置

- 输入数据：输入一个或多个数据文件，支持多种数据类型，包括点云文件(.LiData)、栅格文件(.tiff)、矢量文件(.shp .gpkg)、模型文件(.LiBIM .LiTree .obj)。可以通过下拉框选择已加载至平台的数据文件，也通过右侧按钮加载、移除数据。
- 当前文件坐标系：显示当前选择数据的坐标系统名称。
- 目标坐标系：显示选择的目标坐标系统名称。
- 过滤：用户需要输入重投影的坐标系，通过输入坐标系关键字，可以从 世界坐标系 列表中筛选出对应坐标系（例如：要设置点云坐标系为WGS 84 / UTM Zone 49N，可以在过滤选项中输入UTM 49N快速进行筛选，或者输入其EPSG编号：32649，实现快速查找），也可以点击添加坐标系按钮从外部导入坐标系。
- 目标坐标系：详情参考定义投影，仅支持输出投影坐标系。
- 转换方式：在选择完目标坐标系后，会将最适合的投影方式填入该栏中。点击右侧选择按钮可以手动选择转换方式。在弹出的对话框中，会将所有支持的转换方式列出以供选择，选择后会将详细信息列出，包括转换名称、需要的坐标转换文件、精度、使用范围和机构号。如果未找到需要使用的坐标转换文件，文件名会标红，需要将数据文件下载并放置到程序安装目录的geoid文件夹下，具体操作参考定义投影的垂直基准格网数据一节。

  > 通常情况下推荐使用自动投影方式。

> 注意：只有在所有输入数据的坐标系都相同时才允许选择转换方式。
>
> - 七参数设置：选中 使用七参数 选项，点击 创建 按钮，可以创建七参数转换关系。可参考创建转换关系。

> - 输出路径：输出文件路径，功能执行后生成的新文件。
>
> 注意：重投影的数据必须已经有投影信息。在数据列表中选中数据，其投影信息将显示在当前文件坐标系中。

坐标转换

功能概述

LiDAR360软件支持多种坐标转换方法，用户可根据需要选择或自定义一种转换类型进行数据转换。

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > 坐标转换

步骤

1. 输入数据：输入一个或多个数据文件。目前支持的数据格式有表格数据(*.csv*,.treedb)、模型数据(*.obj*,.LiBIM)、Lidata以及矢量数据(*.shp*, .gpkg,*.dxf)。
2. 选择或自定义转换关系：可参考创建转换关系。
3. 输出路径：输出文件夹路径，算法执行后生成坐标转换后的新文件。

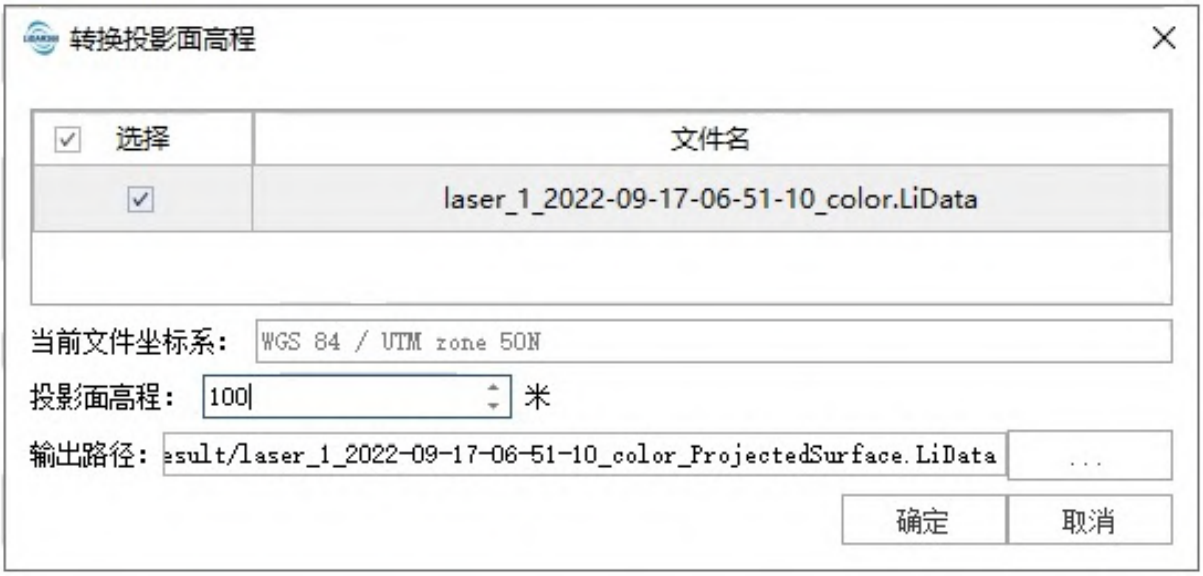
转换投影面高程

功能概述

对于高斯投影和UTM投影，当投影区域离投影带中央经线较远时，长度变形值会增加。可以使用转换投影面高程功能减少长度变形。

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > 转换投影面高程



步骤

1. 输入点云数据：输入一个或多个带投影信息的点云数据文件。文件格式：*.LiData。点击点云文件可以在界面上显示该点云的坐标系。

   > 仅支持水平坐标系为高斯投影或者UTM投影的点云文件。

2. 设置投影面高程：设置投影面高程，正值为高于椭球面的距离，负值为低于椭球面的距离，单位为米。
3. 输出路径：输出文件夹路径，算法执行后生成坐标转换后的新文件。

原理

1. 计算点云所在测区的地球曲率半径Ra。式中其中a为椭球长半轴，e为椭球偏心率，B为点云所在测区的平均纬度。

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 sin^2 B)^{1/2}}$$
$$M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 sin^2 B)^{3/2}}$$
$$R_a = \sqrt{MN} = \frac{a\sqrt{(1 - e^2)}}{1 - e^2 \frac{1 - cos(2B)}{2}}$$

2. 计算缩放系数q。式中Hb为设置的投影面高程参数。

$$q = \frac{H_b}{R_a}$$

3. 计算修正坐标，式中Xc、Yc为修正后的坐标，X、Y为原始坐标，X0、Y0为坐标系的投影中心坐标。

$$
\begin{aligned}
x_c &= x + q(x - x_0) \\
y_c &= y + q(y - y_0)
\end{aligned}
$$

高程调整

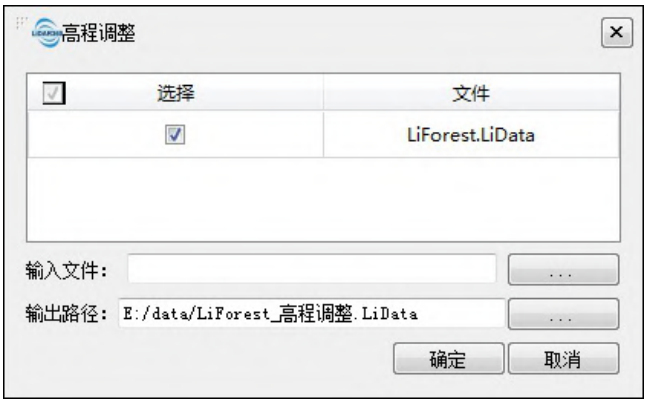
功能概述

原始激光数据的高程值通常使用椭球高表示。通常，这些值需要转换为局部高程系统或当地高程系统的值。对于较大的区域，高程值的调整不能定义为一个数学公式。因此，需要对高程调整模型进行定义，方法是将已知控制点数据构建三角网模型，使用高度系统之间的高程异常值进行局部点插值修正。调整后的数据可根据3D控制点报告工具检查高程调整结果。

建议使用包含完整项目区域的控制点数据调整模型，从而为项目边界提供更精确的高程信息。

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > 高程调整



参数设置

- 输入点云数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集。
- 输入文件：用户需要输入控制点调整模型文件，由3D控制点报告工具可生成该文件数据。
- 输出路径：输出调整后的点云数据。

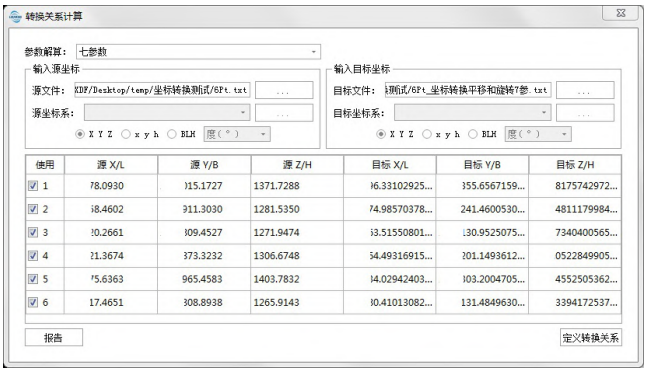
转换关系计算

功能概述

此功能基于控制点对计算出所需的转换关系，并可以将解算出的转换关系保存到历史文件中供再次使用。目前支持四参数和七参数的解算。

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > 转换关系计算



参数设置

- 参数解算：参数解算的方法，支持四参数 和 七参数。
- 源/目标 坐标文件：输入控制点源坐标文件，格式可参考七参数解算控制点文件格式。
- 源/目标坐标系：当坐标形式选择了 **x y h / BLH** 时可以进行坐标系选择，可参考定义投影。
- 源/目标坐标形式：
  - **X Y Z**（地心坐标系）：输入的数据在投影坐标系或地心坐标系下时可选择此项，此时无法选择“源/目标坐标系”。直接计算源坐标与目标坐标之间的七参数变换。若用户选择了 四参数 则强制切换为 **X Y Z**。
  - **x y h / BLH**：输入数据在投影/地理坐标系下时选择此项，此时需要选择“源/目标坐标系”。选择完成后将根据所选的坐标系自动进行一次切换。选择BLH时可以选择角度值的表示形式，目前支持“度”和“度：分：秒”。
    - **x y h**: 将根据用户所选的投影坐标系将“源/目标坐标”投影到地理坐标，再根据投影坐标系中的椭球信息将地理坐标转到地心坐标系下，最后求解两地心坐标系之间的七参数。
    - **BLH**: 用户需要选择“地理坐标系”，程序根据该地理坐标系中的椭球信息将该坐标转到地心坐标系下，最后求解两地心坐标系之间的七参数。
- 报告：解算转换关系并生成报告，报告中含有解算出的转换关系参数以及各个控制点的反投影误差。报告可以另存为HTML和ASCII格式。
- 定义转换关系：参考创建转换关系。

七参数解算

根据输入对应的三个及以上控制点对，利用布尔沙模型解算坐标系之间转换的七参数，即三个平移参数dx（米），dy（米），dz（米），三个旋转参数rx（秒），ry（秒），rz（秒）与一个缩放比例m（ppm），计算公式如下： 布尔莎七参数的公式可写为如下的形式：

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_A & 0 & -Z_A & Y_A \\ 0 & 1 & 0 & Y_A & Z_A & 0 & -X_A \\ 0 & 0 & 1 & Z_A & -Y_A & X_A & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \\ m \\ rx \\ ry \\ rz \end{bmatrix}$$

转换成方程式组，即：

$$\begin{cases} X_B = dx + mX_A - ryZ_A + rzY_A \\ Y_B = dy + mY_A + rxZ_A - rzX_A \\ Z_B = dz + mZ_A - rxY_A + ryX_A \end{cases}$$

式中有七个未知量，如果有三组已知点，则按照上述形式可以构建9组方程，即可利用最小二乘法求得七个参数的值。七参数详细说明可参考参考创建转换关系。

四参数解算

根据输入对应的两个及以上控制点对，解算坐标系之间转换的四参数，包括两个平移参数dx，dy，一个旋转参数T，一个缩放比例K。四参数详细说明可参考参考创建转换关系。

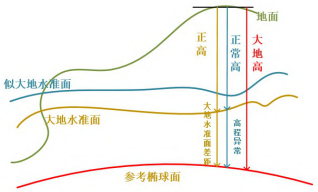
3D仿射变换解算

根据输入对应的四个及以上控制点对，解算坐标系之间转换的3D仿射变换参数参数，即三个平移参数dx（米），dy（米），dz（米），三个旋转参数rx（秒），ry（秒），rz（秒）与三个缩放比例mx（ppm），my（ppm），mz（ppm）3D仿射变换参数详细说明可参考参考创建转换关系

大地水准面拟合解算

功能概述

测量学中主要涉及三个高程基准面：地球的物理表面-大地水准面、地球的数学表面-参考椭球面，还有一个抽象的曲面-似大地水准面。这三个高程基准面分别对应三个常用的高程系统，分别为：正高高程系统、大地高高程系统、似大地高高程系统（正常高系统）。这几个高程基准面的关系如下图所示。目前中国使用的高程系统为正常高系统，而GPS高程通常是大地高高程系统。由于参考椭球面与似大地水准面不重合，大地高与正常高之间就存在一个高程异常。所谓的GPS高程拟合就是求取高程异常进而求取正常高，建立似大地水准面的过程。解析内插法是高程拟合最常用的方法。主要思想是把似大地水准面用曲面近似拟合，建立所在测区内最为接近的似大地水准面，以此计算测区内任一点的高程异常。但解析内插法要求内插一点时用到的联测点高差不能过大，且两点之间的距离不能过长，否则无法真实反映这些点之间的地形起伏状况。

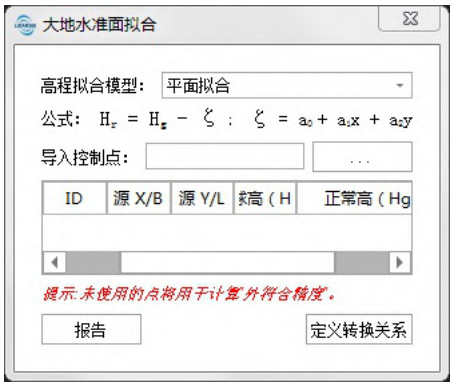


高程拟合功能主要是利用大地高和正常高解算高程异常的过程。LiDAR360目前支持四种高程拟合方法。分别为平面拟合、线性插值、二次曲面拟合和三次曲面拟合。选择这几种数学模型时，首先要考虑GPS点（控制点）的分布情况以及地形条件。根据所使用的方法和公式不同，高程拟合所需要的最少控制点个数也各不相同。这四种方法均按最小二乘解算出拟合参数。

- 平面拟合。至少需要3对控制点。在小范围或平原地区可使用平面拟合方法，利用少量控制点快速获得所需参数。
  - 平面拟合公式为 $\zeta = a0 + a1x + a2y$;
- 线性插值。至少需要4对控制点。若GPS点呈线状分布，且沿线的似大地水准面为一条连续且光滑的曲线时可使用此方法。但使用此方法时，所测线路不能太长（通常控制在300米以内）。若拟合范围太大，点位的高程异常变化就越复杂，所造成的拟合误差也就越大。
  - 线性插值公式为 $\zeta = a0 + a1x + a2x^2 + a3x^3$;
- 二次曲面拟合。至少需要6对控制点。在小区域GPS网内，将似大地水准面看成二次曲面，将高程异常表示为平面坐标（x,y）的二次函数。然后通过最小二乘拟合出各个参数。
  - 二次曲面拟合公式为 $\zeta = a0 + a1x + a2y + a3xy + a4x^2 + a5y^2$;
- 三次曲面拟合 至少需要10对控制点。原理类似于二次曲面拟合，将高程异常表示为平面坐标（x,y）的三次函数。
  - 三次曲面拟合公式为 $\zeta = a0 + a1x + a2y + a3xy + a4x^2 + a5y^2 + a6x^2y + a7xy^2 + a8x^3 + a9y^3$;

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > 大地水准面拟合



参数设置

- 高程拟合模型：可以在下拉菜单中选择上述的四种高程拟合模型。切换模型后，该模型所使用的公式也会切换并显示在界面上。
- 导入控制点：导入 ASCII 格式的控制点文件。控制点文件至少需包含四列，分别为 X、Y、大地高、正常高。导入后，控制点将以表格形式显示在界面上。第一列为“是否是检查点”，勾选后该控制点仅用于检核，不参与拟合。参与拟合的控制点数量必须满足所选高程拟合模型的最小控制点数量要求。参与拟合的控制点用于计算“内符合精度”，检查点用于计算“外符合精度”。内、外符合精度使用相同公式：μ = sqrt([VV] / (n - 1))。
- 报告：利用控制点进行高程拟合并将拟合结果与精度评定结果显示在界面上，该报告可以另存为html格式。
- 定义转换关系：利用控制点进行高程拟合并将拟合结果保存，供下次使用。参考创建转换关系。

3D Tiles重投影

功能概述

转换3D Tiles数据的坐标，主要用于将非WGS84地心地固坐标系的模型转换到3D Tiles标准格式支持的坐标系（默认EPSG:4978）。

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > *3D Tiles*重投影

参数设置

- 输入**3D Tiles**文件：输入3D Tiles数据文件。
- 坐标变换
  - 投影：
    - 源投影：设置输入数据的坐标系。
    - 目标投影：选择输出数据的坐标系，默认为EPSG:4978。
    - 转换方式：可选运算和七参数，参考重投影。
  - 坐标转换：用户可以为点云定义和应用七参数、四参数、3D仿射变换、XYMultiply、线性变换等坐标转换关系。可参考创建转换关系。
- 输出路径：输出转换后的3D Tiles数据到指定路径。

数据配准

功能概述

数据配准功能支持用户对点云、模型、栅格等数据进行配准操作。

步骤

1. 新建一个窗口，将待配准的数据和参考数据（如果有的话）拖入到这个窗口中。点击数据配准工具，弹出以下对话框窗口。根据视图中的数据情况，显示哪些配准功能可用，图标灰色为该配准不可用。

在选择控制点作为参考文件的情况下，只支持点对配准，支持使用标靶进行控制点识别。

1. 在弹出的对话框中选择配准窗口，选择待配准点云，若有参考点云，则选择参考点云。在配准页中选择相应的配准功能，包含如下：

- 定义UCS
- 旋转和平移
- 点对配准
- ICP配准

选择工具

可以使用选择工具在参考或待配准点云数据上选择参与ICP配准的数据范围，具体使用是，在ICP配准状态时，勾选使用所选范围选项可利用选择区域的数据进行配准。

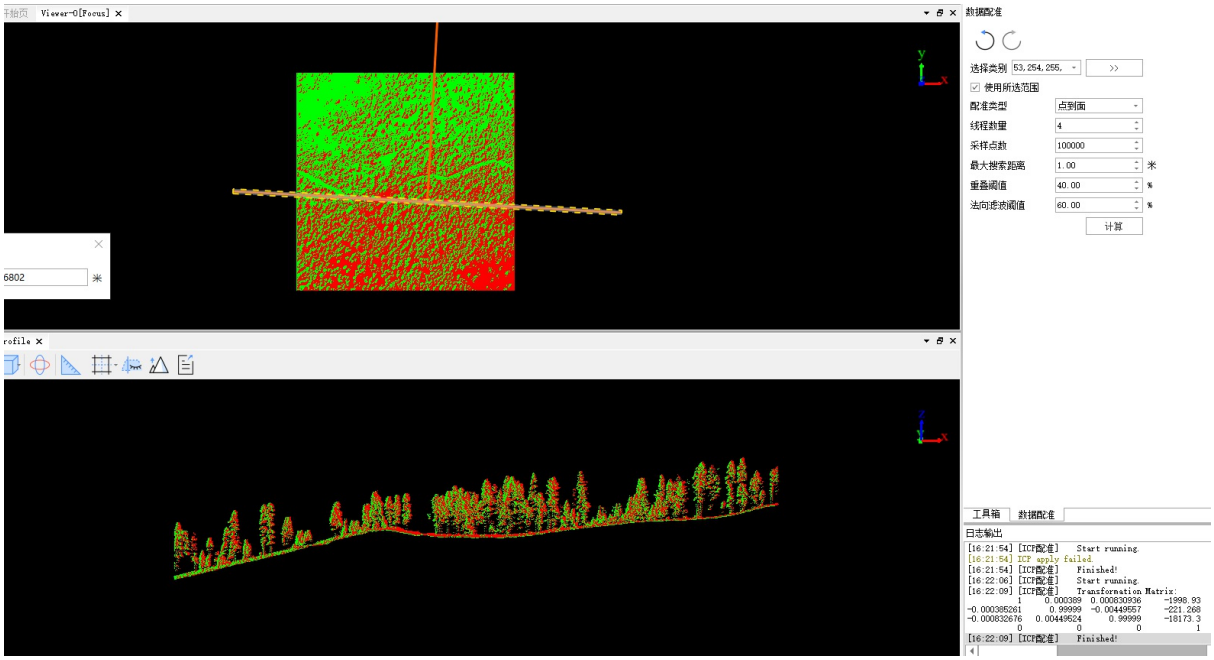
变换矩阵工具

- 显示变换矩阵：手动旋转和平移、手动选点匹配、ICP配准三个配准工具均会得到一个变换矩阵。显示变换矩阵功能可展示该变换矩阵的内容。
- 加载变换矩阵：从外部文件中加载变换矩阵的内容。
- 保存变换矩阵：将变换矩阵的内容保存至文件。

其他通用功能

- 应用变换：对待配准数据按照变换矩阵做变换，生成完成配准的结果文件。
- 选择参考文件：若在进入到数据配准时，没有选择参考文件，则可以通过此功能进行设置，不支持切换参考文件的切换。
- 退出：退出数据配准工具。

在配准状态时，支持[剖面查看][../../ProfileEditing/ProfileView.md]查看待配准数据的配准情况。



> 注意:

1、至少有一个窗口（剖面窗口除外），并且窗口中至少有一个点云数据才能激活该功能；

2、当配准窗口中只有一个点云或者模型数据时，只能进行定义UCS以及旋转平移配准；

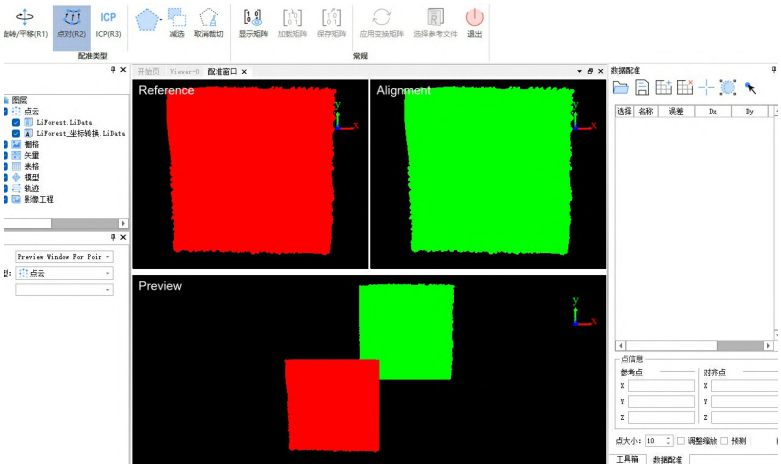
3、当配准窗口中包含影像数据时，只能进行点对配准；

4、ICP配准必须设置待参考文件；

5、点对配准必须设置参考文件，在无参考文件的情况下，可使用导入控制点作为参考点。

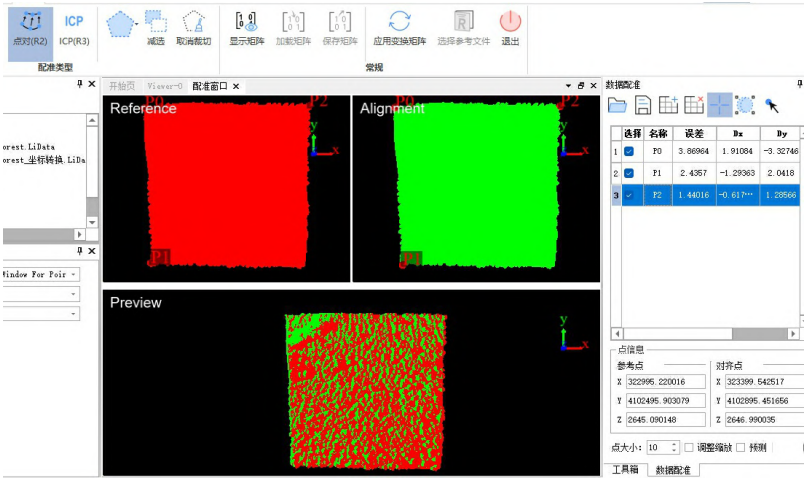
点对配准

点对配准工具可用于点云、影像、模型数据之间的数据校正。点击“点对配准（R2）”按钮，进入到点对配准工具，主视图被切分，其中左上视图内包含参考数据，右上视图内包含待配准数据，下方视图为配准结果预览视图。同时软件右上部分弹出手动选点匹配工具栏。



通过参考文件点对配准步骤

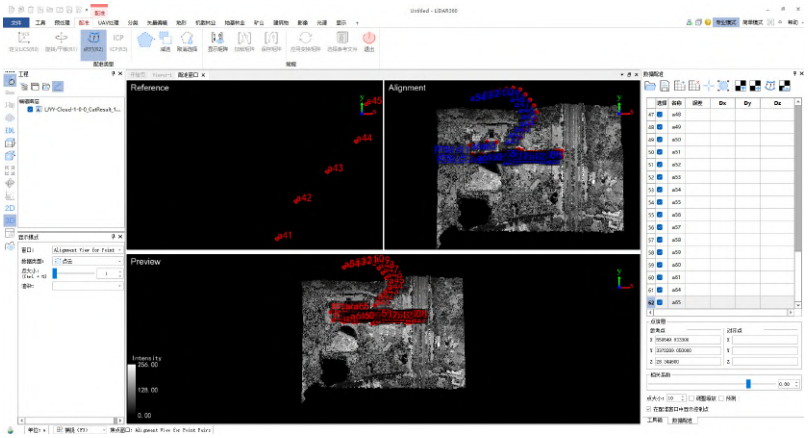
1. 在两个窗口中点选或拟合球（针对点云数据）得到至少三对同名点数据，通过同名点对计算两个数据之间坐标变换矩阵进行数据的坐标校正。通过点选点对，用户可在同名点对列表中查看数据之间的残差。



2. （可选）用户可点击打开数据从外部加载已知的同名点对，若如此，则可以跳过4、5、6步骤。
3. 点击选择同名点或点选标靶球，在参考窗口和待配准窗口各选一个点作为同名点。
4. 选择好一对同名点后，点击增加点对行数按钮，增加一个空行。
5. 重复3、4步骤，选择至少三对同名点对。
6. （可选）若用户不需要某一行同名点对参与坐标变换，有两种方式可满足要求：（1）在列表中将该行勾选掉；（2）可点击删除同名点对删除残差较大的点对。
7. （可选）若某一对同名点对残差较大或想要修正该点对坐标，有两种方式可满足该要求：（1）用户可选中列表中该行同名点对，在参考窗口或待配准窗口中重新选择该点；（2）双击想要修改的坐标值进行直接修改。
8. （可选）用户想要查看某一同名点对时，可双击列表中某行同名点对，该同名点对会跳转在窗口中居中显示。
9. （可选）点击保存数据保存选择好的同名点对。

通过控制点做为参考文件点对配准步骤

1. 点击 打开控制点数据，控制点信息在参考窗口及配准窗口显示，可勾选是否显示控制点在配准窗口中显隐控制点信息。在表格中选择相应控制点，并在配准窗口中选取同名点，通过同名点对计算两个数据之间坐标变换矩阵进行数据的坐标校正。通过点选点对，用户可在同名点对列表中查看数据之间的残差。



其他操作与通过参考文件点对配准步骤一致。

若勾选使用标靶选项，增加标靶识别功能。

手动选择标靶：在Alignment窗口中的点云上点选标靶中心位置，根据点云的强度信息，进行标靶识别。对于识别失败的标靶，可调整相关系数后，点选标靶中心再次识别。需要至少选择5个标靶点后，进行自动对齐标靶功能。靶标点的选择应尽量避免多个靶标处于同一直线，以及避免多个等边三角形的清空。
自动对齐选择标靶：手动选择临时标靶后，点击该功能，自动识别标靶与导入控制点的部分点的匹配关系，并重命名已选择的标靶名称为控制点名称。
手动调整标靶位置：对于已经识别好的标靶，点击该按钮，选择表格中需要修改的标靶，在弹出的界面上进行标靶位置的微调。
自动识别标靶：根据自动对齐的标靶与控制点信息，根据剩下的控制点坐标，利用点云的强度，自动识别并精确定位距控制点最近的标靶中心点。自动计算出其他靶标中心位置信息。 ### 工具栏 ###

在工具栏上方，各个按钮从左到右依次为：打开数据、保存数据、增加点对行数、删除同名点对、选择同名点、点选标靶球。

打开数据：从外部导入已有的同名点列表文件，同名点对格式详见附录。

保存数据：保存所选同名点列表为txt文件。

增加点对行数：在选择好一对同名点后，增加下一对同名点需要先点击该按钮在表格窗口中增加一行。

删除同名点对：用户想要删除某一行同名点对，则需要选中该行，点击该按钮。

选择同名点：在参考窗口和待配准窗口中点选对应同名点。

点选标靶球：若点云中使用标靶球进行匹配连接，则可以使用该工具进行点选自动拟合标靶球，同名点坐标为球心坐标。

在工具栏下方，各按钮从左到右依次为点大小、调整缩放、预测。

点大小：在窗口中所选择的点的大小。

调整缩放（默认“不勾选”）：若数据之间尺度不同，需要勾选此项。若不勾选，则认为点云之间为刚性变换，计算出的旋转矩阵中不含有缩放系数，反之则带有缩放系数。

预测（默认为“不勾选”）：勾选该复选框并且同名点对超过三对后，在待配准窗口点选同名点后，则在参考窗口可预测对应点。

旋转/平移

旋转/平移配准用于单个点云或模型数据的旋转和平移。在窗口中对待配准的数据进行旋转和平移操作，得到相应的变换矩阵，通过暂停按钮，可预览数据配准情况，应用此变换后，将得到变换后的数据。

工具

在数据配准界面中，各个按钮从左到右依次为：匹配数据中心、暂停旋转和平移变换、设置旋转中心、恢复到初始状态。

平移及旋转角信息是以旋转中心计算得到的，其中，旋转中心是待配准文件数据的包围盒几何中心点所对应的世界坐标。

匹配中心：在有参考点云的前提下，此功能可用。此功能计算参考点云的中心和待处理点云的中心，并将待处理的点云数据平移到参考数据的位置上。
暂停：暂停待处理数据的旋转和平移操作。在此状态下，可以从各个角度上查看在当前变换下与参考数据之间的差异。
设置旋转中心：点击此功能，弹出对话框，设置旋转中心坐标。
恢复：恢复待处理数据到初始状态，修改旋转变换矩阵为单位阵。
应用变换矩阵：应用变换矩阵后，可以保存对点云进行变换后的结果到原文件或者生成新文件。 变换公式： 已知变换前点的坐标是P0(X0,Y0,Z0)。 变换矩阵M如下：

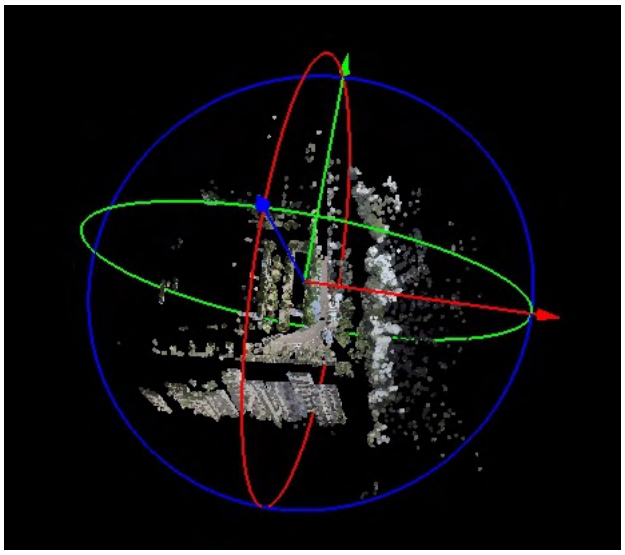
```
a00 a01 a02 a03

a10 a11 a12 a13

a20 a21 a22 a23

a30 a31 a32 a33
```

变换公式为[X1 Y1 Z1 1] = [X0 Y0 Z0 1]*M /(a03*X0 + a13*Y0 +a23*Z0);

变换后坐标值为P1(X1,Y1,Z1)。

TX：勾选此项后，可在X轴上做平移操作。X方向平移量将会在delt X上显示。
TY：勾选此项后，可在Y轴上做平移操作。Y方向平移量将会在delt Y上显示。
TZ：勾选此项后，可在Z轴上做平移操作。Z方向平移量将会在delt Z上显示。
旋转：有X、Y、Z、XYZ四个选项，若选择X，则只能在X轴上进行旋转操作；若选择Y，则只能在Y轴上进行旋转操作；若选择Z，则只能在Z轴上进行旋转操作；若选择XYZ，则在X轴、Y轴、Z轴上都能进行旋转操作。

旋转球工具



1. 如图所示，按住鼠标左键拖拽红色、绿色、蓝色的箭头坐标轴可以实现点云的按X轴、Y轴、Z轴的平移，被拖拽的轴高亮显示；按住鼠标左键拖拽红色、绿色、蓝色的轨迹圆可以实现点云绕X轴、Y轴、Z轴的旋转，被拖拽的轨迹圆高亮显示。

ICP配准

功能概述

通过设置基准点云（或模型）与待配准点云（或模型），利用ICP(Iterative Closest Points)即迭代最近点算法对点云（或模型）进行配准，基本算法过程如下。

假设给两个三维数据 X1 和 X2，ICP方法的配准步骤如下：

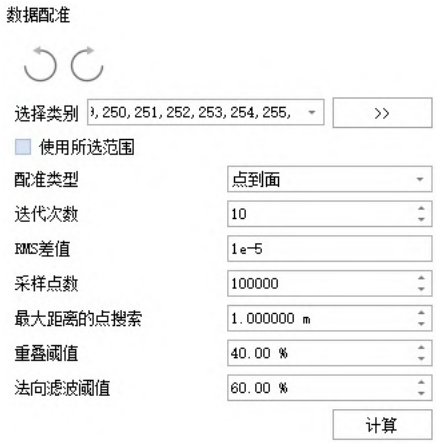
第一步，计算X2中的每一个点在X1数据中的对应近点；

第二步，求得使上述对应点对平均距离最小的刚体变换，求得平移参数和旋转参数；

第三步，对X2使用上一步求得的平移和旋转参数，得到新的变换三维数据（点云或模型）；

第四步，如果新的变换数据与参考数据满足两点集的平均距离小于某一给定阈值，则停止迭代计算，否则新的变换点集作为新的X2继续迭代，直到达到目标函数的要求或满足内置的迭代次数（3次），则停止整个计算过程。

在进入数据匹配工具后，点击“ICP匹配”按钮，进入ICP配准工具，弹出ICP匹配工具栏。若没有参考文件，则会弹出选择参考文件界面进行选择。



参数设置

- 选择类别：参与点云ICP配准的起始类别，默认选择全类别。
- 使用选择区域：可利用页面中的选择工具等选择工具选中点云重叠区域，勾选使用所选范围选项即可利用重叠区域进行配准，不勾选时即利用全局点云进行配准。建议勾选。
- 配准类型：包含点到点与点到面两种类型，前者是通过最小化匹配点之间的欧式距离来估计变换参数，后者则是通过最小化源点与目标点之间的法向（平面）距离进行最优转换矩阵的求解，点云数据中如包含地面、墙壁或其他具有平面特征物体时，应优先使用后者。
- 线程数量（默认为**“4”**）：算法支持多线程加速计算，当该参数设置值大于电脑最大线程数时，算法将默认采用最大线程数运行。
- 采样点数（默认为**100000**）：该参数用于原始数据的降采样，算法将原始点云数据随机采样至指定点数，以获取原始点云的子集，后续将基于该子集进行配准过程。
- 最大点搜索距离（默认为**1m**）：该参数用于近邻搜索构建匹配对。当粗拼精度较低时，例如粗拼后两面墙的距离超过5米时，若将最大点搜索距离设置为1米，则算法无法将两面墙的特征进行关联．导致匹配出错，此时应将最大点搜索距离设置大一些，例如设置为10米、运行一次全局优化，此时会将点云拉近，但是局部细节可能拼接效果不好，然后设置最大点搜索距离为1米进行全局优化，一般推荐优化2~3次即可获得较好的拼接结果。
- 重叠阈值（默认为**40%**）：该参数用于站间近邻搜索时哪些测站进行平差匹配。该参数与最大站间搜索距离联合使用，当两个测站之间的距离小于最大站间搜索距离时，还需要判断两站点云的重叠率是否符合要求，当重叠率大于设定的重叠率阈值时，将这两个测站纳入平差网。

- 法向滤波阈值（默认为**60%**）：该参数用于对提取到的线、面特征进行滤波，算法将保留该参数比例的特征进行计算，该参数越大，参与算法计算的特征越多，优化后效果越好，算法耗时越长。建议该参数大于50%。

> 注意：

1、此功能不支持模型与模型的配准。

2、若待配准文件和参考文件在位置上距离较大，需先进行粗配准（旋转平移配准和点对配准）。

自定义坐标系

自定义坐标系用于点云或模型数据设置自定义的坐标系统。在窗口中确定坐标系原点和X轴，Y轴，Z轴，确定一个变换矩阵，应用变换矩阵后，改变数据的坐标，如不应用变换矩阵，结束时重置当前的变换矩阵。

使用方法

1. 使用鼠标左键在点云或者模型上，确定坐标系的原点。
2. 移动鼠标到合适位置，单击鼠标左键，确定坐标系的X轴。
3. 移动鼠标到合适位置，双击鼠标左键，确定坐标系的Y轴和Z轴。
4. 点击应用变换矩阵，改变数据的坐标，保存到文件。

大地水准面模型

在投影库中进行坐标转换时，垂直坐标系转换以及格网投影需要提供垂直基准格网数据才能进行有效转换。 软件中默认提供EGM2008大地水准面模型高程转换。 如果需要支持其他区域大地水准面模型， 则需要下载相应的格网数据文件。 格网文件均由PROJ库官方提供， 这里提供proj-data-1.8下载， 也可在官网https://proj.org/download.html下载最新版的proj-data数据。 下载后将文件解压至软件安装目录下geoid文件夹内， 默认在C:\Program Files\GreenValley Suite\LiDAR360\5.0.0.0\geoid， “5.0.0.0”为版本号， 不同版本会有差异。请从 https://cdn.proj.org/ 下载相应的 geoid 文件（TIF 格式），并将其复制到软件安装目录的 geoid 文件夹，使用过程中请严格遵守内容提供方的要求，并遵守该等内容所来源地区的所有适用法律。

支持的大地水准面模型

大地水准面模型	垂直坐标系
GEOID99	NAVD88 height - EPSG:5703
	NAVD88 height (ft) - EPSG:8228
	NAVD88 height (ftUS) - EPSG:6360
GEOID03	NAVD88 height - EPSG:5703
	NAVD88 height (ft) - EPSG:8228
	NAVD88 height (ftUS) - EPSG:6360
GEOID06	NAVD88 height - EPSG:5703
	NAVD88 height (ft) - EPSG:8228
	NAVD88 height (ftUS) - EPSG:6360
GEOID09	NAVD88 height - EPSG:5703
	NAVD88 height (ft) - EPSG:8228
	NAVD88 height (ftUS) - EPSG:6360
GEOID12A	NAVD88 height - EPSG:5703
	NAVD88 height (ft) - EPSG:8228
	NAVD88 height (ftUS) - EPSG:6360
	NMVD03 height - EPSG:6640
	PRVD02 height - EPSG:6641
	VIVD09 height - EPSG:6642
	ASVD02 height - EPSG:6643
	GUVD04 height - EPSG:6644
GEOID12B	NAVD88 height - EPSG:5703
	NAVD88 height (ft) - EPSG:8228
	NAVD88 height (ftUS) - EPSG:6360
	NMVD03 height - EPSG:6640
	PRVD02 height - EPSG:6641
	VIVD09 height - EPSG:6642
	ASVD02 height - EPSG:6643
	GUVD04 height - EPSG:6644
GEOID18	NAVD88 height - EPSG:5703
	NAVD88 height (ft) - EPSG:8228
	NAVD88 height (ftUS) - EPSG:6360

	PRVD02 height - EPSG:6641
	VIVD09 height - EPSG:6642
GGM10	NAVD88 height - EPSG:5703
	NAVD88 height (ft) - EPSG:8228
	NAVD88 height (ftUS) - EPSG:6360
OSGM15	Belfast height - EPSG:5732
	Douglas height - EPSG:5750
	Lerwick height - EPSG:5742
	Malin Head height - EPSG:5731
	ODN (Offshore) height - EPSG:7707
	ODN height - EPSG:5701
	ODN Orkney height - EPSG:5740
	St. Marys height - EPSG:5749
	Stornoway height - EPSG:5746
EGM96	EGM96 height - EPSG:5773
EGM2008	EGM2008 height - EPSG:3855
	MSL height - EPSG:5714
GSIGEO2001	JGD2011 (vertical) height - EPSG:6695

创建转换关系

功能概述

用户可以定义和编辑多种转换关系，这些转换关系可以保存到历史文件中供用户再次使用。这些转换关系可以在“转换关系计算”以及导入数据时被定义。

```
1ppm = 0.001‰ 定义为百万分之一
```

支持的转换关系：

- 四参数：
  - 平移参数Dx（米，默认为0）。
  - 平移参数Dy（米，默认为0）。
  - 旋转参数Theta（秒，默认为0）。
  - 缩放比例t（默认为1.0）。
  - 高程拟合 ：可勾选是否进行高程拟合，若勾选高程拟合则需要从下拉列表中选择事先定义好的高程拟合参数。定义高程拟合参数的方法可参考。高程拟合解算。

    注：当Dx = 0，Dy = 0，Theta = 0，t = 1.0 时进行转换，将得到原始点云。

四参数的公式可写为如下的形式：

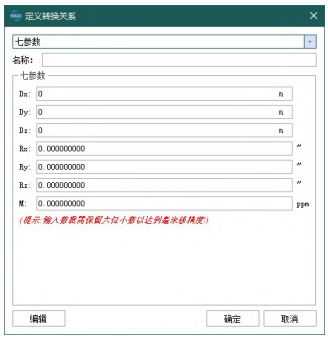
$$X_2 = X_0 + X_1 mCOS\,\alpha - Y_1 m\sin\alpha$$
$$Y_2 = Y_0 + Y_1 mCOS\,\alpha + X_1 m\sin\alpha$$

可以按照下面公式求解：

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & X_1 & -Y_1 \\ 0 & 1 & Y_1 & X_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ C \\ D \end{bmatrix} \qquad m = \sqrt{C^2 + D^2} \qquad \alpha = \arctan\left(\frac{D}{C}\right)$$

- 七参数：布尔沙模型中的七个参数。
  - 平移参数Dx（米，默认为0）。
  - 平移参数Dy（米，默认为0）。
  - 平移参数Dz（米，默认为0）。
  - 旋转参数Rx（秒，默认为0）。
  - 旋转参数Ry（秒，默认为0）。
  - 旋转参数Rz（秒，默认为0）。
  - 缩放比例m（ppm）。

    注：七参数中的比例尺m与四参数中的比例尺t不同，二者可以相互转化，转换关系为 m = (t - 1.0) * 1e6。假设t为 0.9999988，那么 m = (0.9999988 - 1.0) * 1e6 = -1.2 。



布尔莎七参数的公式可写为如下的形式：

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_A & 0 & -Z_A & Y_A \\ 0 & 1 & 0 & Y_A & Z_A & 0 & -X_A \\ 0 & 0 & 1 & Z_A & -Y_A & X_A & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \\ m \\ rx \\ ry \\ rz \end{bmatrix}$$

该七参数模型可转化为3D仿射变换参数，转化关系为：

```
Dx = Dx;
Dy = Dy;
Dz = Dz;
Rx(") = Rx(");
Rx(") = Rx(");
Rx(") = Rx(");
Mx(ppm) = m(ppm);
My(ppm) = m(ppm);
Mz(ppm) = m(ppm);
```

- **3D**仿射变换：

- **Dx**、**Dy**、**Dz**（米，默认为**“0”**）：添加到X、Y、Z上的值（平移量）。
- **Mx**、**My**、**Mz**（**ppm**，默认为**“0”**）：应用到X、Y、Z轴上的尺度因子。与七参数中的比例尺因子m定义相同。
- **Rx**、**Ry**、**Rz**（秒，默认为**“0”**）：绕X、Y、Z轴旋转的角度，以度表示。

  > 注意：要达到毫米级精度，小数点后至少保留六位小数。

- 四参数（以二维变换参数显示）：二维变换参数，也称为XYMultiply。

二维变换参数可以由下列公式表示：

$$\begin{cases} X = P_x + a * S_x + b * S_y \\ Y = P_y + c * S_x + d * S_y \\ Z = P_z + e * S_z \end{cases}$$

其中，Px、Py、Pz、a、b、c、d、e为变换参数，Sx、Sy、Sz为原始坐标，X、Y、Z为变换后的坐标。这是经常用来作为2D赫尔默特类型的转换。该参数也可以由四参数转化而来。假设四参数为：Dx、Dy、theta、t，则转化方法为：

```
Px = Dx;
Px = Dy;
Pz = 0.0;
定义 k = t;
定义 tRad = theta / 3600.0 / 180 * PI;
则：
 a = k * cos(tRad);
 b = -k * sin(tRad);
 c = k * sin(tRad);
 d = k * cos(tRad);
 e = 1.0;
```

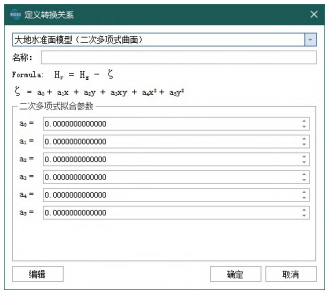
- 线性变换：线性变换用于对点云坐标进行平移和缩放，可对X、Y、Z坐标分别输入一个平移和缩放参数。

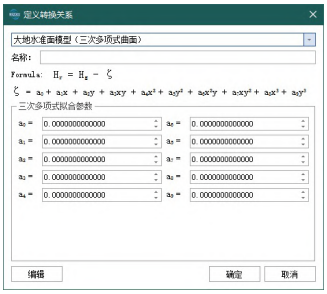
线性变换以下公式表示：

$$\begin{cases} X = S_x * x + P_x \\ Y = S_y * y + P_y \\ Z = S_z * z + P_z \end{cases}$$

其中：Sx、Sy、Sz为x、y、z坐标的缩放因子，Px、Py、Pz为x、y、z坐标的平移参数，x、y、z为原始坐标，X、Y、Z为线性变换后得到的坐标。

- 高程拟合参数：用于已知xy的情况下计算出高程异常，进而对Z进行改正。
  - 平面拟合。 平面拟合公式为 ζ = a0 + a1x + a2y; 共含有a0-a2三个参数。
  - 线性插值。 线性插值公式为 ζ = a0 + a1x + a2x² + a3x³; 共含有a0-a3四个参数。
  - 二次曲面拟合。 ζ = a0 + a1x + a2y + a3xy + a4x² + a5y²; 共含有a0-a5六个参数。
  - 三次曲面拟合公式为 ζ = a0 + a1x + a2y + a3xy + a4x² + a5y² + a6x²y + a7xy² + a8x³ + a9y³; 共含有a0-a9 十个参数。


定义转换关系
大地水准面模型（二次多项式曲面）
名称:
Formula: $H_p = H_g - \zeta$
$\zeta = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2$
二次多项式拟合参数
a_0 = 0.0000000000000
a_1 = 0.0000000000000
a_2 = 0.0000000000000
a_3 = 0.0000000000000
a_4 = 0.0000000000000
a_5 = 0.0000000000000
编辑
确定
取消


定义转换关系
大地水准面模型（三次多项式曲面）
名称:
Formula: $H_p = H_g - \zeta$
$\zeta = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6x^2y + a_7xy^2 + a_8x^3 + a_9y^3$
三次多项式拟合参数
a_0 = 0.0000000000000
a_1 = 0.0000000000000
a_2 = 0.0000000000000
a_3 = 0.0000000000000
a_4 = 0.0000000000000
a_5 = 0.0000000000000
a_6 = 0.0000000000000
a_7 = 0.0000000000000
a_8 = 0.0000000000000
a_9 = 0.0000000000000
编辑
确定
取消

ASCII重投影

功能概述

将ASCII数据中的X、Y、Z坐标数据按照参数从当前坐标系转为目的坐标系，其他数据保持不变。

用法

点击数据管理 > 投影和坐标转换 > *ASCII*重投影

参数设置

- 输入文件：输入一个ASCII数据文件。文件格式：.txt、.csv、.treedb。
- 当前坐标系：选择当前ASCII数据的坐标系信息。
- 目标坐标系：选择要转的坐标系信息。
- 使用七参数：选中 使用七参数 选项，点击 创建 按钮，可以创建七参数转换关系。可参考创建转换关系。
- 输出路径：输出转换后的ASCII文件到指定路径。

点云格式转换

点云格式转换工具提供了点云和其他文件格式之间的转换。

- 转换为ASCII
- 转换为TIFF
- 转换为Shape
- 转换为DXF
- 转换为Las
- 转换为E57
- 转换为PLY
- 转换为LiData为LiData
- Las转换为LiData

转换为**ASCII**

功能概述

转换为ASCII工具可将LiData点云转换为ASCII格式，一种可在文本编辑器中轻松查看的文本格式。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > 转换为*ASCII*

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 导出的属性：用户可选择需要导出的属性，支持基础属性类型及附加属性。
- 导出格式：LiDAR360支持txt和csv两种后缀格式，分隔符支持逗号、空格和TAB。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

转换为TIFF

功能概述

转换为TIFF工具可将LiData点云数据根据点的属性按照栅格值方法转换为栅格图像。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > 转换为*TIFF*

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- **XSize**（米）（默认为 **2** ）：输出栅格的X像素分辨率。
- **YSize**（米）（默认为 **2** ）：输出栅格的Y像素分辨率。
- 属性（默认为 **Z** ）：选择用于计算栅格单元值的点属性值。
  - **Z**（默认）：使用点云数据的Z值生成栅格数据。
  - 强度：使用点云数据的强度值生成栅格数据。
  - 扫描角：使用点云数据的扫描角生成栅格数据。
  - 回波次数：使用点云数据的回波次数生成栅格数据。
  - 脉冲的回波数：使用点云数据的脉冲的回波数生成栅格数据。
  - **RGB**：使用点云数据的颜色属性生成栅格数据。
  - 分类：使用点云数据的类别属性生成栅格数据，栅格值为点云类别ID。使用此属性时不支持设置颜色条、补洞等选项。
- 合并为一个文件：用户可以设置将所有的栅格合并到一个数据文件中，若不勾选，则每个点云数据都将生成一个单独的栅格文件。
- 栅格值：选择填充栅格像素值的方式。根据选择的属性不同，有不同赋值方式。其中，最小值、 平均值、最大值、最大**Z**值四种方式可以对除了RGB属性以外所有属性生效，最大**Z**值、距离反比加权两种方式对RGB属性生效。
  - 最小值（默认）：使用最小的属性值作为栅格单元值。
  - 平均值：计算一个像素内所有点云属性值的平均值作为该像素值。
  - 最大值：使用最大的属性值作为栅格单元值。
  - 最大**Z**值：使用像素内最大高程点的属性值作为栅格单元值。
  - 距离反比加权：使用离像素中心点的距离作为权重，使用加权后的值作为栅格单元值。
- 颜色条：在选择除RGB属性以外的属性时，是否进行颜色映射，并可以选择对应的颜色条。
- 补洞：根据设置的半径大小对生成的影像文件执行补洞操作。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

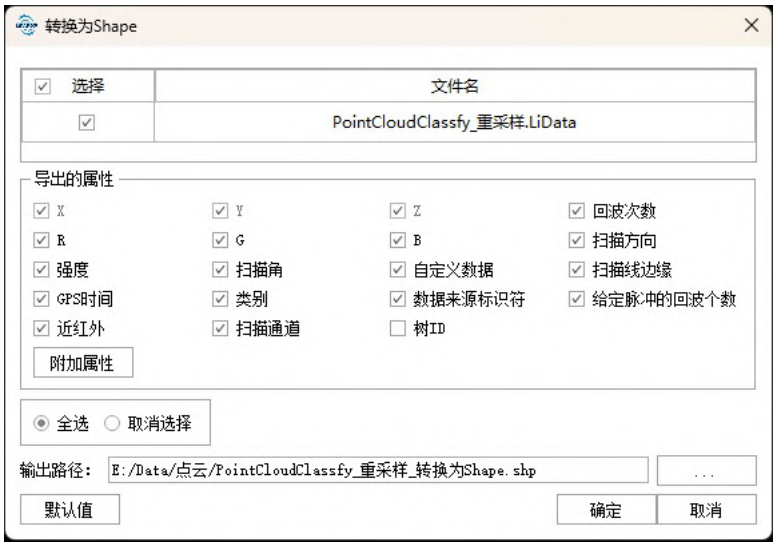
转换为Shape

功能概述

转换为Shape工具可将LiData格式的点云文件转换为矢量格式的点文件。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > 转换为*Shape*



参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 导出的属性：用户可选择需要导出的属性，支持基础属性类型及附加属性。选择导出的属性会写在shp数据的属性中。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

转换为**DXF**

功能概述

转换为DXF工具可将LiData格式的点云文件转换为DXF格式的点矢量数据。LiDAR360软件导出的为ASCII格式的DXF文件。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > 转换为*DXF*

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 初始类别：用户可选择需要导出的点云类型，支持256个点云类别。
- 分块：由于点云数据量往往较大，软件提供了可选择分块模式。
  - 不分块：导出单个DXF文件。
  - 按行数和列数分割：根据点云数据的边界将点云划分为总数为行数*列数个的数据块，每块生成一个dxf文件。
    - 行（默认为**3**）：用户需要设置分块点云的行数。
    - 列（默认为**3**）：用户需要设置分块点云的列数。
  - 按宽度和高度分割：自左下角按照指定的宽度和高度对点云进行分块，每块生成一个dxf文件。
    - 宽度（米）（默认为**100**）：用户需要设置导出每块数据的宽度。
    - 高度（米）（默认为**100**）：用户需要设置导出每块数据的高度。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

转换为Las

功能概述

转换为Las工具可将LiData格式的点云转为LAS格式，即标准的激光雷达点云数据格式。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > 转换为*Las*

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 导出的属性：用户可选择需要导出的属性，支持las全属性类型。
- 颜色范围：有三种RGB范围可供选择。
  - 无：按照所选文件的原始RGB范围进行输出。
  - **0~255**（**8**比特）：将RGB范围映射至0~255输出。若用户所选文件的色彩范围是0~1或者0~65535，此时可以映射至0~255输出。
  - **0~65535**（**16**比特）：将RGB范围映射至0~65535输出。若用户所选文件的色彩范围是0~1或者0~255，此时可以映射至0~65535输出。
- 源单位：待导出的LiData文件的单位，LiDAR360当前的平台单位，且不可以修改。
- 目标单位：导出为LAS数据的单位，可选择米、英尺和和美制英尺。
- **Las**版本（默认值**1.4**）：导出为LAS的版本，支持1.2~1.4 ,参考LiData格式。由高版本向低版本转换时，超出范围的属性字段将被置零。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

转换为**E57**

功能概述

转换为E57工具可将LiData点云转换为E57格式。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > 转换为*E57*

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 导出属性：用户可选择需要导出的属性，支持基础属性类型及附加属性。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

转换为**PLY**

功能概述

转换为PLY工具可将LiData点云转换为PLY格式。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > 转换为*PLY*

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 导出属性：用户可选择需要导出的属性，支持基础属性类型及附加属性。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

转换为3D Tiles

功能概述

转换为3D Tiles工具可将LiData点云转换为3D Tiles格式。

用法

点击数据管理 > 格式转换 > 转换为*3D Tiles*

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 导出的属性：用户可选择需要导出的属性，支持基础属性类型及附加属性。
- 坐标变换：可参考导入数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

转换为LandXML

功能概述

转换为LandXML工具可将LiData点云转换为LandXM数据格式。

用法

点击数据管理 > 格式转换 > 转换为*LandXML*

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- 坐标变换：可参考导入数据。
- 输出类型：可选LandXML和J-LandXML。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

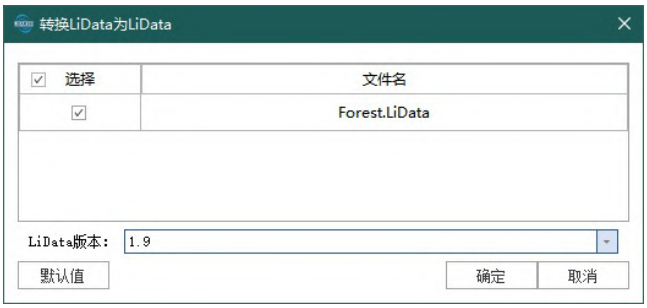
转换LiData为LiData

功能概述

对LiData进行版本转换。目前支持1.9~2.0版本的转换。LiData2.0支持附加属性，同时对部分属性字段的范围进行了扩展（如类别，由32个扩展为256个）。部分功能如“变化检测”和“偏差分析”需使用2.0版本的LiData文件。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > 转换*LiData*为*LiData*



参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是多数据文件。文件格式：*.LiData。
- **LiData**版本（默认**2.0**）：输出LiData的版本，支持1.9~2.0。

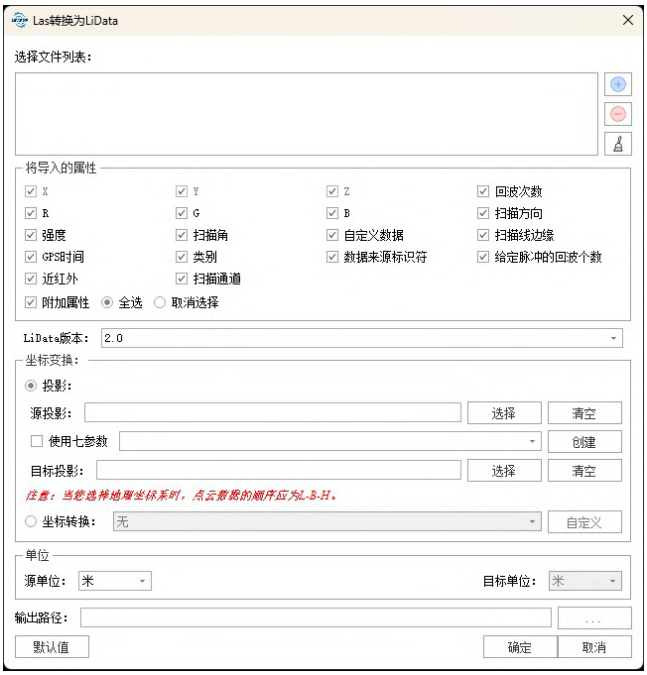
Las转换为LiData

功能概述

对LAS和LAZ格式的点云进行转换，转换为LiDAR360自定义点云格式（LiData格式），后续点云工具操作均基于LiData格式进行。

用法

点击数据管理 > 点云格式转换 > *Las*转换为*LiData*



参数设置

- 文件列表：输入需要转换的文件，当前支持转换格式有： *.las*、.laz。用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除；点击按钮 可清空全部列表中的数据。
- 导入的属性：用户可选择需要导入的属性，支持las全属性类型。
- 源单位：原始点云的单位，包括米、英尺和美制英尺，根据实际情况选择。
- 目标单位：转换成LiData文件的单位，LiDAR360平台的当前单位，且不可以修改。
- **LiData**版本（默认最新版本）：输出LiData的版本，支持1.9、2.0。
  - 注意事项：LiData2.0 版本支持Las1.4，LiData 1.9主要支持Las1.0~1.3，参考LiData格式。由高版本向低版本转换时，超出范围的属性字段将被置零。
- 坐标变换：可参考导入数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

栅格格式转换

栅格格式转换工具提供了栅格数据和其他文件格式的相互转换。

- TIFF转换为LiModel
- 转换为带纹理的LiModel
- TIFF转换为LiData
- TIFF转换为ASCII

TIFF转换为LiModel

功能概述

TIFF转换为LiModel工具可将单波段栅格数据（DEM、DSM、CHM等）转换为LiModel格式。LiModel格式是LiDAR360软件自定义格式，支持将转换后的单波段栅格数据在三维窗口中显示及编辑。

用法

点击数据管理 > 栅格格式转换 > *TIFF*转换为*LiModel*

参数设置

- 输入**Tiff**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

转换为带纹理的**LiModel**

功能概述

转换为带纹理的LiModel工具是在TIFF转换为LiModel工具的基础上，将DOM数据颜色值映射到LiModel模型上进行显示的操作。该功能只支持单文件数据转换。

用法

点击数据管理 > 栅格格式转换 > 转换为带纹理的*LiModel*

参数设置

- 输入**DEM**：用户可以从下拉列表中选择需要转换的文件，也可以使用 ... 按钮来加载外部数据文件。需要单波段栅格数据。
- 输入**DOM**：用户可以从下拉列表中选择需要的文件，也可以使用 ... 按钮来加载外部数据文件。需要至少三波段的彩色图像。
- 输出**LiModel**：输出文件路径，功能执行后生成转换后的新文件。

TIFF转换为LiData

功能概述

TIFF转换为LiData工具可将单波段栅格数据（DEM、DSM、CHM等）转换为LiData格式。该功能的主要目的在于，当用户无法获取特定区域的高精度点云数据但可以获取该区域的地形数据时，可以利用地形数据生成相应点云然后与已有点云进行融合，以解决点云缺失的问题。

用法

点击数据管理 > 栅格格式转换 > *TIFF转换为LiData*

参数设置

- 输入**Tiff**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 选取采样中心：可以选择像素角点（默认值）或者像素中心作为采样点位置。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

TIFF转换为ASCII

功能概述

转换TIFF为ASCII工具可用于将TIFF格式的栅格图像转换为ASCII格式。

用法

点击数据管理 > 栅格格式转换 > *TIFF*转换为*ASCII*

参数设置

- 输入**Tiff**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

TIFF转换为USGS DEM

功能概述

转换TIFF为USGS DEM工具可用于将TIFF格式的栅格图像转换为USGS DEM格式。输入的TIFF需要是单波段的栅格数据，并必须包含投影信息(wkt)。

用法

点击数据管理 > 格式转换 > *TIFF*转换为*USGS DEM*

参数设置

- 输入**Tiff**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

TIFF转换为IMG

功能概述

转换TIFF为IMG工具可用于将TIFF格式的栅格图像转换为ERDAS IMG格式。

用法

点击数据管理 > 格式转换 > *TIFF*转换为*IMG*

参数设置

- 输入**Tiff**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

ASCII转换为TIFF

功能概述

转换ASCII为TIFF工具可用于将ASCII格式的栅格图像转换为TIFF格式。

用法

点击数据管理 > 格式转换 > *ASCII*转换为*TIFF*

参数设置

- 输入**ASCII**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

USGS DEM转换为TIFF

功能概述

转换USGS DEM为TIFF工具可用于将USGS DEM格式的栅格图像转换为TIFF格式。

用法

点击数据管理 > 格式转换 > *USGS DEM*转换为*TIFF*

参数设置

- 输入**USGS DEM**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

IMG转换为TIFF

功能概述

转换IMG为TIFF工具可用于将IMG格式的栅格图像转换为TIFF格式。

用法

点击数据管理 > 格式转换 > *IMG*转换为*TIFF*

参数设置

- 输入**IMG**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

模型格式转换

模型格式转换工具提供了模型文件和其他文件格式之间的转换。

- LiModel转换为TIFF
- LiModel转换为OBJ
- LiModel转换为OSGB
- LiTIN转换为DXF
- LiTIN转换为OBJ
- LiTIN转换为FBX
- LiTIN转换为LiData
- LiTIN转换为OSGB
- LiBIM转换为OBJ
- LiBIM转换为FBX
- LiBIM转换为Collada
- LiBIM转换为CityJson

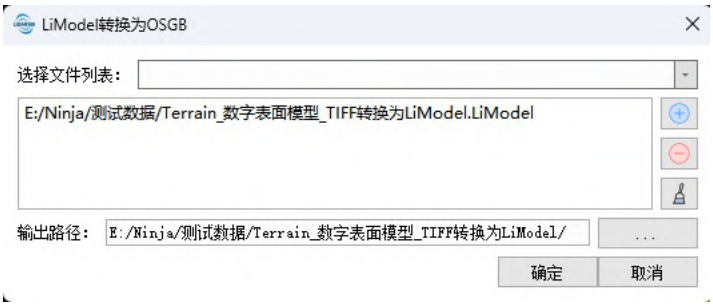
LiModel转换为TIFF

功能概述

LiModel转换为TIFF工具可将LiModel格式文件转换为TIFF格式的栅格图像。对LiModel数据进行编辑之后，可以通过该功能再转换为TIFF格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiModel*转换为*TIFF*



参数设置

- 输入**LiModel**文件：用户可以从下拉列表中选择需要处理的文件到待处理列表中。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

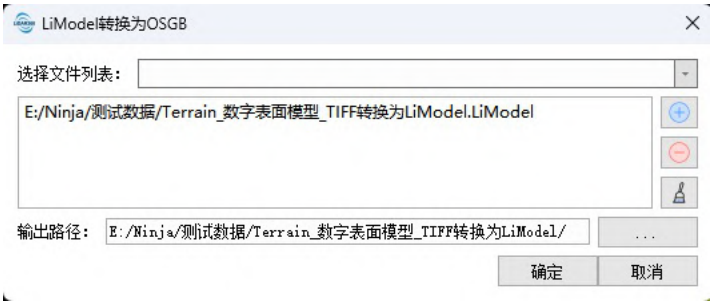
LiModel转换为OBJ

功能概述

LiModel转换为OBJ工具可将LiModel格式文件转换为OBJ模型格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiModel*转换为*OBJ*



参数设置

- 选择文件列表：待处理的文件列表。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

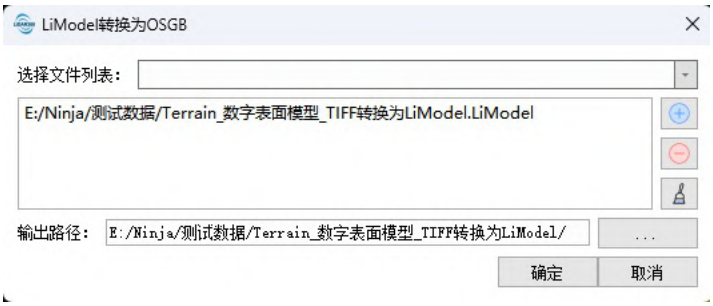
LiModel转换为OSGB

功能概述

可将LiModel转为OSGB格式文件。该功能将按照LiModel的lod结构输出为不同lod层级的osgb文件，和输出目录同名的是根节点，同时会输出记录投影信息的metadata.xml文件。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiModel*转换为*OSGB*



参数设置

- 输入**LiModel**文件：待处理的文件列表。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

LiModel转换为3D Tiles

功能概述

LiModel转换为3D Tiles工具可将LiModel格式文件转换为3D Tiles格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiModel*转换为*3D Tiles*

参数设置

- 选择文件列表：待处理的文件列表。
  - -：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
  - ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
  - ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 坐标变换：可参考导入数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

LiModel转换为S3M

功能概述

LiModel转换为S3M工具可将LiModel格式文件转换为S3M格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiModel*转换为*S3M*

参数设置

- 选择文件列表：待处理的文件列表。
  - -：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
  - ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
  - ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

LiTin转换为DXF

对LiTIN格式的TIN数据进行转换，转换为标准图形文件格式（DXF）文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiTin*转换为*DXF*。

参数设置

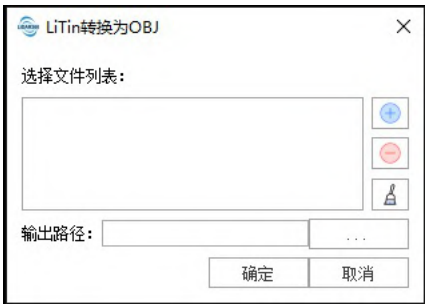
- 文件列表：输入需要转换的TIN文件，当前支持的格式有：*.LiTin。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的DXF文件。

LiTin转换为OBJ

对LiTIN格式的TIN数据进行转换，转换为OBJ格式模型文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiTin*转换为*OBJ*。



参数设置

- 文件列表：输入需要转换的TIN文件，当前支持的格式有：*.LiTin。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的OBJ文件。

LiTin转换为FBX

对LiTIN格式的TIN数据进行转换，转换为FBX格式模型文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiTin*转换为*FBX*。

参数设置

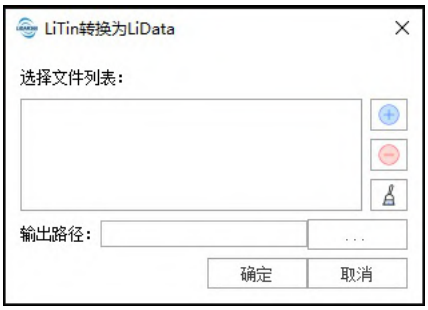
- 文件列表：输入需要转换的TIN文件，当前支持的格式有：*.LiTin。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的FBX文件。

LiTin转换为LiData

对LiTIN格式的TIN数据进行转换，转换为LiData点云文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiTin*转换为*LiData*。



参数设置

- 文件列表：输入需要转换的TIN文件，当前支持的格式有：*.LiTin。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的LiData点云文件。

LiTin转换为OSGB

对LiTIN格式的TIN数据进行转换，转换为OSGB格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiTin*转换为*OSGB*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的TIN文件，当前支持的格式有：*.LiTin。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的osgb文件。

LiTin转换为3D Tiles

功能概述

LiTin转换为3D Tiles工具可将LiTin格式文件转换为3D Tiles格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiTin*转换为*3D Tiles*

参数设置

- 选择文件列表：待处理的文件列表。

  -：用户可以从外部添加待转换的文件数据。

  ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。

  ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。

- 细节层次
  - 类型：自适应四叉树适用于z维度较小的大范围地形数据；自适应八叉树适用于数据三个维度一致数据。
  - 节点大小：每个瓦片节点内允许的最大三角面片数量。
- 合并为一个文件：启用该参数会在转换结束后生成所有转换结果的根节点文件。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

LiTin转换为LandXML

对LiTIN格式的TIN数据进行转换，转换为LandXML格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiTin*转换为*LandXML*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的TIN文件，当前支持的格式有：*.LiTin。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 坐标变换：可参考导入数据。
- 输出类型：可选LandXML和J-LandXML。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的LandXML文件。

LiBIM转换为OBJ

对LiBIM格式数据进行转换，转换为标准三维模型.obj格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiBIM*转换为*OBJ*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的.LiBIM文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 模型类型：可选择面片采用多边形或者三角形输出。
- 导出类型：
  - 全部放到一个文件：将LiBIM中的所有建筑物模型整体输出到一个文件。
  - 一个建筑物生成一个单独文件：将LiBIM中每个建筑物模型分别输出为一个文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的obj文件。

LiBIM转换为FBX

对LiBIM格式数据进行转换，转换为标准三维模型.fbx格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiBIM*转换为*FBX*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的.LiBIM文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 模型类型：可选择面片采用多边形或者三角形输出。
- 导出类型：
  - 全部放到一个文件：将LiBIM中的所有建筑物模型整体输出到一个文件。
  - 一个建筑物生成一个单独文件：将LiBIM中每个建筑物模型分别输出为一个文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的fbx文件。

LiBIM转换为Collada

对LiBIM格式数据进行转换，转换为标准三维模型.dae格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiBIM*转换为*Collada*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的.LiBIM文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 模型类型：可选择面片采用多边形或者三角形输出。
- 导出类型：
  - 全部放到一个文件：将LiBIM中的所有建筑物模型整体输出到一个文件。
  - 一个建筑物生成一个单独文件：将LiBIM中每个建筑物模型分别输出为一个文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的dae文件。

LiBIM转换为CityJSON

对LiBIM格式数据进行转换，转换为标准.city.json格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiBIM*转换为*CityJSON*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的.LiBIM文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 导出内容：勾选需要导出元数据信息和属性信息。
- **CityJSON**版本：支持V1.1和V2.0版本。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的.city.json文件。

LiBIM转换为3D Tiles

功能概述

LiBIM转换为3D Tiles工具可将LiBIM格式文件转换为3D Tiles格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiBIM转换为3D Tiles*

参数设置

- 选择文件列表：待处理的文件列表。
  - -：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
  - ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
  - ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 坐标变换：可参考导入数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

LiBIM转换为OSGB

功能概述

LiBIM转换为OSGB工具可将LiBIM格式文件转换为OSGB格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiBIM*转换为*OSGB*

参数设置

- 选择文件列表：待处理的文件列表。
  - -：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
  - ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
  - ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

LiTree转换为OBJ

对LiTree格式数据进行转换，转换为标准三维模型.obj格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换> *LiTree*转换为*OBJ*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的.LiTree文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件路径。

LiBIM转换为CityJSON

对LiBIM格式数据进行转换，转换为CityJSON格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiTree*转换为*CityJSON*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的.LiTree文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件路径。

LiTree转换为3D Tiles

功能概述

LiTree转换为3D Tiles工具可将LiTree格式的文件转换为3D Tiles格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *LiTree转换为3D Tiles*

参数设置

- 选择文件列表：待处理的文件列表。
  - -：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
  - ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
  - ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 坐标变换：可参考导入数据。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

LiTree转换为OSGB

将LiTree格式数据转换为osgb格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换 > *LiTree*转换为*OSGB*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的.LiTree文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件路径。

3D Tiles转换为S3M

将3D Tiles数据转换为超图S3M格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换> *3D Tiles*转换为*S3M*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换3D Tiles的入口文件(如tileset.json)。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件路径。

3D Tiles转换为OSGB

将3D Tiles数据转换为OSGB格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换> *3D Tiles*转换为*OSGB*

参数设置

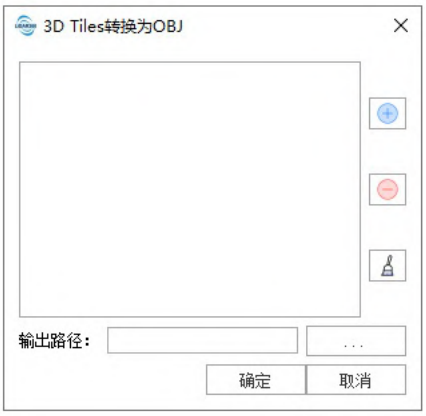
- 文件列表：输入需要转换3D Tiles的入口文件(如tileset.json)。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件路径。

3D Tiles转换为OBJ

将3D Tiles数据转换为OBJ格式文件。

用法

点击数据管理> 模型格式转换> *3D Tiles*转换为*OBJ*



参数设置

- 文件列表：输入需要转换3D Tiles的入口文件(如tileset.json)。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出路径：选择输出的文件路径。

Obj转换为3D Tiles

功能概述

Obj转换为3D Tiles工具可将Obj格式文件转换为3D Tiles格式。

用法

点击数据管理 > 模型格式转换 > *Obj转换为3D Tiles*

参数设置

- 选择文件列表：待处理的文件列表。

  -：用户可以从外部添加待转换的文件数据。

  ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。

  ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。

- 细节层次
  - 类型：自适应四叉树适用于z维度较小的大范围地形数据；自适应八叉树适用于数据三个维度一致数据。
  - 节点大小：每个瓦片节点内允许的最大三角面片数量。
  - 纹理压缩：纹理相对于原始纹理质量，100%代表不压缩，值越小压缩程度越大，结果纹理图片越小。
- 合并为一个文件：启用该参数会在转换结束后生成所有转换结果的根节点文件。
- 输出路径：输出文件夹路径，功能执行后生成转换后的新文件。

矢量格式转换

矢量格式转换工具提供了矢量格式文件的相互转换。

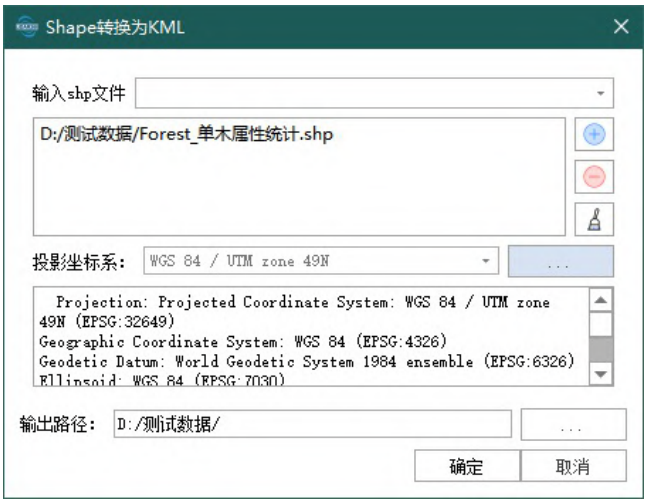
- Shape转换为KML
- KML转换为Shape
- 矢量格式转换
- 矢量转ASCII
- ASCII转矢量

Shape转换为KML

对Shape格式的数据进行转换，转换为KML格式。 KML格式参考：https://wiki.openstreetmap.org/wiki/KML

用法

点击数据管理> 矢量格式转换 > *Shape*转换为*KML*。



参数设置

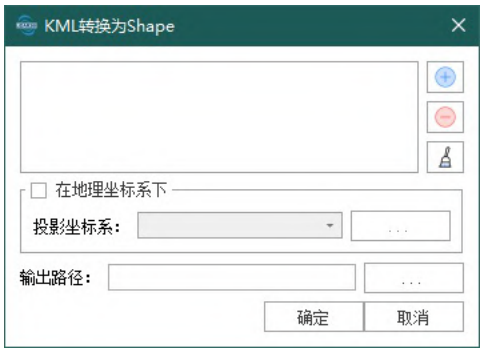
- 请选择矢量文件：输入需要转换的矢量文件。
- 投影坐标系：KML文件中保存的点、线和多边形数据为经纬度，选择投影坐标系后可以将KML文件中的地理坐标转化为投影坐标。关于坐标系的选择可参考定义投影。若未选择投影坐标系，则按原坐标输出。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，KML文件的保存路径。

KML转换为Shape

对KML格式的数据进行转换，转换为Shape格式。 KML格式参考：https://wiki.openstreetmap.org/wiki/KML

用法

点击数据管理> 矢量格式转换 > *KML*转换为*Shape*。



参数设置

- 文件列表：输入需要转换的矢量文件。
- ：用户可以从外部添加待转换的文件数据。
- ：用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击该按钮将该文件从列表中移除。
- ：点击该按钮可清空全部列表中的数据。
- 在地理坐标系下：勾选此项可以在导出为shp的过程中将kml文件中的地理坐标转换为投影坐标。投影坐标系的选择可参考定义投影。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，算法执行后，生成相应的Shape文件。

矢量格式互转

对矢量数据进行转换，转换为gpkg、dxf、shp格式。

用法

点击数据管理> 矢量格式转换 > 矢量格式互转。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的矢量文件。 用户需要点击按钮从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 输出格式
  - **Gpkg**：输出为gpkg格式的矢量文件
  - **Dxf**：输出为dxf格式的矢量文件
  - **Shp**：输出为shp格式的矢量文件
- 输出为一个文件：若勾选此项，则将列表中的文件转化为一个所选输出格式的矢量文件，否则每个文件都转化为一个所选输出格式的文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，转换完成后，生成相应的矢量文件。

ASCII转矢量

将ASCII文件转为矢量，支持txt、csv、treedb文件。

用法

点击数据管理> 矢量格式转换 > *ASCII*转矢量。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的矢量文件。 用户需要点击按钮⊕从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击⊖按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 几何类型：选择输入文件的几何类型，内部会根据FID以及几何类型决定如何转换数据。
- 输出文件类型：选择输出文件的格式，支持gpkg、dxf、shp
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，转换完成后，生成相应的矢量文件。

矢量转**ASCII**

对矢量数据（gpkg、dxf、shp格式）进行转换，转换为ASCII格式（txt、csv）。

用法

点击数据管理> 矢量格式转换 > 矢量转*ASCII*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的矢量文件。 用户需要点击按钮⊕从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击⊖按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 表头：是否输出表头行，包括FID、X、Y、Z以及属性表字段名称
- 属性：是否输出属性，如勾选，在基本元素坐标后会输出属性字段
- 分隔符：选择输出文件的分隔符，可选空格、逗号、分号、Tab
- 输出格式
  - **txt**：输出为txt格式的文本文件
  - **csv**：输出为csv格式的文本文件
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，转换完成后，生成相应的文件。

矢量转LandXML

将矢量数据转换为LandXML格式文件。

用法

点击数据管理> 矢量格式转换 > 矢量转*LandXML*。

参数设置

- 文件列表：输入需要转换的矢量文件。 用户需要点击按钮⊕从外部添加待转换的文件数据；用户可以选中列表中的某一个文件数据，点击⊖按钮将该文件从列表中移除。 点击 该按钮可清空全部列表中的数据。
- 坐标变换：可参考导入数据。
- 输出类型：可选LandXML和J-LandXML。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径。

统计

可使用LiDAR360对点云数据进行统计分析功能。

- 格网统计
- 体积统计
- 栅格统计

格网统计

功能概述

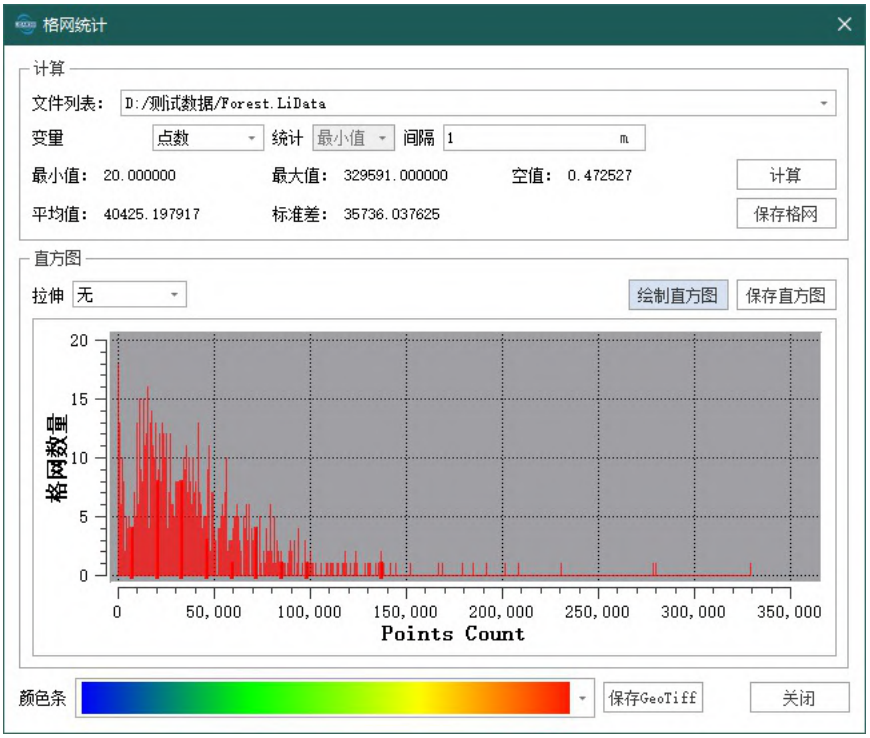
LiDAR360软件支持对点云数据进行快速格网统计分析操作。该工具支持对点云数据格网化，从而统计格网内的点数、密度及Z属性相关工作。可用于对激光雷达点云数据飞行及处理质量的查看、飞行区域的地物地貌的分析。若只统计点云数据中某一类别的数据，则可用提取工具提取点云后进行统计。

步骤

1. 从文件列表下拉框中选择要分析的点云数据文件。
2. 选择要分析的 变量 ，可从下拉框中选择要分析的变量，若选择 **Z** 变量，则需要在统计下拉框中选择要统计的Z变量。
3. 设置间隔大小。
4. 点击计算按钮。
5. 点击绘制直方图可查看格网统计的直方图。 （可选） 用户也可以使用 拉伸 方法对直方图进行拉伸显示。
6. （可选）用户可以点击保存直方图对显示的直方图保存为PDF图片。
7. （可选）用户可以点击保存格网将统计的格网保存为单波段灰度图像，或选择 颜色条 点击 保存**GeoTiff** 将单波段灰度图像映射为多波段彩色图像。需要注意的是若用户选择 拉伸 操作，则会对单波段图像拉伸后进行映射。

用法

点击统计 > 格网统计



参数设置

- 文件列表：用户需要从下拉列表中选择待统计的点云数据。
- 变量：用户需要从下拉列表中选择想要统计的变量。格网中填充该变量统计的值。
  - 点数（默认）：统计格网内的点数。
  - 密度：统计格网内点云的密度，使用点数除以格网面积得到该值。

    - **Z**：统计格网内点云Z属性值，用户需要选择统计列表。
- 统计：用户若在 变量 列表中选择 **Z** 变量，则需要选择对 **Z** 变量的统计方式。
    - 最小值（默认）：统计格网内Z变量的最小值。
    - 最大值：统计格网内点云Z变量的最大值。
    - 平均值：统计格网内点云Z变量的平均值。
    - 范围：统计格网内点云Z变量的范围（范围 = 最大值 - 最小值）。
    - 标准差：统计格网内点云Z变量的标准差。
- 间隔（米）（默认为**“1”**）：统计格网的大小。
- 计算：用户设置完需要统计的参数后，点击该按钮进行计算。
- 保存格网：将统计后的格网保存为单波段灰度影像，格式可选.***tif***或.csv。
- 拉伸：用户可选择是否对 绘制直方图 或 保存**GeoTiff** 进行拉伸操作。
    - 无（默认）：不进行任何拉伸操作。
    - 最小最大值：使用统计的格网数据的最大值最小值进行拉伸操作。基于最小和最大像素值应用线性伸展，以最小和最大像素值作为直方图的端点。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，线性拉伸将像素值分布在0-255之间，通过将像素值分布在整个直方图范围内，提高图像的亮度和对比度，使图像中的要素易于区分。
        - 最小值（默认为统计格网内的最小值）：拉伸的最小值。
        - 最大值（默认为统计格网内的最大值）：拉伸的最大值。
    - 标准差拉伸：使用统计的格网数据的标准差进行拉伸操作。准差拉伸类型将线性拉伸应用于标准差n所求得的最大值（最大值 = 均值 + **n** 标准差之间）与最小值（最小值 = 均值 - ***n*** 标准差）。
        - **n**：拉伸标准差的倍数。
            - 百分比拉伸：使用统计的格网数据的百分比拉伸操作。百分比拉伸将线性拉伸应用于最小和最大裁剪百分比的像素值之间。例如，图像的最小值和最大值分别为2488和2656，定义裁剪百分比的最小和最大值分别为0.02和0.98，小于0.02表示2488-2492之间的值，高于0.98表示2652-2656之间的值，2488-2492之间的值将变为0，2652-2656之间的值将变为255，其它值在0-255之间分布。
        - 最小值：最小拉伸百分比，范围0~1.0。
        - 最大值：最大拉伸百分比，范围0~1.0。
- 绘制直方图：在画布中绘制格网统计的直方图。
- 保存直方图：保存绘制的直方图，格式为*.pdf。
- 颜色条：LiDAR360软件提供了11种颜色条供用户选择。
- 保存**GeoTiff**：根据用户选择的 颜色条 将统计的格网数据保存为多波段彩色图像。
- 关闭：关闭该工具。

注意：保存格网功能保存的是原始统计结果，为单波段TIFF。保存GeoTiff 功能保存的是直方图拉伸后的结果，根据选择的颜色条进行RGB三通道映射。

体积统计

功能概述

LiDAR360软件支持使用两个空间范围内有交集的表面模型数据（单波段tif影像数据），通过将上表面减去下表面，进行统计填方量（ **Fill** ）、挖方量（ **Cut** ）以及总填挖方量（ **Total** ）（由挖方量减去填方量计算得到）。

用法

点击统计 > 体积统计

参数设置

- 上表面：用户可以从下拉列表中选择*.tif格式的文件，也可以点击 ... 选择外部数据。
- 下表面：用户可以从下拉列表中选择*.tif格式的文件，也可以点击 ... 选择外部数据。
- 输出统计：指定路径将统计结果输出为txt格式的文件，文件中包含上表面和下表面文件所在路径、空间分辨率、XSize、YSize以及填挖方的量。

> 注意：上表面和下表面文件均为单波段数据，它们必须具有相同的空间分辨率且空间范围有交集。LiDAR360处理的点云数据的单位为米，计算得到的填方量、挖方量和总量的单位为立方米。

栅格统计

功能概述

此功能可对tif格式的栅格数据进行邻域运算，输出像元的值是利用其指定邻域范围内像元的不同统计类型，统计类型包括：均值、最大值、最小值、范围差、标准差及总和。统计时将逐个访问像元进行计算。

用法

点击统计 > 栅格统计

参数设置

- 统计类型（默认为“均值”）：用户可以从下拉列表中选择均值、最大值、最小值、范围差、标准差及总和对输入的栅格数据进行统计。
  - 均值：以当前像元邻域窗口内的平均值作为栅格统计数据的同一位置像元值。
  - 最大值：以当前像元邻域窗口内的最大值作为栅格统计数据的同一位置像元值。
  - 最小值：以当前像元邻域窗口内的最小值作为栅格统计数据的同一位置像元值。
  - 范围差：以当前像元邻域窗口内的最大值与最小值之间的差作为栅格统计数据的同一位置像元值。
  - 标准差：以当前像元邻域窗口内的标准差作为栅格统计数据的同一位置像元值。
  - 加和：以当前像元邻域窗口内的总和作为栅格统计数据的同一位置像元值。
- 邻域设置：对当前访问像素的邻域窗口设置。
  - 高度：邻域窗口的高度。
  - 宽度：邻域窗口的宽度。
- 计算忽略无效值（默认选中）：选中此选项时，输出像元值的计算将会忽略邻域像元中的所有无效值。取消选中此选项时，如果邻域中像元存在任何无效值时，则输出像元将为无效值。如果待处理的像元本身就是无效值时，则在选中此选项后，将根据邻域中有效的其他像元来计算像元的输出值。当然，如果邻域中的所有该像元均为无效值，则无论如何设置此参数，输出都将为无效值。
- 输出路径：栅格统计的栅格数据输出路径。

分类

可使用LiDAR360对未分类的点云进行分类，或者对已经分类过的点云进行重新分类。

- 地面点分类
- CSF滤波
- 深度学习分类地面点
- 提取中位地面点
- 按属性分类
- 分离低点
- 低于地表分类
- 孤立点分类
- 空中噪点分类
- 噪声点分类
- 高于地面分类
- 按高差分类
- 邻近点分类
- 按范围分类
- 建筑物分类
- 模型关键点分类
- 水域分类
- 深度学习提取道路
- 机器学习分类
- 按掩膜分类
- 表面点分类
- 按机器学习模型分类
- 选择区域地面点分类
- 按附加属性分类
- 深度学习分类
- 自定义深度学习分类
- 深度学习环境下载
- 分类编辑
- LabelMe

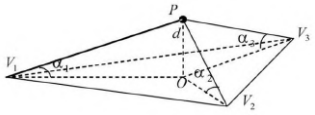
地面点分类

功能概述

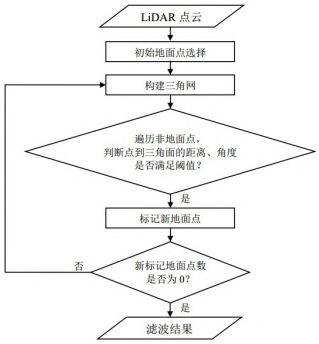
地面点分类是点云数据处理的基础操作，LiDAR360采用的是改进的渐进加密三角网滤波算法（Improved Progressive TIN Densification, IPTD（Zhao et al.,2016））分类地面点。

此算法首先通过种子点生成一个稀疏的三角网，然后通过迭代处理逐层加密。直至将所有地面点分类完毕，算法的具体步骤如下：

1. 初始种子点的选择。在含有建筑物的点云数据中，量取最大建筑物尺寸作为格网大小对点云数据进行格网化，对于不含建筑物的点云数据，以默认值作为格网大小。取格网内的最低点作为起始种子点。
2. 构建三角网。利用起始种子点构建初始三角网。
3. 迭代加密过程。遍历所有待分类的点，查询各点水平面投影所落入的三角形，计算点到三角形的距离d及点到三角形三个顶点与三角形所在平面所成角度的最大值，如下图，将其分别与迭代距离与迭代角度进行比较，如果小于对应阈值，则将此点判定为地面点，并加入三角网中。重复此过程，直至所有地面点分类完毕。



算法流程如图。



用法

点击分类 > 地面点分类。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。

- 目标类别：分类目标类别。
- 场景：用户需要根据实际情况选择匹配的地形场景。分类参数会根据所选地形而改变。
- 最大建筑物尺寸（米）（默认为**“20”**）：扫描点云中存在的建筑物最大长度，一般量取斜对角长度。此参数设置过小，建筑物的平顶可能被误认为地形，建筑物屋顶点会被误分为地面点。参数设置过大，会导致初始种子点过少，不利于地面点分类效率及地形起伏剧烈区域分地面点。当点云数据中有建筑物时，可以利用菜单栏的长度量测工具测量最大建筑物尺寸，该参数的值应大于测量得到的最大建筑物尺寸。对于不含建筑物的点云数据，此参数可适当减小。对于没有建筑物的地势起伏大的山区，可适当调小此值以适应坡度较陡的地面。
- 最大地形坡度（°）（默认为**“88”**）：点云中显示的地形最大坡度。该参数可以确定已被识别的地面点的相邻点是属于地形还是其他地物。一般情况下，此参数选择默认值即可。
- 迭代角度（°）（默认为**“8”**）：待分类点与已知地面点间允许的角度范围。对地形起伏较大的区域可适当设置大一些，与迭代距离对应调节。一般设置为6~12度。
- 迭代距离（米）（默认为**“1.4”**）：待分类点与三角网对应的三角形之间的距离阈值。地形起伏较大时可适当调大，与迭代角度对应调节，一般设置为1.2-1.6米。
- 减小迭代角，当边长**<**（米）（默认为**“5”**）（可选）：待分类点对应三角形边长小于此阈值时减小迭代角。勾选该参数，表示当待分类点对应于三角网中三角形边长小于该阈值时，相应减小迭代角，可以获取更平滑地面点。当需要得到较稀疏地面点时，可相应增大此阈值，反之，则减小此阈值。
- 停止构建三角形，当边长**<**（米）（默认为**“2”**）（可选）：待分类点对应三角形边长小于该阈值时，则停止加密三角网，该值可防止生成地面点过密。增大此值时，地面点会相应稀疏，反之，则加密。
- 只生成关键点（可选）：在地面点滤波的基础进一步提取模型关键点作为地面点类别，该功能可保留地形上的关键点而相对抽稀平缓地面区域的点。该功能具体使用方法见模型关键点分类。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。
- 并行参数设置：地面点分类支持并行处理模式。可对并行计算相关参数进行设置，包括：是否开启并行处理模式、并行处理过程中系统所能占用的最大内存比、并行处理过程中最大计算线程数。

> 注意：因实际地形复杂多变，故利用此功能进行地面点分类时，针对不同地形点云数据应调节相应不同参数来进行分类，才能达到相对理想效果。除此之外还可以通过选择区域地面点分类进行局部区域重新分类，也可采用分类编辑工具进行局部地面点分类。

```
@inproceedings{
    author={Zhao X Q, Guo Q H, Su Y J and Xue B L},
    title={Improved progressive TIN densification filtering algorithm for airborne LiDAR data in forested areas},
    booktitle={ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,117:79-91},
    year={2016}
}
```

CSF地面点滤波

功能概述

地面点分类是点云数据处理的基础操作，此功能采用基于布料模拟的地面点滤波算法（Cloth Simulation Filter, IPTD（Zhang et al.,2016））。

此算法可以分为以下几个步骤：

1. 将点云Z方向倒置。并在XY方向上以一定分辨率对点云进行格网划分，格网的节点作为一张模拟布料。
2. 将布料的初始高度设为点云Z最大值并开始迭代。每次迭代过程中，布料将以一定的重力“下沉”到点云上，同时计算布料节点和点云的位置关系。已经落到点云上的节点在下次迭代过程中将不可移动。不可移动的节点将根据刚度值r使周围节点的下沉速度减缓。
3. 迭代一定次数后，计算各个点和布料的位置关系；与布料在Z方向上距离小于一定阈值的点将被分为目标类别。

用法

点击分类 > *CSF*滤波。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 场景：分为陡坡、缓坡和平地三种场景类型。
- 格网大小（米）（默认为**“1.0”**）：布料节点的分辨率。1.0适用于大多数点云。对于地形起伏较大的数据可适当减小该值。
- 分类阈值（米）（默认为**“0.5”**）：迭代完成后，与布料在Z方向上距离小于此阈值的点将被分为目标类别。
- 最大迭代次数（默认为**“500”**）：算法到达最大迭代次数或所有布料节点都不可移动时完成迭代。
- 陡坡平滑后处理：布料位于陡坡上时，由于布料节点之间存在内部约束，不能很好地与地面相吻合，算法可能会产生较大误差。勾选此项可以在一定程度上消除陡坡带来的影响。若场景中不含陡坡可以不勾选。

```
@inproceedings{
    author={Zhang W, Qi J, Wan P, Wang H, Xie D, Wang X, Yan G},
    title={An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation.},
    booktitle={Remote Sensing. 8(6):501.},
    year={2016}
}
```

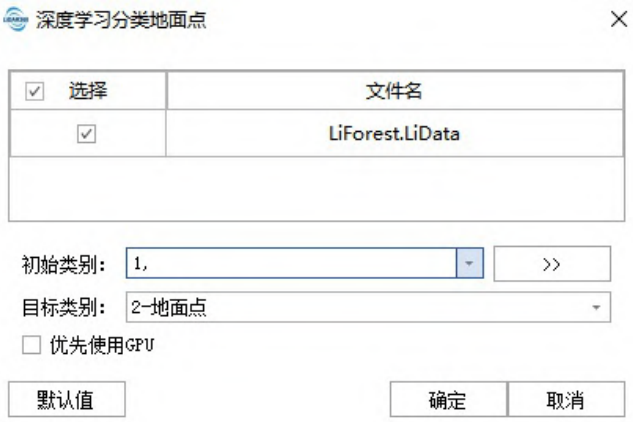
深度学习分类地面点

功能概述

使用深度学习模型对点云数据中的地面点进行分类，将满足条件的初始类别点分类为目标类别，若初始类别点未被分为目标类别，该点将保留原类别值。

用法

点击分类 > 深度学习分类地面点。



参数设置

- 初始类别：待分类类别。
- 地面点类别: 地面点。
- 目标类别：分类结果的类别名称，默认为2-地面点。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。
- 优先使用**GPU**：是否使用显卡加速分类。此功能支持两种运行方式：GPU和CPU。如果电脑显卡满足要求（计算能力在3.5及以上的NVIDIA显卡，且运行时剩余可用显存超过4GB）将默认勾选此选项，用户可按需求进行选择是否使用GPU，GPU效率会比CPU高约4倍。如果条件不满足，将无法使用GPU，此时功能将默认使用CPU运行。

准确率指标

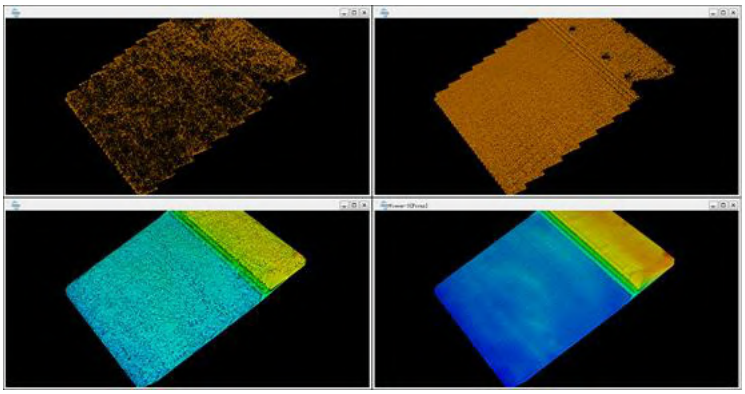
模型的准确率为94.66%。

> 注意：
>
> 该功能输出会覆盖原始数据文件。

提取中位地面点

功能概述

一般情况下，小飞机、无人机（UAV）所扫描的点云数据密度较大、地面点较厚，如果采用传统大飞机提取地面点的方法提取地面点，则所提取的地面点较厚且利用地面点所建立的TIN模型凹凸不平。采用此方法，可以获取较厚地面点中间一层较薄且更平滑的地面点。本方法属于提取出初步地面点之后的优化步骤，因此首先需要点云数据已经利用地面点分类进行过初步的分类。中位数地面点分类前后对比图如下。



用法

点击分类>提取中位地面点。

参数设置

- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是已经进行过地面点分类的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 将地面点分为：将原不符合中位数规则的地面点分成的目标类别。
- 最小高程（米）（默认为**“0.02”**）：即从地面最低点起的一定高差作为起始高程，0.02代表从最低点高程起的0.02米作为最小高程。
- 最大高程（米）（默认为**“0.3”**）：即从地面最低点起的一定高差作为终止高程，0.3代表从最低点高程起的0.3米作为最大高程。
- 格网大小（米）（默认为**“0.5”**）：在提取地面点时以格网为单位，当格网内点数少于一定点数，该格网将不进行地面点提取，因此此方法只适用于较厚且点云密度较大的地面点提取。
- 标准差倍数（默认为**“0.3”**）：通过设置标准差倍数来控制所提取点云地面点的数量及厚度。默认值0.3，即提取地面点的22%作为地面点（同理，0.5对应40%，0.7对应50%，0.9对应62%，1.5对应86%）。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

> 注意：此分类算法只适用于小飞机、无人机（UAV）所扫描的地面点较厚数据，而且待分类数据需进行过地面点分类，此功能属于优化步骤。

按属性分类

功能概述

通过此功能可以将点云中的某类别按照属性特征分类成另外一个类别。目前可利用分类的属性包括：绝对高程、回波强度、GPS时间、扫描角度及回波数。对于分类效果不理想数据，如需重新分类，可利用此功能将所有类别进行还原。

用法

点击分类 > 按属性分类。

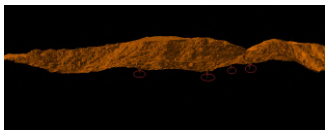
参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 属性选择：根据所选择属性进行分类。
  - 无（默认）：将“初始类别”选项中的所有点更改到“目标类别”中。
  - 绝对高程：按高程值范围分类。如果一个点的高程值落入指定范围内，它将被分到“目标类别”中。
  - 强度：按强度范围分类。如果一个点的强度值落入指定范围内，它将被分到“目标类别”中。
  - **GPS**时间：按GPS时间分类。如果一个点的GPS时间值落入指定范围内，它将被分到“目标类别”中。
  - 扫描角度：按照扫描角度分类。如果一个点的扫描角度值落入指定范围内，它将被分到“目标类别”中。
  - 回波次数：按回波次数分类。如果一个点的回波次数落入指定范围内，它将被分到“目标类别”中。

分离低点

功能概述

低点是指低于实际地形的粗差噪声点，低点的存在会影响地面点的提取，因渐进三角网滤波算法是以格网化后的点云最低点作为种子点。因此滤除低点是点云数据的预处理操作，直接影响到后续地面点的滤波，数字模型的建立，及等高线的生成质量。含有低点的地面点建立的三角网地形模型如下图。



低点的分布分为单个点或簇的形式分布，该功能的算法流程为：

1. 遍历点云，搜索当前单点或者点簇的一定半径范围内的待分类点。
2. 计算当前点与邻近点之间的最大高程差，并与阈值进行比较。
3. 如果大于阈值，则认为当前点为低点，反之，则不分类为低点。

用法

点击分类 >分离低点。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 点数（默认为**“1”**）：当点数设置为1时，则分类单点低点，如大于1，则分类成簇低点。
- 半径（米）（默认为**“5”**）：待分类点与邻近点之间的半径阈值。
- 高度（米）（默认为**“0.5”**）：待分类点与邻近点之间的高程差阈值。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

低于地表分类

功能概述

此功能通过将起始类别中低于周围邻近区域高程的点进行分类。例如，在起始类别为地面点时，利用此方法可以将低于地表一定高差的点分类成低于地表点。 该功能的主要算法思想为：

1. 在起始类别中寻找当前点一定数量的临近点。
2. 用邻近点拟合平面。
3. 计算当前点到平面的之间的高差绝对值，如果此值小于设定的容差，则不分类，如果大于容差，则进入下一步。
4. 计算当前点高程与临近点高程平均值之间的差值是否大于标准差的倍数限制阈值，若大于，则分类为目标类别，反之，则不分类。

用法

点击分类 > 低于地表分类。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别
- 目标类别：分类目标类别。
- 限制（默认为**“3”**）：当前待分类点的邻域点拟合平面的均方误差倍数。根据算法原理，当此值调大时，分类为目标类别的点数变少。当此值调小时，分类为目标类别的点数变多。
- **Z**容差（米）（默认为**“0.1”**）：高差阈值，点到拟合平面距离小于该值则不被分类。当此值变大时，分类目标类别的点数变少。当此值变小时，分类为目标类别的点数变多。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

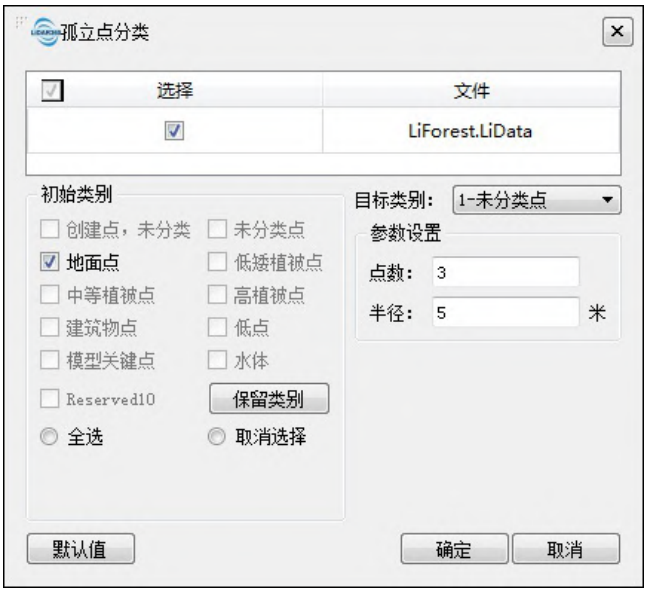
孤立点分类

功能概述

此功能将点云数据中的一定区域内的点数少于一定值的点分类为孤立点。一般用于寻找在空中或地面以下的孤立点。

用法

点击分类 >孤立点分类。



参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 点数（默认为**“3”**）：半径邻域内点个数阈值，小于等于该值则认为是孤立点。
- 半径（米）（默认为**“5”**）：邻域搜索半径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

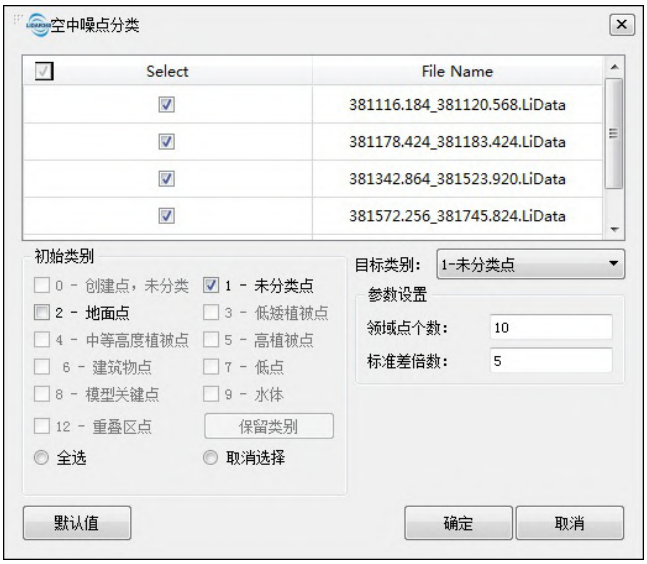
空中噪点分类

功能概述

此功能是将明显高于周围点的点云分类为空中噪声点。算法思想与数据管理模块中去噪原理相同。

用法

点击分类 >空中噪点分类。



参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 邻域点个数（默认为**“10”**）：邻近点数量，这些邻近点将被用来决定一个点是否是空中噪点。计算每个点到邻近点间的距离，并计算平均距离的标准偏差。
- 标准差倍数（默认为**“5”**）：超出平均距离最小允许偏差范围外的点，被认为是空中噪点。此阈值增大时，分类为空中噪点的数量变少，反之，变大。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

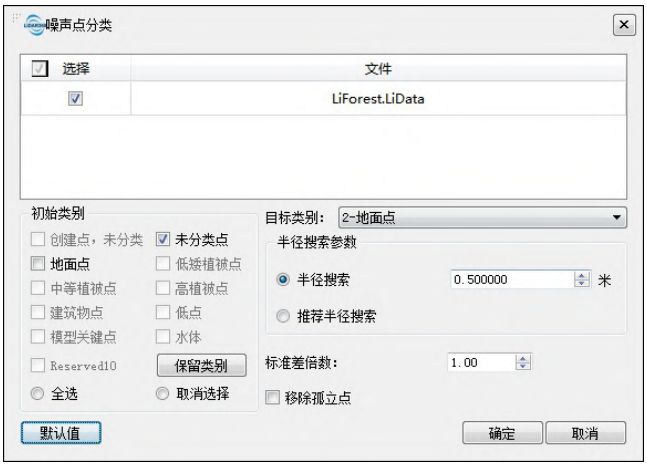
噪声点分类

功能概述

对点云中的噪声点进行分类。

用法

点击分类> 噪声点分类。



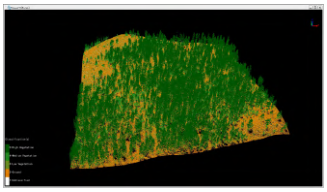
参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 半径搜索（米）（默认为**“0.5”**）：设置拟合平面使用的半径，当用户已知点云的大致密度时可使用该方法。
- 推荐半径搜索：根据输入点云自动计算合适的搜索半径。
- 标准差倍数（默认值**1.0**）：使用相对误差（sigma）作为去噪准则，程序自动计算每一点P的邻域所拟合平面的标准差（stddev）。当点到该平面的距离d小于sigma*stddev时，P点予以保留。该值的减小将导致更多的点被剔除，反之将保留更多的点。该值的变化对效率没有影响。
- 移除孤立点：当搜索半径内的点数小于四个（不足以拟合平面）时，该点为孤立点。用户可根据此参数选择是否移除此类点。

高于地面分类

功能概述

对地形表面一定高度的点进行分类。该功能可快速对不同高度的植被进行分类。例如，这种分类可以进行三次，以分出低植被（0-1m）、中植被（1-10m）和高植被（10-100m），见下图。



用法

点击分类 >高于地面分类。

参数设置

- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是已经进行过地面点分类的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。

  > 类别列表（支持设置多个高度范围进行分类）

- 初始类别：待分类类别。
- 地面点类别：2-地面点。
- 目标类别：分类目标类别。
- 最小高度（米）（默认为**“0”**）：地面点以上待分类区域最小高差值。
- 最大高度（米）（默认为**“1”**）：地面点以上待分类区域最大高差值。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

> 注意：此功能需要点云内含有地面点类别。

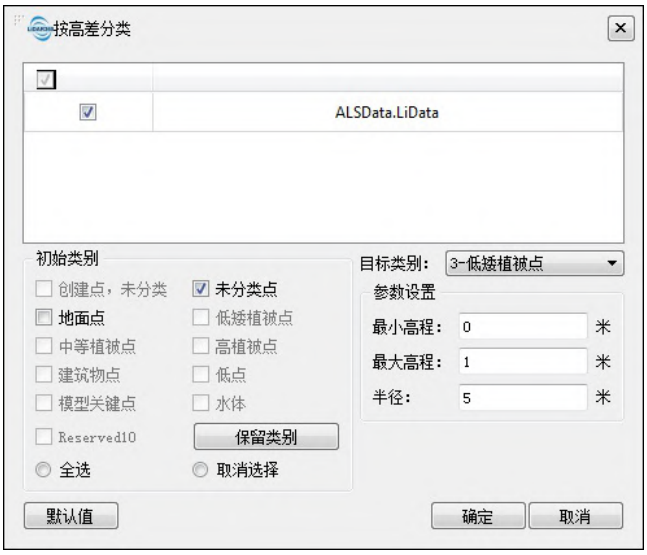
按高差分类

功能概述

该功能计算任意一个点，与其周围指定搜索半径内点集中最低点之间的高差，若高差在最小高差和最大高差范围内，则该点被标记为目标类别。

用法

点击分类 >按高差分类。



参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 最小高差（米）（默认为**“0”**）：最小高差值阈值。
- 最大高差（米）（默认为**“1”**）：最大高差值阈值。
- 半径（米）（默认为**“5”**）：当前待分类点待分类区域半径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

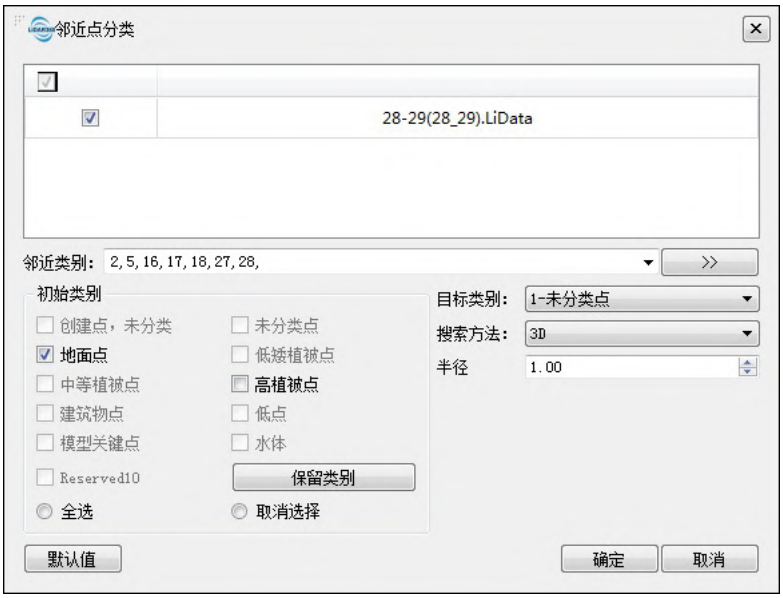
邻近点分类

功能概述

此功能可以对靠近其他类别的点云进行分类。对于源类别中的每一个点，软件寻找指定2D或3D邻域中的点云，并判断这些点是否满足一定条件（比如含有某一指定类别），如果条件满足，该点被分至目标类别。

用法

点击分类 > 邻近点分类。



参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 邻近类别：对于每个源类别中的点，若搜索范围内出现该指定类别，将被进行分类。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 搜索方法：邻域搜索方法，支持2D或3D邻域。
    - 半径：邻域搜索半径。

按范围分类

功能概述

将多边形内满足初始类别的点，分为目标类别。

对于矢量数据中的Polygon对象，若并未勾选计算拓扑关系，则会将多边形内所有初始类别的点分为目标类别；若勾选计算拓扑关系，则会将内多边形与外多边形区间内的初始类别的点，分为目标类别，内多边形中的点保持不变。对于矢量数据中的MultiPolygon对象，则会将内多边形与外多边形区间内的初始类别的点，分为目标类别，内多边形中的点保持不变。

用法

点击分类 >按范围分类。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个或多个点云；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 矢量文件：用户可以从下拉菜单中选择加载到LiDAR360软件中的矢量文件，也可以选择 ... 按钮来加载外部矢量数据文件。
- 是否计算多边形拓扑关系：对于矢量数据中的Polygon对象，计算多边形间拓扑关系。若勾选，则计算多边形间的拓扑关系；若不勾选，则将Polygon内所有的点生成一个新文件。

建筑物分类

功能概述

对点云数据中的建筑物、墙面进行分类。

用法

点击分类 > 建筑物分类。

参数设置

- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是已经进行过地面点分类的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 地面点类别: 地面点。
- 建筑物类别：指定建筑物类别编号。
- 墙体类：指定墙体类别。
- 邻域半径（默认为**“1m”**）: 计算点云法向量时的邻域半径，通常设置为点间距的4-6倍。
- 角度阈值（°）（默认为**“10”**）: 平面聚类时两点之间的角度阈值，小于该值则认为是同一簇点云。
- 距离容差（默认为**“0.2m”**）: 平面聚类时点到平面的距离阈值，小于该值则认为是同一簇点云，一般设置为略大于点间距的值。
- 最小点数（默认为**“100”**）: 建筑物面片的最小点数。
- 最大坡度（°）（默认为**“60”**）: 大于该值则认为不是建筑物顶面，而可能是墙面或者其它类别。
- 最小建筑物面积（默认为**“20m^2”**）: 建筑物屋顶面的最小面积，小于此值的会被认为是非屋顶面。
- 高于地面点高度（默认为**“2m”**）: 用于屋顶点的初步筛选。
- 缓冲区大小（默认为**“10m”**）: 点云分块的缓冲区。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

> 注意：
>
> 1.使用该功能要求点云已经进行过地面点分类。
> 2.输入数据中，已被分类为目标类别的点不会重新分类。

模型关键点分类

功能概述

模型关键点分类是对分类后的点进行一定程度的抽稀。 一般用于从地面点类别中抽取点生成一个保留地表模型关键点的稀疏点集，保留地形上的关键点而相对抽稀平缓地面区域的点。

此功能的算法思路为首先对点云进行格网化，然后利用格网内的种子点建立初始的三角网。根据上下边界阈值将符合条件的点加入三角网中，不断进行迭代，直至所有的模型关键点都被分类完成。在下图中，黄色点为地面点，紫色点为模型关键点。

用法

点击分类 > 模型关键点分类。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 原始类：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 上边界阈值（米）（默认为**“0.15”**）：由原始点所组成的三角网模型上所允许的最大高程容差值，超过该阈值则作为关键点，简单来讲，此值设置越大，提取的模型关键点越稀疏，反之，越密。
- 下边界阈值（米）（默认为**“0.15”**）：由原始点所组成的三角网模型下所允许的最大高程容差值，超过该阈值则作为关键点，简单来讲，此值设置越大，提取的模型关键点越稀疏，反之，越密。
- 格网大小（米）（默认为**“20”**）：设置该值以保证提取的模型关键点的密度，例如，想要保证每隔20米边长的格网内至少有一个点，则此值设置为20。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

水域分类

功能概述

此功能通过将源类别中满足条件的点分类为水域，并提取出水域边界。 该功能的主要算法思想为：由于激光特性，水域呈低密度区域。设置栅格尺寸对点云进行栅格化，通过栅格密度阈值对栅格进行二值化并进行形态学处理，提取面积大于最小面积阈值的低密度区域边界作为水域边界。

用法

点击分类 > 水域分类。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 格网大小：对待分类点云进行栅格化的栅格尺寸，一般大于点云的平均点间距。
- 密度：栅格点密度小于该值标记为水域,每单位面积内包含的点数。
- 最小面积：待分类水域的最小面积。
- 输出路径：保存提取的水域边界路径。

道路提取

功能概述

选择3通道或单通道的影像,使用深度学习模型提取道路多边形，生成道路线矢量文件和相应的道路掩膜图像。掩膜图像中包含两个分类值，分类值0表示未分类，分类值1表示道路。

用法

点击分类 > 深度学习提取道路

参数设置

- 道格拉斯简化：勾选即可对道路轮廓进行简化。
- 长度阈值：该参数设置越大，简化效果越明显。
- 删除长度小于：删除长度小于设置值的道路轮廓线，用以过滤误识别的道路轮廓。
- 输出路径：设置成果矢量文件的输出路径和格式，输出格式支持shp、gpkg。

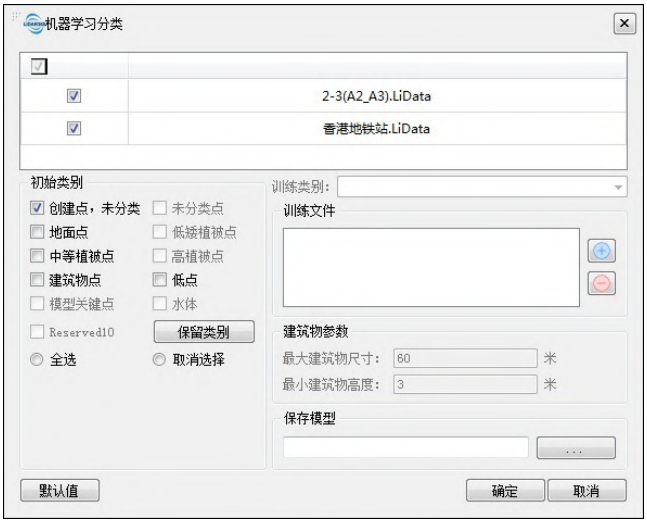
机器学习分类

功能概述

该功能采用随机森林对点云数据进行分类。此功能采用监督分类，在同一批次数据中，需要手工编辑少量数据的类别，训练模型后批量处理大量数据，期待减少人工量。支持两种流程：选择训练样本，生成训练模型，处理待分类数据；利用已有的模型处理待分类数据。

用法

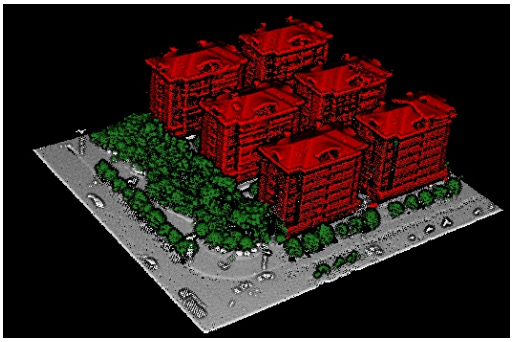
点击分类 > 机器学习分类。



参数设置

- 待分类数据：可选择软件中加载的单个或者多个数据。
- 初始类别：数据源类别，在分类过程中将被改写。
- 训练类别：在添加训练文件后，该类别才能进行设置。训练数据中用户感兴趣的类别，这些类别将被训练，分类的结果中也将包含这些类别，训练类别至少应该选择两类（其中一类可以为未分类）。
- 训练文件：训练文件是已经精细分类好的点云文件。点击⊕加载训练数据，点击⊖移除选中的数据，可训练多个文件，训练数据中的类别经过人工编辑。需至少选择一个训练文件，会根据训练文件的分类信息，对输入的点云数据进行相应的分类，如训练文件是已经分类的地面点和植被，则对输入的点云进行地面点和植被分类，训练点云的分类质量会影响输入点云的分类质量。
- 建筑物参数：只有当训练类别中包含建筑物时，这些参数才会使用，分别设置最大建筑物尺寸和最小建筑物高度。
  - 最大建筑物尺寸（米）（默认为**“60”**）：待处理数据中最大建筑物尺寸。
  - 最小建筑物高度（米）（默认为**“3”**）：待处理数据中最小建筑物尺寸。
- 保存模型：训练后的模型文件保存路径，模型文件格式为自定义的后缀为vcm的文件。该模型文件可作为按机器学习模型分类的输入数据。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

训练少量人工编辑数据，包含未分类、植被、建筑，且都参与训练，如下图：



完成训练后即可使用机器学习模型分类，将训练数据中的类别全部分类出来。

按掩膜分类

功能概述

将Mask的地物类别映射到相应的点云上。

该功能自动读取Mask的类别，并根据Mask影像像素点所代表的地理区域，将对应的类别赋予给该地理区域的点云，传入的数据需为360生产的分类Mask

用法

点击分类 > 按掩膜分类。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 掩膜：分类掩膜。
- 源类别：点云参加分类的类别。
- 掩膜类别：自动读取掩膜的类别并显示在该列，若对某类别进行映射需勾选。
- 目标类别：需要掩膜类别映射到点云的目标类别，默认为未分类点，续手动选择目标类别。

表面点分类

功能概述

顶部表面分类功能旨在对点云中的点进行再分类，这些点表示每个位置的最高点。这种分类对于创建准确的数字表面模型 （DSM） 至关重要，通常用于城市规划、环境评估和测绘计划等各种应用。

用法

点击分类 >表面点分类。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 地面点：待分类的地面点类别。
- 屋顶点：待分类的建筑物点点类别。
- 植被点：待分类的植被点点类别。
- 间隔：不同待分类类别分类到目标类中的点间隔。
- 目标类别：分类目标类别。

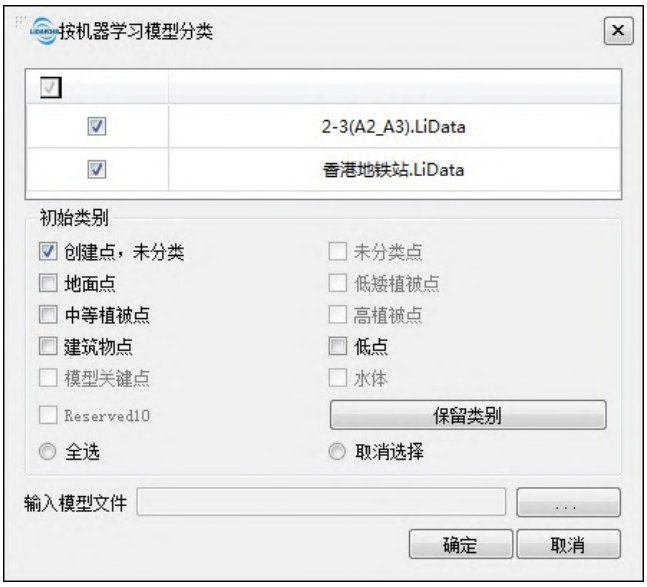
按机器学习模型分类

功能概述

通过直接导入后缀为vcm的机器学习模型进行机器学习分类，需要注意的是，导入的机器学习模型的源点云数据应含有待分类数据的相关几何特征，分类效果才能得到保证。

用法

点击分类 > 按机器学习模型分类。



参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 起始类别：待分类类别。
- 输入模型文件：导入训练好的模型文件，模型文件格式为自定义后缀为vcm的文件。该文件通过机器学习分类生成。

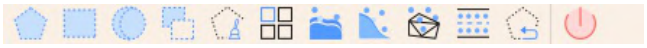
选择区域地面点分类

功能概述

因点云数据各种地形复杂多变，在利用地面点分类时，采用一套参数往往难以达到很好的分类效果，尤其对于待分类区域含有山区，平原等混合区域。因此对于复杂地形无法一次分类就获得较好分类效果的情况下，可考虑使用选择区域地面点分类工具条对局部分类效果不理想区域重新进行地面点分类。

用法

在窗口内首先加载数据，点击分类 >选择区域地面点分类，数据窗口上方会出现分类工具栏，如下图。



从左到右依次为：多边形选择、矩形选择、球形选择、减选、清除选择区域、按属性分类、 二次曲面滤波、 坡度滤波、 *TIN*滤波、 提取中位地面点、恢复选择区域和退出工具。选择和裁切工具可以参考 选择和裁切

> 注意：选择区域地面点分类提供的地面点分类算法包括：二次曲面滤波、坡度滤波及TIN滤波。具体使用何种方法视地形情况而定，一般情况下，TIN滤波效果最为稳定，因此，首荐TIN滤波。另外，利用选择区域地面点分类最好逐一点云文件进行处理。

按附加属性分类

功能概述

通过此功能可以将点云中的某类别按照附加属性范围分类成另外一个类别。附加属性支持一个或多个分量。

用法

点击分类 > 按附加属性分类。

参数设置

- 输入数据：输入文件必须是单个点云数据文件。用户可以选择已经在LiDAR360软件中打开的点云数据，也可以打开磁盘中的其它LiData文件。
- 初始类别：待分类类别。
- 目标类别：分类目标类别。
- 附加属性以及范围选择：参考按附加属性提取

按深度学习分类

功能概述

该功能采用深度学习分割模型对点云数据进行分类，适用于机载城市、机载乡村、地基林业、地基公园、车载道路等多个场景。模型基于稀疏卷积开发，在保证高效性的同时也带来了更好的细节表现。

用法

点击分类 > 深度学习分类

参数设置

- 待处理数据：可选择软件中加载的单个或者多个数据。
- 初始类别：可选择需要被分类的类别，未选择类别将不会被模型分类结果覆盖，这在数据存在部分精细类别时特别有效。
- 场景：选择不同的场景将使用不同的预训练模型。软件提供五种预训练模型对点云进行分类，其中机载城镇支持未分类、植被、建筑物、杆塔、电力线、汽车；机载乡村支持未分类、植被、建筑物、杆塔、电力线；地基林业支持低矮植被、高等植被；地基公园支持未分类、低矮植被、高等植被、建筑物、电力线、杆、车辆、告示牌、护栏；车载道路支持未分类、低矮植被、高等植被、建筑物、电力线、杆、静态车辆、动态车辆、告示牌、护栏。
- **xx**分类：勾选将启用此分类，可选择此类别对应的数字。
- 高于地面点高度：勾选将使用类别2地面点作为参考地面点，填写地面高度，此参数可有效避免地面点错误分类为建筑物。
- 使用**GPU**：是否使用显卡加速分类。此功能支持两种运行方式：GPU和CPU。如果电脑显卡满足要求（计算能力在3.5及以上的NVIDIA显卡，且运行时剩余可用显存超过4GB）将默认勾选此选项，用户可按需求进行选择是否使用GPU，GPU效率会比CPU高约4倍。如果条件不满足，将无法使用GPU，此时功能将默认使用CPU运行。

注意：该功能输出将会覆盖原始数据文件，有需求的用户请自行备份数据。由于训练数据场景有限，深度学习模型可能在某些场景或某类数据上表现不佳。

自定义深度学习分类

该功能采用深度学习算法对点云或影像数据进行分类。此功能采用监督分类，在同一批次数据中，需要手工编辑少量数据的类别，训练模型后批量处理大量数据。支持两种流程：选择训练样本，生成训练模型，处理待分类数据，利用已有的模型处理待分类数据。

使用此功能请确保您已经安装深度学习服务

要求

GPU 要求	描述
GPU 类型	CUDA 计算能力最小 3.5， 推荐6.1或更高. 查阅更多资料 Compute Capability
GPU 内存	最小: 6GB 推荐: 8GB 或更高， 取决于深度学习模型结构和批次大小

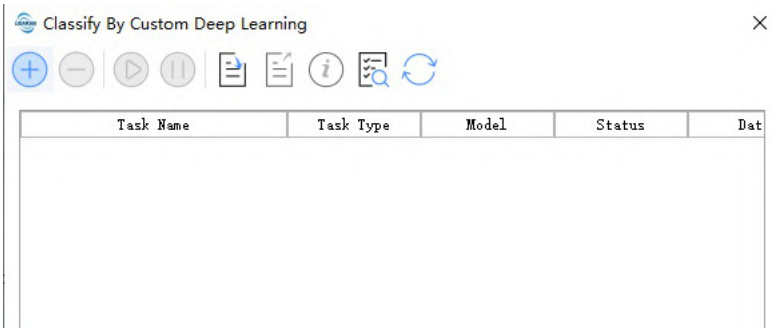
用法

点击 分类 >自定义深度学习分类

使用流程:数据准备-->训练点云分类模型-->使用训练模型分类

如下为任务管理页面，可显示状态/管理训练点云分类模型任务，使用训练模型分类任务.

工具栏从左往右依次为 新建任务，删除任务，启动任务，暂停任务，导出任务，任务信息，导入任务，模型管理，刷新

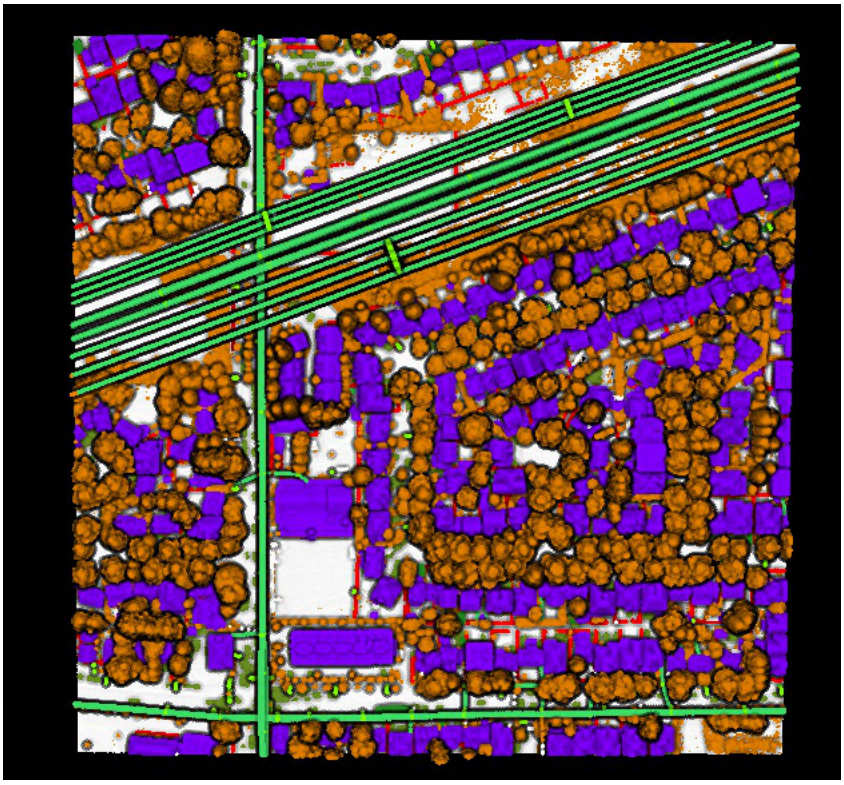


任务管理页面，可显示状态/管理训练点云分类模型任务。

数据准备

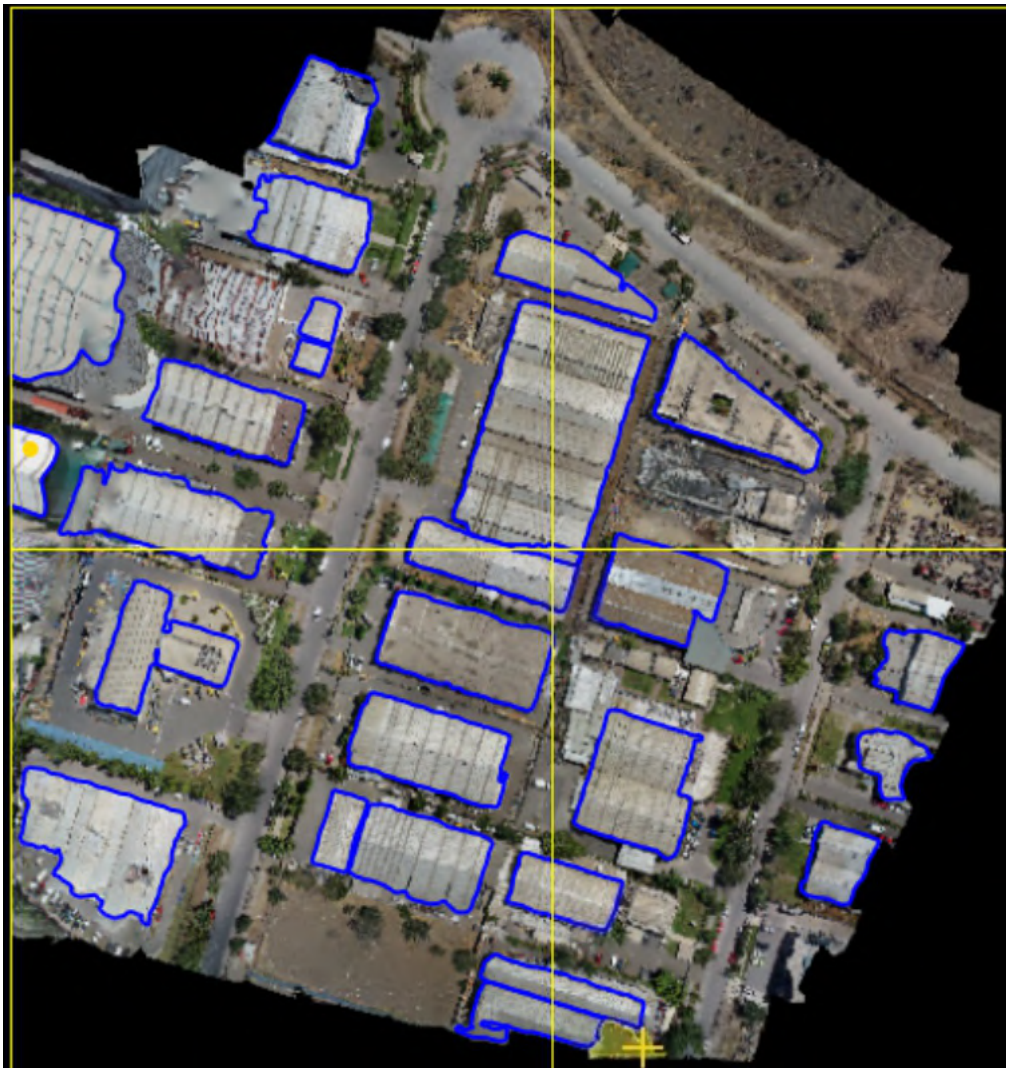
点云

在训练之前应当准备好训练需要的标注数据(如下图所示)，可使用LiDAR360提供的剖面编辑功能编辑类别数据。训练数据应为真实场景数据，允许使用LAS，LAZ，LiData三种格式的数据。根据场景和算法的处理方式不同来调整训练数据数量。原则上参与训练的标注数据越多越好，我们推荐至少准备100m*100m范围的数据使用，以获取良好的使用体验。请注意，数据的标注一定要统一原则，类别的设定尽量不要根据场景变动。错误的标注数据将会带来负面的影响。



影像

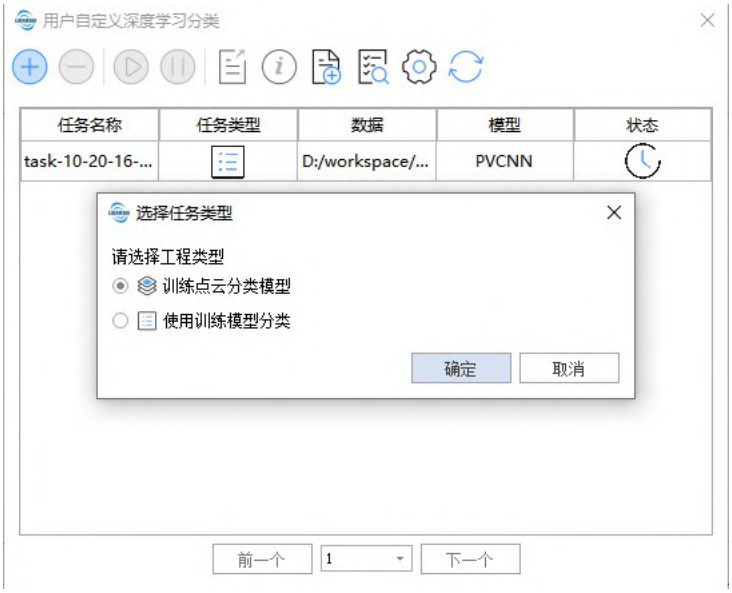
在训练之前应当准备好训练需要的标注数据(如下图所示)，可使用LiDAR360提供的labelme标注功能，或者使用其他labelme工具进行标注。训练数据应为真实场景数据，允许使用常见的jpg，png，tif等影像格式。每张影像建议尺寸小于2048*2048，否则图像太大将导致训练效果很差。大图像建议切图后再进行标注。标注数据可以为矩形框或多边形，矩形框对应检测任务，多边形对应分割任务。



训练模型

点云

点击 分类>深度学习自动分类->训练点云模型



用户在按需填写数据路径后，点击default使用默认参数即可开始使用。

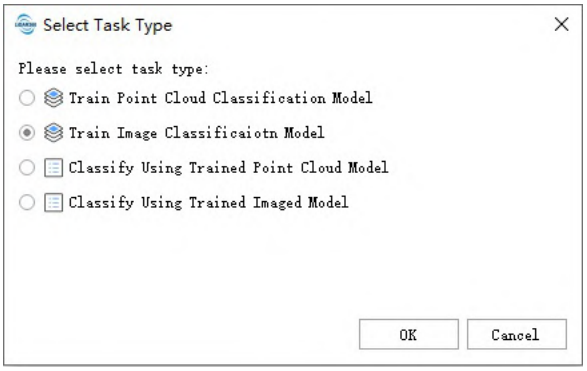
- **Task Name**： 任务名将作为训练好的模型名称。
- **Training Data**： 将已做好类别标记的数据放在同一文件夹下，会读取文件夹下支持的数据格式所有数据。
- **Validation Data**：将已做好类别标记的数据放在同一文件夹下，此文件夹下数据将作为范本计算准确率等指标。
- 数据预处理:
    - Advanced Option：可在此处选择数据预处理函数，通常有统计滤波，体素滤波等，一般为避免过密的数据引起意外内存不足问题默认使用体素滤波。
- 分块函数：
    - **Split Function**： 数据分割，为了避免使用过多的显存，建议用户将数据分割到合适的大小，分割的尺寸选择与数据分布，算法等有关。参数填写指南。
- 选择类别： 类别映射，其中Sample Class为训练样本的类别，Merge Tags为将对应Sample Class中的类别合并为一个类别进行训练，Sample Class一或多对应Merge Tags，需注意Sample Class设置时应该包含训练样本数据中所有的类别，Merge Tags中0对应的类别为背景不参与训练。
- 模型：
    - **Model List**： 模型暂提供SPVANS，DRINet，PVCNN，KPConv，MinkUNet五个经典模型(非原版实现，有少量变更)，针对这五个算法我们都有提供对应的推荐参数设置，推荐使用左下角Default按钮自动填写后续参数。
- 训练：
    - **epochs** 迭代周期，每次完整循环处理完所有数据为一个epochs。
    - **batch size**：每批量数据，即每次模型处理几个数据，在内存允许的状态下一般越大越好，在模型精度与训练速度上更有优势.对于具有 8 GB 专用 RAM 的 GPU，请使用默认的批量大小 2，如果您发现训练期间仍有大量 GPU 内存可用，则可以安全地增加批量大小，以一次处理更多块。

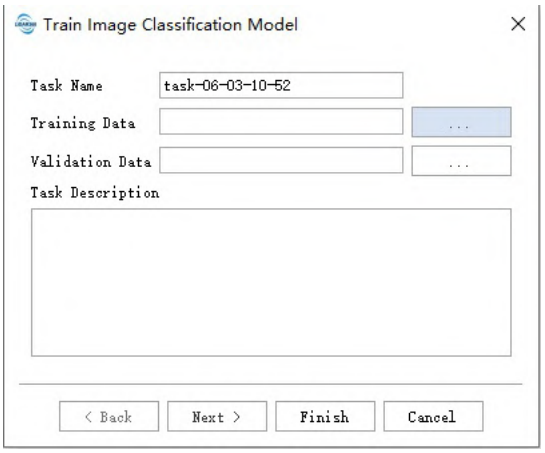
- **lr**：learning rate 学习率，配合优化器控制模型学习的速度与方向(通常学习率越低越稳定也更容易陷入鞍点)。
- **optimizer**：优化器，同上。
- **lr scheduler**：学习率控制器，随周期变化的学习率在某些情况下能获取更好的精度。
- loss:损失函数，在Advanced Option中，默认使用交叉熵CrossEntropyLoss ，FocalLoss一般来说在类别不均衡时有更佳的效果在标签有误的情况下效果可能更差，推荐使用交叉熵。

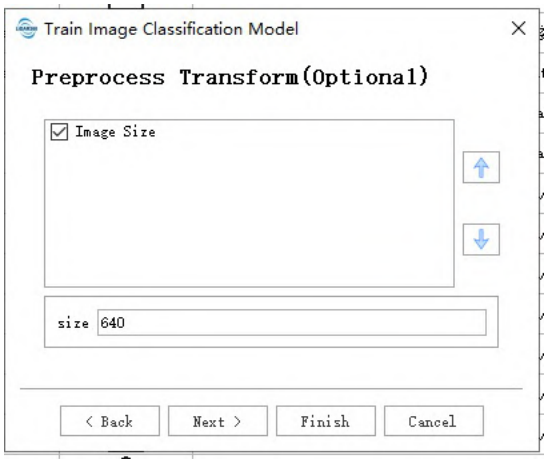
> 上述加粗为必填参数，其他可选填。值得注意的是随着版本的更迭,参数可能会出现变动。

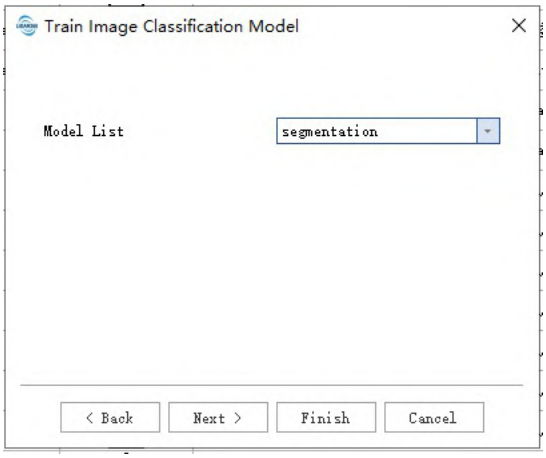
影像

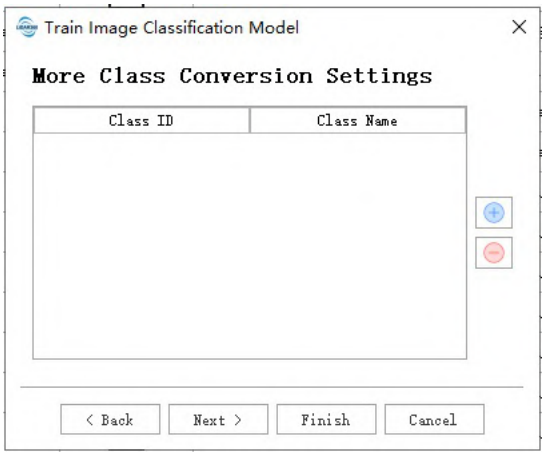
点击 分类>深度学习自动分类->训练影像分类模型

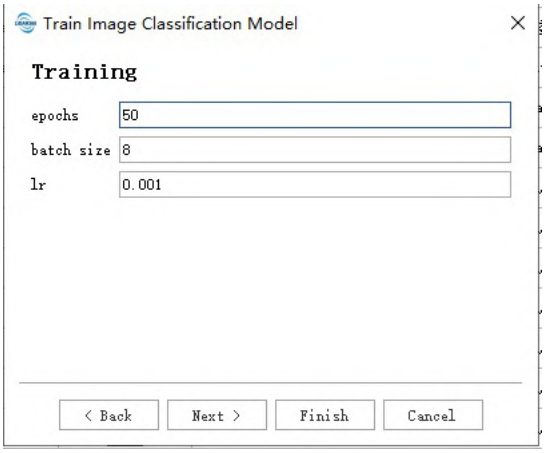


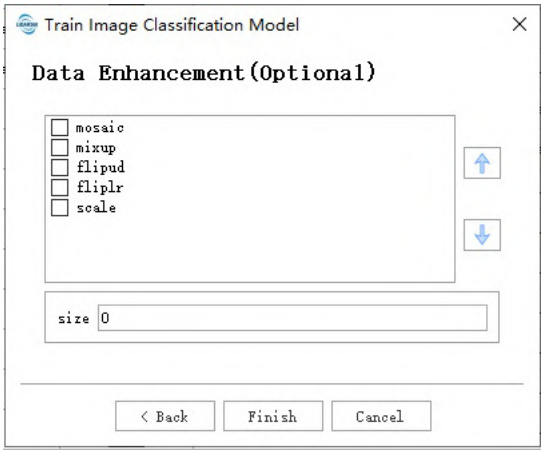






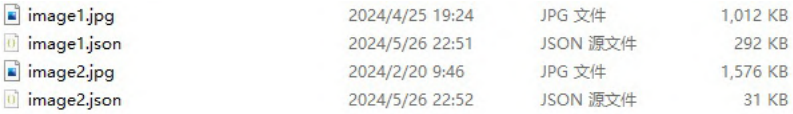






用户在按需填写数据路径后，点击default使用默认参数即可开始使用。

- **Task Name**：任务名将作为训练好的模型名称。
- **Training Data**：将已做好类别标记的数据和标注文件放在同一文件夹下，会读取文件夹下支持的数据格式的所有文件以及对应标注文件。图像和标注文件格式如下图所示



- **Validation Data**：将已做好类别标记的数据和标注文件放在同一文件夹下，图像和标注文件格式如Training Data中一致，此文件夹下数据将作为范本计算准确率等指标。
- 数据预处理：
  - Image Size：训练图像的大小，训练时候图像将会被调整为设置的大小。
- 选择类别：类别映射，标注的标签数值类别与真实类别。
- 模型：
  - **Model List**： 模型暂提供segmentation，detection两种。segmentation是进行图像分割任务，detection是进行图像目标检测任务。
- 训练:
  - **epochs**：迭代周期，每次完整循环处理完所有数据为一个epochs。
  - **batch size**：每批量数据，即每次模型处理几个数据，在内存允许的状态下一般越大越好，在模型精度与训练速度上更有优势.对于具有 8 GB 专用 RAM 的 GPU，请使用默认的批量大小 2，如果您发现训练期间仍有大量 GPU 内存可用，则可以安全地增加批量大小，以一次处理更多块。
  - **lr**：learning rate 学习率，配合优化器控制模型学习的速度与方向(通常学习率越低越稳定也更容易陷入鞍点)。
- 数据增强:
  - **mosaic**：将四幅训练图像合成一幅，模拟不同的场景构成和物体互动。对复杂场景的理解非常有效。
  - **mixup**：混合两幅图像及其标签，创建合成图像。通过引入标签噪声和视觉变化，增强模型的泛化能力。
  - **flipud**：以指定的概率将图像翻转过来，在不影响物体特征的情况下增加数据的可变性。
  - **fliplr**：以指定的概率将图像从左到右翻转，这对学习对称物体和增加数据集多样性非常有用
  - **scale**：通过增益因子缩放图像，模拟物体与摄像机的不同距离。

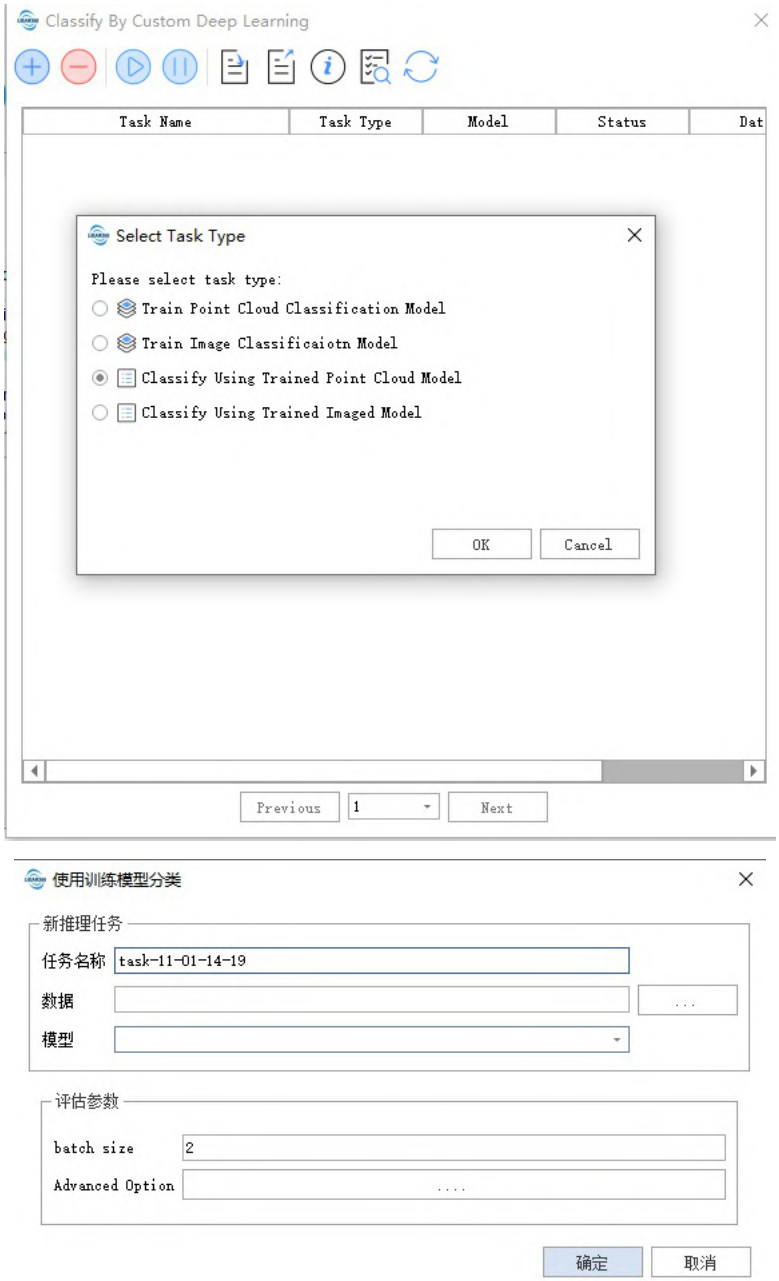
> 上述加粗为必填参数，其他可选填。值得注意的是随着版本的更迭,参数可能会出现变动。

>

使用训练模型

点云

点击 分类 >深度学习自动分类 >使用训练模型分类

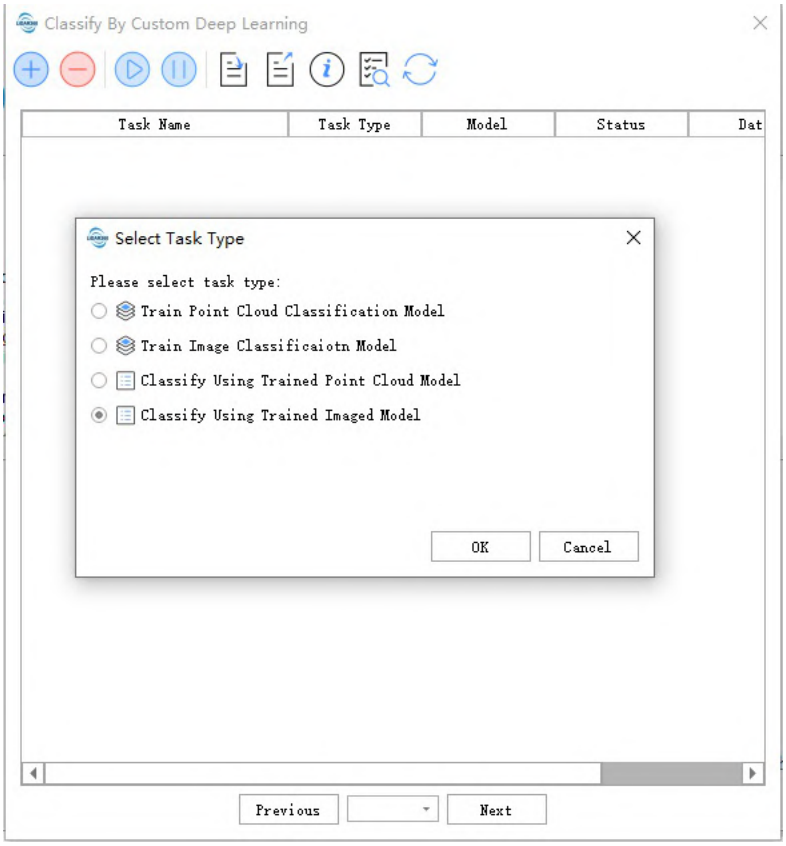


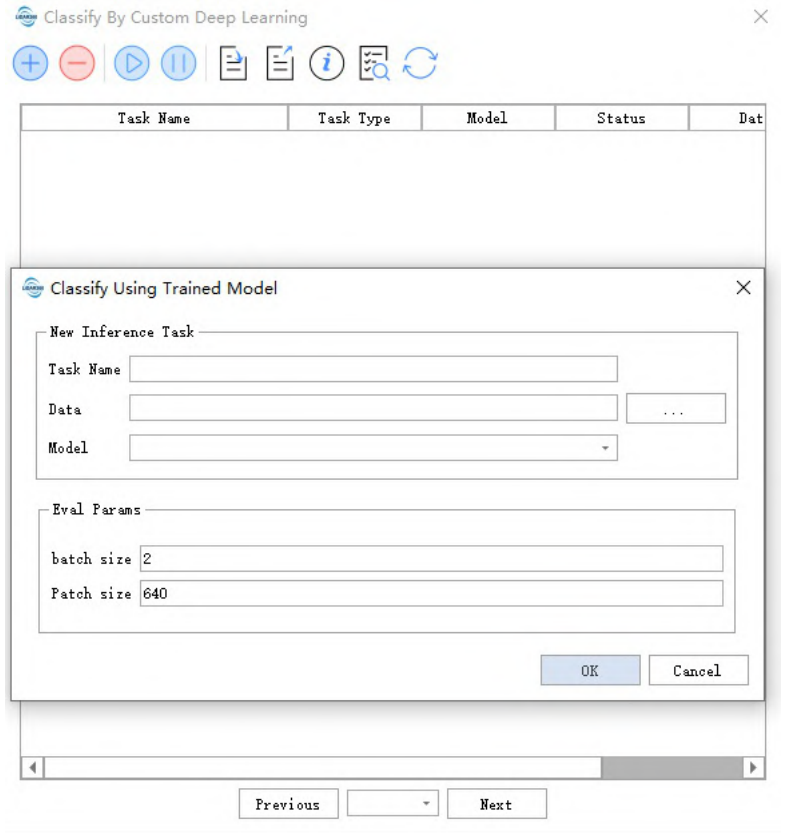
- **Data** ：会读取文件夹下支持的数据格式所有数据，并直接修改源数据，在需要时请自行备份数据。
- **Model** ：选择使用的模型，其中Model的名称将以训练任务名命名，在训练完成后将自动添加进入Model管理。
- 评估参数：
  - batch size：主要控制每次进入模型的数据量,适量增大可加快速度同时会带来更多的内存占用
  - weight name：控制选择某项最佳指标(如acc miou等)模型

> 模型将会在训练任务完全停止时产生(训练任务完成，训练任务暂停，训练任务由内存超出退出)。
>
> 上述加粗必填参数，其他可选填。
>
> 值得注意的是随着版本的更迭,参数可能会出现变动。

影像

点击 分类 >深度学习自动分类 >使用影像模型





- **Data**： 会读取文件夹下支持的数据格式所有数据。
- **Model** ：选择使用的模型，其中Model的名称将以训练任务名命名，在训练完成后将自动添加进入Model管理。
- 评估参数：
  - batch size：主要控制每次进入模型的数据量,适量增大可加快速度同时会带来更多的内存占用
  - Patch size：推理模型时候图像分块的大小

> 模型将会在训练任务完全停止时产生(训练任务完成，训练任务暂停，训练任务由内存超出退出)。
>
> 上述加粗必填参数，其他可选填。
>
> 值得注意的是随着版本的更迭,参数可能会出现变动。

评估训练结果

点云指标：

提供三个指标MIoU，Acc，MAcc，主要基于混淆矩阵计算

真实值positive，模型认为是positive的数量（True Positive=TP） 真实值positive，模型认为是negative的数量（False Negative=FN） 真实值negative，模型认为是positive的数量（False Positive=FP） 真实值negative，模型认为是negative的数量（True Negative=TN）

		真实类别	
		1	0
预测类别	1 Positive	True Positive 真阳	False Positive 伪阳
	0 Negative	False Negative 伪阴	True Negative 真阴

这样的四个指标组成的表格成为混淆矩阵

IoU(Intersection over Union) 交并比

即目标与预测的交集/目标与预测的并集

$$IoU = \frac{target \cap prediction}{target \cup prediction} = \frac{TP}{TP + FP + FN}$$

MIoU(Mean Intersection over Union) 平均交并比

$$\frac{\sum_{i=0}^{n} IoU_i}{n}$$

Acc(Accuracy)

$$Acc = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

MAcc(Mean Accuracy)

$$mAcc = \frac{\sum_{i=0}^{n} Acc_i}{n}$$

通常情况下我们只需要关注miou指标，即平均交并比。 ##### 影像指标 提供了mAP指标，mAP指标是基于精确率与召回率计算 精确率（precision)

$$\mathrm{p} = \frac{TP}{TP + FP}$$

召回率（recall)

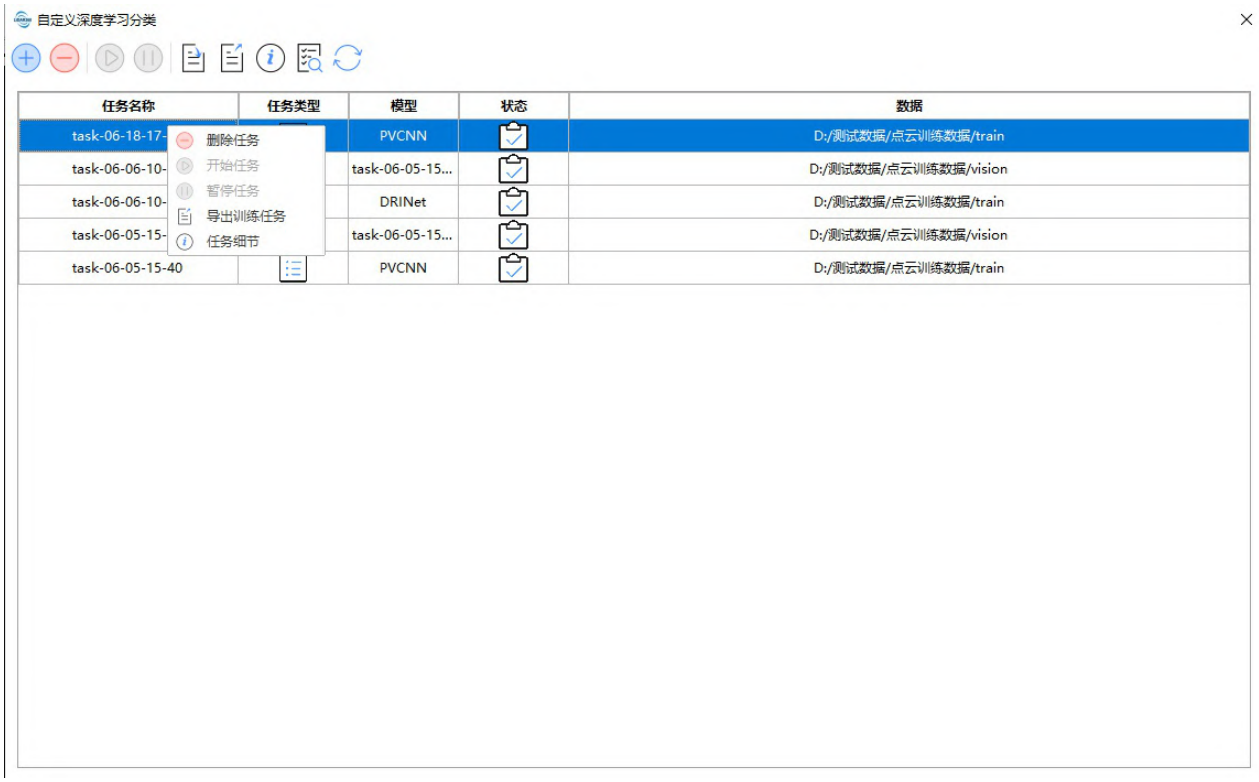
$$\mathrm{r} = \frac{TP}{TP + FN}$$

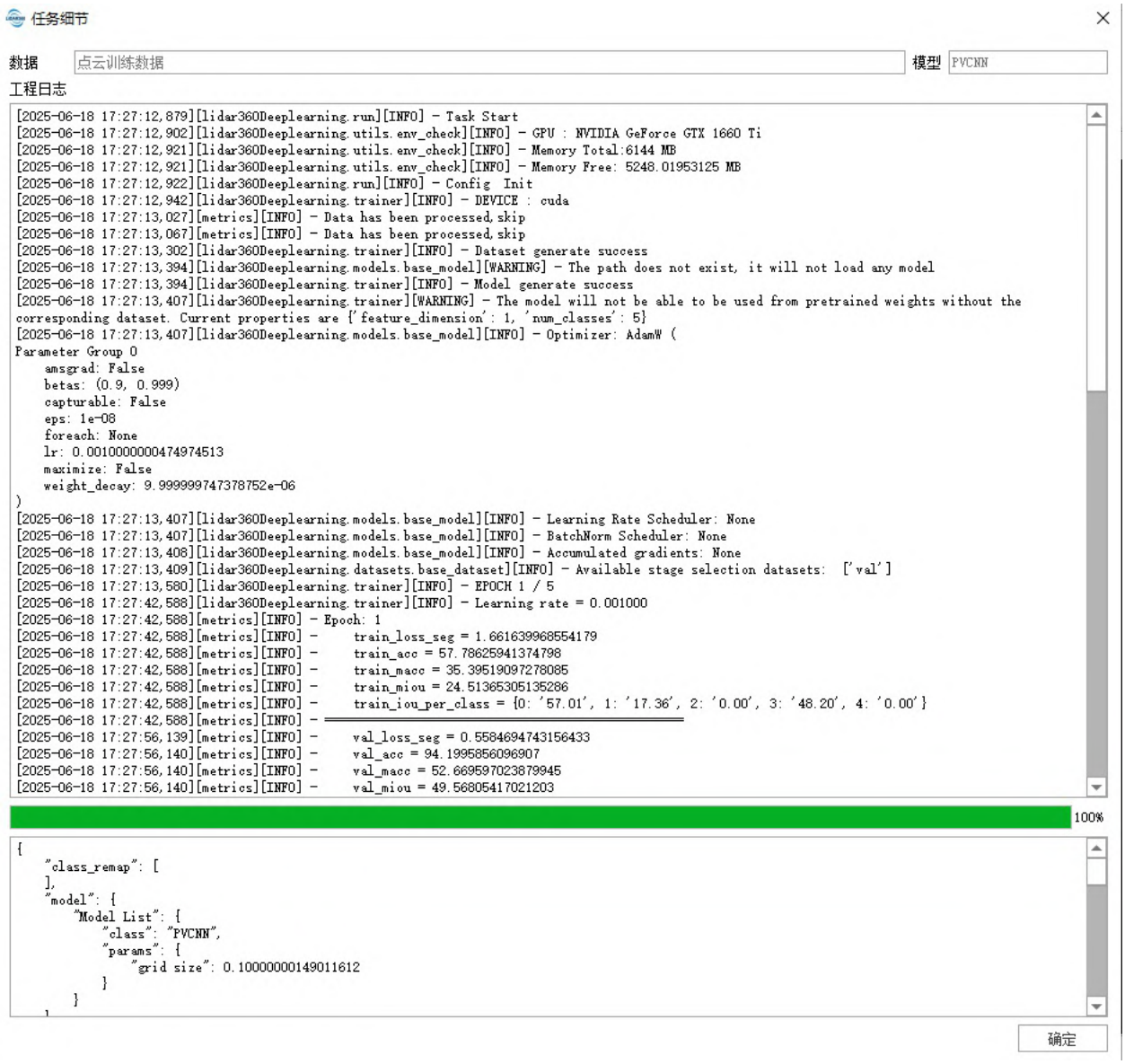
平均精度（AP）：PR曲线以下与横轴、纵轴之间的面积。PR曲线是由Precision（精准率或者查准率）与Recall（召回率或者查全率）构成的曲线，横轴为Recall，纵轴为Precision

均值平均精度（mAP）：所有类别的平均精度求和除以所有类别

训练过程

查看训练过程和结果可以通过右键任务点击任务细节，然后可以看到详细的任务信息，训练过程，训练指标和训练状态。


自定义深度学习分类
任务名称
任务类型
模型
状态
数据
task-06-18-17-
PVCNN
D:/测试数据/点云训练数据/train
task-06-06-10-
task-06-05-15...
D:/测试数据/点云训练数据/vision
task-06-06-10-
DRINet
D:/测试数据/点云训练数据/train
task-06-05-15-
task-06-05-15...
D:/测试数据/点云训练数据/vision
task-06-05-15-40
PVCNN
D:/测试数据/点云训练数据/train
删除任务
开始任务
暂停任务
导出训练任务
任务细节

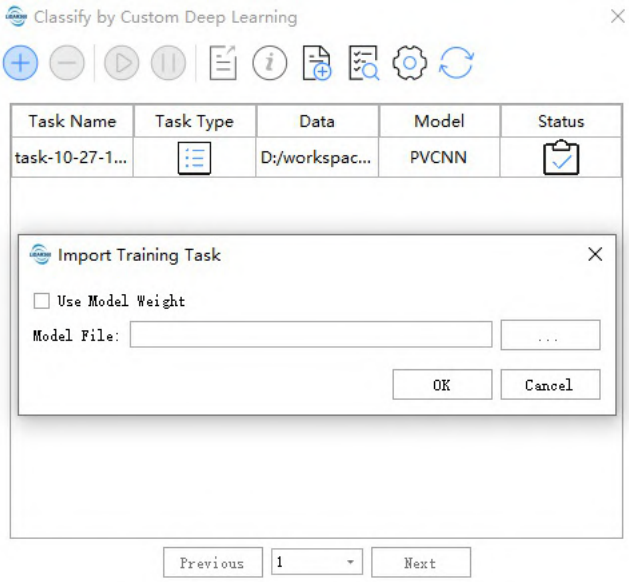


模型管理

模型管理界面可管理可用模型，也可以导入外部模型(仅限LiDAR360客户端产出模型)。

导入任务

可导入外部模型，获取参数/权重。



- 模型文件：外部模型文件路径（仅支持LiDAR360客户端产出）。
- **Use Model Weight**：模型权重，勾选时为继续训练，不勾选时仅获取模型训练参数。

深度学习模型对比

点云

以下数据为训练阶段，使用voxel size为0.5的体素下采样，单个数据约20w点，批次为2统计。时间复杂度与空间复杂度主要受数据疏密程度影响，模型多次下采样后的点密度难以控制，只能给到一个大概值提供参考。

硬件配置

CPU：i7-10700k(8t16c)

GPU：RTX3060

算法	速度**(items/s)**	内存占用**(GB)**
PVCNN	1.82	8G
KPConv	0.04	11G
MinkUNet	1.05	8G

通常来说KPConv拥有最高的精度与细节表现，推荐在需要精细分类的小场景下使用此模型。MinkUNet有更大的视野与合适的速度，推荐在大场景下使用。PVCNN拥有不错的细节表现和最快的速度，一般情况下都推荐使用此模型。

影像

以下数据为训练阶段，批次为4统计。

	速度**(items/s)**	内存占用**(GB)**
segmentation	3	2G
detection	3	2G

特征选择

点云

根据数据特定可以添加RGB与Intensity特征。RGB与Intensity特征可以使模型更早的拟合，在最终精度方面差别不大(视实际数据情况)，在内存占用与计算速度上的差异可忽略不计。

特征	**miou**
RGB+Intensity	99.1
Intensity	98.8
RGB	99.0
无	98.7

影像

无需选择特征

数据分割

点云

一般建议用户最少选择欲分类个体类别最大尺寸(如欲分类建筑物个体最大为80m*80m，建议分块使用Tile by Range 参数length为90或以上)，再根据硬件状况酌情增加。 Tile by Range Point Number 按点数分割，在数据不均匀分布时(如稀疏场景下)可能带来更好的性能。

影像

一般建议用户在进行训练时候对数据进行分块处理，分块大小建议不超过2048。

调试指南

- 内存不够：调小batch_size参数，点云可以调小split transform分割大小，影像可以调小Image Size。
- 类别不均衡：推荐loss更改为Focal Loss。
- **loss**来回跳动：训练初期时可多等待训练几轮，如果在10-20epoch还不能稳定，可尝试调小lr/10，推荐在lr_scheduler使用Cosine Annealing WarmRestarts。如有需要可前期使用大lr训练，后期使用导入模型训练功能更改为小lr继续训练。

> 注意事项
>
> - 验证集默认使用训练集的数据增强。
> - 用户如未指定输入特征，将根据模型需要输入基础特征。

LiDAR360深度学习服务环境安装

系统软硬件配置

LiDAR360深度学习服务推荐硬件配置如下：

- 内存（RAM）：32GB以上；
- 中央处理器（CPU）：推荐Intel Core i7 3.8GHz；
- 显示适配器：推荐NVIDIA独立显卡，显存不小于8GB；
- 操作系统：微软Windows 8 (64位)及以上和 .NET Framework >=4.5.2 详情

1、从LiDAR360中点击下载LiDAR360深度学习服务软件下载

2、下载获得python38.7z压缩包，解压。

3、复制解压后目录中的所有文件到软件根目录下的python38目录中(如D:\GreenValley Suite\LiDAR360\8.1.0.0\python38)。

4、重新启动软件，即可使用自定义深度学习分类相关功能。

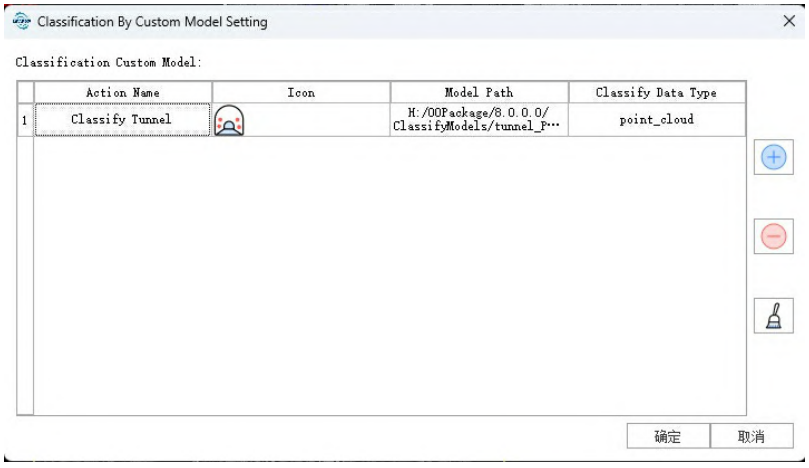
自定义分类设置

该功能通过使用自定义深度学习分类功能训练好的模型，定义分类功能，该分类功能根据训练的模型类型可以对点云和影像进行分类。

用法

1. 点击处于分类Page页中的自定义分类组中的设置功能，

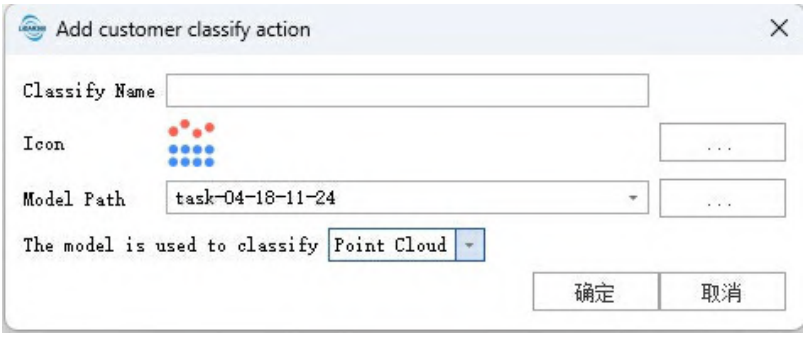
2. 弹出如下对话框



该列表展示了已经添加的自定义分类功能

添加新分类功能

功能描述：点击该图标，会弹出新增分类功能界面。



在如上界面定义分类名称，选择图标，模型路径列表中列出了自定义深度学习分类训练的模型文件结果，可选择该列表中的模型文件，或者通过外部导入模型文件的方式设置，最后设置该模型的分类数据类型，点击确定后，即定义好该分类功能。关闭设置界面后，Page页上会显示该功能。

以Classify Tunnel为例，点击该功能后，弹出下图界面，选择好需要分类的数据，初始类别以及深度学习分类参数，点击确定后，即可对所选数据进行分类。

删除分类功能

功能描述：删除列表中选择的分类功能，关闭设置界面后，Page页上会去掉改动能。

清除自定义分类功能

功能描述：清空列表中所有的分类功能，关闭设置界面后，page页上会同步清空自定义的分类功能。

分类编辑

功能描述：分类编辑功能支持用户通过剖面、TIN、DOM等辅助属性对大点云或内存点云进行分类编辑操作。

- 分块编辑工具
- 剖面绘制工具
- 断裂线绘制工具
- 断裂线工具
- 地面点模拟工具
- DEM预览工具
- TIN工具
- 选择工具
- 分类方法面板
- 剖面窗口工具
- 关联窗口工具

剖面与**TIN**工具

使用TIN工具可实时构建三角网模型，辅助用户实时查看编辑效果。

> 注意：可通过键盘上的快捷键P调节光照，改善TIN的显示效果。

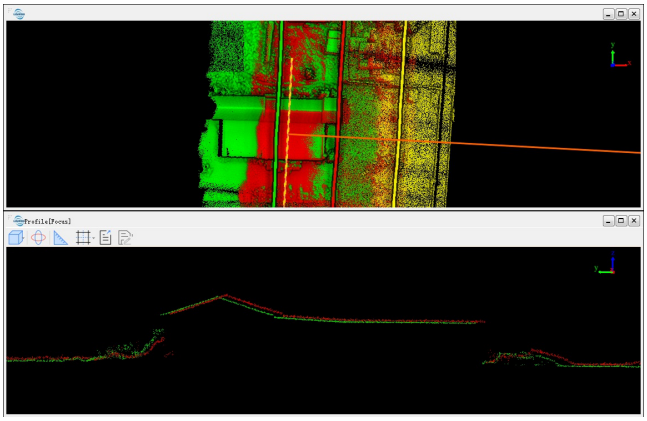
详细情况可参考TIN工具文档。

剖面与量测工具

开启剖面的状态下，点云窗口和TIN窗口不支持量测功能，剖面窗口支持单点选择、多点选择、长度量测、角度量测、坡度量测和高度量测。

剖面窗口与航迹拼接

在航迹拼接功能中，我们需要在剖面窗口中查看由安置角误差造成的不同航带之间的数据位置差异。



上图可以清晰看到拼接前点云的相对位置。拼接过程中，还可以通过剖面窗口实时查看不同参数的拼接效果。确保无误后就可以根据当前参数对点云进行变换，直接写入磁盘。

另外，利用剖面窗口的量测工具还可以协助人工估计俯仰角（Pitch）、翻滚角（Roll）和航偏角（Heading）。详细方法可以参考航带拼接。

剖面与**ALS/TLS**编辑

打开ALS编辑工具条之后，点云所在窗口将变成2D窗口，为了查看种子点在三维场景中是否准确，可使用剖面图工具。点击剖面图工具，将创建一个剖面窗口，选择一块多边形区域，该范围内的点云将显示在剖面窗口中，可以对所选点云进行三维旋转，方便查看种子点位置是否准确。

> 注意：ALS/TLS编辑工具中的剖面窗口不提供通用剖面工具条。

分块编辑工具

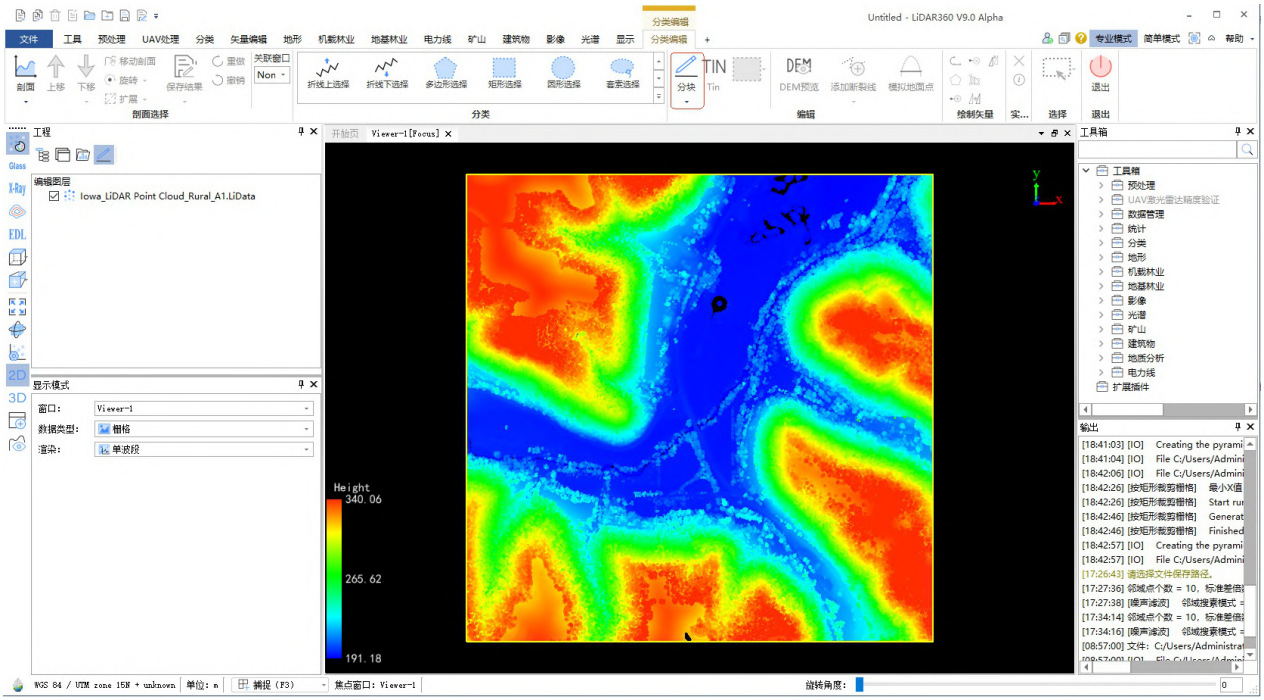
分块编辑工具支持用户将LiData数据划分多个内存数据块，对划分的数据块进行逐块数据检查编辑工作。开启分块编辑模式后，软件会根据用户选择的分块方式及相关参数设置确定各个内存数据块的范围，加载当前数据块中的全部点云数据用于进一步编辑。用户可以对当前内存点云块构建TIN模型来辅助进一步分类工作。

图标	描述	快捷键
	开启分块编辑模式，划分内存数据块	
	回退上一步操作	Ctrl+Z
	重新执行操作	Ctrl+Y
	保存	Ctrl+Shift+S
	设置	
	左移数据块	Alt+←
	右移数据块	Alt+→
	上移数据块	Alt+↑
	下移数据块	Alt+↓
	选择数据块	
	按矩形选择数据块	
	显示/隐藏文本	

编辑工具条

分块

功能描述：点击分块按钮，弹出“网格设置”对话框。"分块"按钮如下图所示：



用户可在网格设置对话框按提示选择“按宽度分块”、“分幅”、“按多边形分块”等三种分块方式之一并设置相关参数，点击确定，软件会显示网格块内所有的点云数据。

> 注意：在设置网格宽度时，建议每个网格平均150W点云数量。

撤销

功能描述：该功能支持用户多次撤销操作，不支持对保存后的数据进行撤销操作。支持大数据模式和内存模式下操作。

> 注意：在一个剖面编辑中，撤销和重做功能，限制次数分别为20次。

重做

功能描述：该功能支持用户对撤销的操作进行重做，不支持对保存后的数据进行重做操作。当前不支持大数据模式重做操作。

> 注意：在一个剖面编辑中，撤销和重做功能，限制次数分别为20次。

保存

功能描述：保存修改的数据到对应的LiData文件中。

设置

功能描述：剖面编辑支持用户切换内存数据块时自动保存模式。

- 切换内存块时自动保存：该参数用于内存模式编辑。勾选该参数，用户编辑完当前数据块，切换下一个数据块时会自动保存当前编辑的数据。

数据块切换工具条

数据块切换工具条在当前模式为内存模式，且分块方式为“按宽度分块”或“分幅”时处于可用状态。

左移数据块

功能描述：在窗口显示的网格结合表中，显示当前数据块左方格网中的数据用于数据编辑。

右移数据块

功能描述：在窗口显示的网格结合表中，显示当前数据块右方格网中的数据用于数据编辑。

上移数据块

功能描述：在窗口显示的网格结合表中，显示当前数据块上方格网中的数据用于数据编辑。

下移数据块

功能描述：在窗口显示的网格结合表中，显示当前数据块下方格网中的数据用于数据编辑。

选择数据块

功能描述：该工具在内存编辑模式下有效，点击该按钮，用户可以在主视图窗口或者TIN窗口中点击任意的格网进行数据显示查看编辑。

按矩形选择数据块

功能描述：该工具在内存编辑模式下有效，点击该按钮，用户可以在主视图窗口或者TIN窗口中通过矩形拉框的方式选择多个格网块进行数据显示查看编辑。

显示/隐藏数据块

功能描述：该工具在内存编辑模式下有效，点击该按钮，可以切换显示/隐藏网格对应的数字编号。

断裂线工具

功能描述：断裂线工具支持用户进行点云断裂线的绘制、导入和存储。以点云、地形模型为背景，基于点云优秀显示效果提供的高对比，能够清晰绘制水域、陡坎、河流、道路等断裂线要素。在绘制断裂线的基础上，利用绘制的断裂线辅助[Tin工具](TINTools.md)添加断裂线，进行地形编辑和点云的分类处理。 开启内存点云编辑之后，可以激活断裂线的编辑工具，并对应生成一个断裂线对象加载到目录树和参与编辑的各个窗口中。 断裂线编辑工具包括断裂线导入、断裂线绘图、实用工具、断裂线选择、实体捕获、图层管理等子功能模块。

断裂线导入

导入断裂线，从之前编辑并存储的断裂线文件中导入断裂线。

断裂线绘图

支持多段线和多边形形式的断裂线的绘制，支持断裂线的编辑，增加点、删除点、整形工具、移动拷贝。 具体操作可参考矢量编辑模块实体矢量化。

实用工具

支持断裂线的删除和属性查询，具体操作可参考矢量编辑模块实用工具。

实体捕获

支持断裂线绘制过程中对已有断裂线或点云和模型的捕获，具体操作可参考量测工具捕捉。

图层管理

可进行图层的增加和图层属性修改操作，具体操作可参考矢量编辑图层管理。

断裂线存储

在分类编辑功能退出时，对发生修改的断裂线也会提醒用户是否需要对断裂线文件进行保存。点击“是”进行存储，点击“否”取消存储。

用户也可以利用图层管理工具可进行断裂线的存储。

断裂线工具

剖面编辑断裂线业务主要针对点云的分类及剖面TIN编辑，主要解决由激光点云直接构TIN造成的地形特征（如：脊线、河流或其他想要保存在TIN中的特征线）缺失问题。

断裂线业务属于剖面编辑模块，激活剖面编辑模块，菜单栏点击“开始编辑”，执行“TIN”生成后该功能可用。断裂线来源可通过用户绘制或外部导入。

添加断裂线

用户绘制断裂线。当前主要提供三种断裂线添加方式：单条断裂线、闭合区域断裂线（如湖泊）及两线间区域断裂线（如河流）。

用法

（1）菜单栏点击“添加断裂线”，弹出对话框：

（2）将类型选项切换至待添加类型；

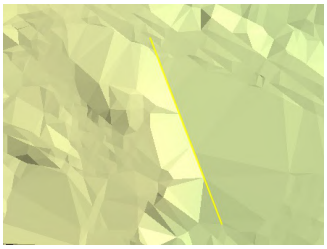
（3）在对话框点击“绘制多段线”或工具栏启用绘制功能，在三角网上绘制多段线（与矢量编辑模块绘制多段线相同，鼠标左键单击向多段线加点，双击结束绘制，右键可弹出菜单选择闭合结束绘制）；

（4）在对话框或工具栏点击“选择”按钮启用选择功能，在场景中选择符合与类型对应的多段线（绘制完成后默认为选择状态）；

（5）设置相应参数，在对话框点击“添加”按钮，完成添加。

单条断裂线

主要处理脊线、路沿等类型断裂线。在场景中选择一条多段线（一次只可选中一条）；

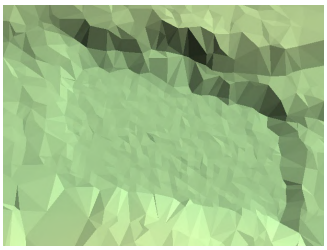


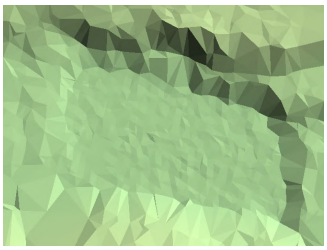
参数设置

- 断裂线类型：分为软、硬两种。软断裂线类型结果点在三角网上，硬断裂线结果点在多段线上；
- 添加到图层：结果断裂线保存到相应图层；
- 统一高程：仅在硬断裂线下有效。若激活统一高程，则结果线投影至指定高程平面。默认为多段线最后一点高程，可通过手动输入设置或点击“选点”按钮及或选点模型进行设置，右键可退出选点模式；

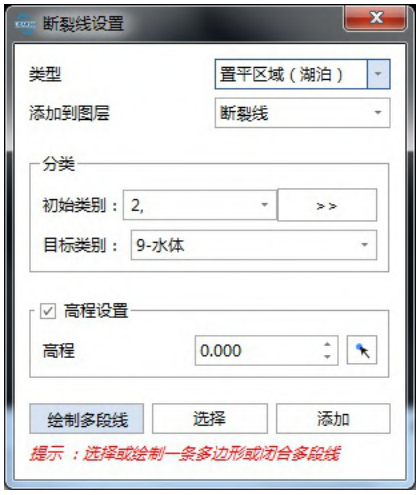
闭合区域断裂线

如湖泊、河流断裂线。在场景中选择一条闭合多段线（一次只可选中一条）





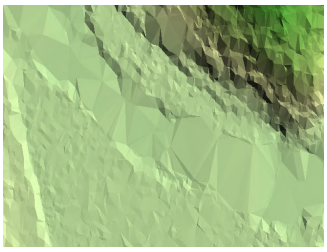
参数设置

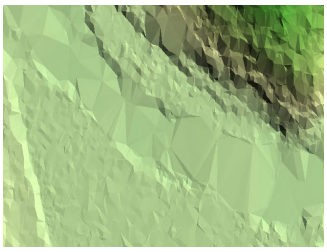


- 添加到图层：结果断裂线保存到相应图层；
- 初始类别：待处理断裂线区域内点云的类别，一般为构网类别或全选；
- 目标类别：将选择的断裂线范围内的点云分类为该目标类别；
- 高程设置：激活设置高程，根据设置的高程值调整断裂线高程：
  - 自动高程类型：平面型（房屋、河流等）、渐进型（河流、道路等）。
  - 自动高程方法：平均值、最大值、最小值、百分位数。
  - 高程值：通过启用自动高程自动计算或通过手动输入设置或点击“选点”按钮及或选点模型进行设置，右键可退出选点模式。

双条断裂线区域

如河流的两条河岸线间区域。在场景中选择两条非闭合多段线；





参数设置

- 到图层：设置添加后断裂线放置的图层。
- 源类别：待处理断裂线对应点云的源类别，一般为构网类别。
- 目标类别：将断裂线范围内的点云划分为该设置类别。
- 高程设置：是否启用高程设置。若启用高程设置，则根据起始和终止高程对两条多段线进行渐进高程插值调整，默

认为绘制的第一条多段线的起始高程值，可通过手动输入设置或点击“选点”按钮及或选点模型进行设置，右键可退出选点模式。

- 起始高程值：起始高程值。
- 终止高程值：终止高程值。

删除断裂线

删除场景中指定断裂线。在添加断裂线对话框或工具栏点击“选择”按钮启用选择功能，在场景中选择矢量线，在工具栏点击“删除” 按钮对该矢量线及相关操作进行删除。

导入断裂线

支持导入矢量文件，通过激活“导入断裂线” 按钮，选择文件进行导入，通过添加多段线功能选择多段线进行断裂线添加。

地面点模拟工具

功能概述

地面点模拟工具主要解决由于密集植被遮挡导致的山区地面点缺失现象，通过预测缺失点地形模拟出真实山区地形三角网格。

用法

地面点模拟功能属于分类编辑模块，激活分类编辑模块->点击“开始编辑”->执行“TIN”生成后该功能可用。 点击地面点模拟，弹出参数对话框；选中绘制工具或通过导入矢量文件，确定模拟地面点区域范围。在剖面窗口选择测量工具，量测遮挡植被的高度；在参数对话框中设置参数，点击选择按钮（左键鼠标添加点，右键回退，双击确定）选择模拟区域。

参数设置

按参考树 ：跟据覆盖地形的高点进行模拟

- 参考高度：由剖面量测的遮挡植被的大致高度；
- 采样间隔：模拟点的平均间距；
- 平滑迭代次数：模拟地面点平滑迭代的次数，越大模拟区域越平滑；

按相邻地面点：跟据待模拟区域的邻域地面点模拟，选择范围应覆盖邻域区域

- 采样间隔：模拟点的平均间距；
- 平滑迭代次数：模拟地面点平滑迭代的次数，越大模拟区域越平滑

按**TIN**：跟据待模拟区域的TIN模型进行模拟点插值

- 采样间隔：模拟点的平均间距；

选择矢量文件模拟点

可通过选择矢量文件进行多个区域范围内同时进行补点 ，矢量文件内应至少存在一个多边形或闭合多段线，且只有当多边形或多段线位于当前的选择的块范围内才会使用。

删除模拟点

删除场景中指定模拟地面点集。

用法

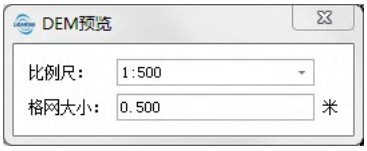
工具栏点击“选择”按钮启用选择功能，在场景中选择模拟地面点集，在工具栏点击“删除”按钮对该点集进行删除。

DEM预览工具

DEM预览工具主要通过对局部点云构建临时DEM来对所构建的TIN进行检查。用户在激活剖面编辑模块，菜单栏点击“开始编辑”，执行“TIN”生成后该功能可用。

用法

（1）菜单栏点击“DEM预览”，弹出对话框：



（2）由用户绘制多边形框选用于生成临时DEM的点云。在剖面窗口或者TIN窗口绘制多边形，双击鼠标左键结束绘制；右键取消并重新绘制。双击结束后DEM将和点云叠加显示。

参数设置

- 比例尺（默认**1:500**）：支持1:500 ~1:2000三种大比例尺。
- 格网大小（米）（默认为**“2”**）：生成DEM的分辨率。分辨率会根据所选的比例尺按国家标准进行调整：

比例尺	格网尺寸
1:500	0.5
1:1000	1
1:2000	2

TIN工具

使用TIN工具可构建三角网模型，用户编辑点云类别时三角网会实时变化，从而辅助用户查看编辑效果。为了加快编辑效率，可设置宽度值分块构建TIN，在编辑时通过上、下、左、右移动显示不同的块，也可选择指定的块。实际为对内存中LiTin数据浏览编辑，包括增加点与删除点。

构建TIN模型

点击分类编辑器页面上*TIN*按钮打开设置窗口，如下图所示:

参数设置：

- 初始类别：用户需指定初始类别，例如，可以选择地面点构建三角网模型辅助地面点编辑分类。
- 创建新窗体：是否创建窗体。
  - 是（默认）：创建新窗口显示TIN。
  - 否：在主窗口显示TIN。

在完成内存点云块的TIN创建之后，该TIN对象会被添加到软件左侧的主对象树控件上进行统一管理。此时，可以通过右键菜单对目录树上的TIN对象进行重命名、按类别显示、按高程显示、删除等操作。

清除TIN

在构建内存点云的TIN模型之后，分类编辑器页面上*TIN*按钮处于选中状态，此时，再次点击*TIN*按钮可以清除TIN模型。如果是使用创建新窗口显示TIN模式，则关闭TIN窗口，如果是使用在主窗口显示TIN模式，则从主窗口中清除TIN。

选择工具

选择工具支持在主窗口、TIN窗口和剖面窗口任意选择。选择数据后会直接执行在分类方法面板中选择的分类方法。

图标	描述	快捷键
	多边形选择	Shift+P
	矩形选择	Shift+R
	圆形选择	Shift+C
	线上选择	L
	线下选择	Shift+L
	套索选择	Ctrl+Shift+L
	圆形画刷选择	Shift+F
	平面探测	Ctrl+Shift+D
	切换选择工具	Shift+Q

下面对可设置参数的两种工具进行参数设置说明。

圆形画刷

- 选择半径：通过设置半径像素值，控制画刷的选择范围。

平面探测

点击平面探测，通过屏幕上圆形选择区域内的点拟合平面，探测同属同一平面的点，进行平面生长。

- 容差（米）：指待探测点与拟合平面之间的距离阈值，阈值的调整主要控制探测平面的厚度。
- 范围（像素）：初始拟合平面点的区域范围，应尽量选取范围内的点是同一平面的。
- 步长（米）：探测平面向外延伸生长的步长。

使用**SAM**探测区域

场景中加载匹配的影像和点云数据，开启功能后会在影像同目录下生成特征文件，在影像数据上通过鼠标交互，进行区域探测，确定后即将该区域内初始类别的点云转为目标类别。

在以下两种情况下会进行分类操作：

1. 不按下shift或alt键时，鼠标点击场景探测出区域，会对上一次的探测的多边形区域进行分类；
2. 点击界面【确认】按钮会对场景中显示的多边形区域进行分类。

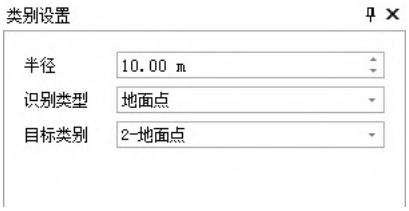
参数设置

- 选择工具：指定自动提取矢量的交互方式
  - 点选择：鼠标左键单击自动提取矢量，按下shift键的同时，单击鼠标左键增加正点，按下alt键的同时，单击鼠标左键增加负点。
  - 矩形选择：鼠标左键单击确定矩形起点，移动鼠标鼠标左键单击确定矩形终点，自动提取矢量。
  - 确认：确认当前区域，将会对场景中显示的多边形区域进行分类。并且在下一次点击并探测出区域之前，不再支持增加正点或者负点。
- 简化：对提取的矢量进行简化。

    - 最大像素距离：指定保留点到线的最大距离偏差。随着距离变小，保留的越多，从线中删除的点越少。
- 平滑 ：对提取的矢量进行平滑。
    - 均值平滑（**3\5\7**邻域）：对于矢量线上的每个点使用3\5\7邻域进行均值平滑。
    - 贝塞尔平滑（线控制）：使用分段贝塞尔曲线进行平滑，生成的矢量线不过控制点。
    - 贝塞尔平滑（点控制）：使用分段贝塞尔曲线进行平滑，生成的矢量线过控制点。
    - **B**样条曲线（点控制）：使用三次B样条曲线进行平滑，生成的矢量线过部分控制点。
    - **B**样条曲线拟合：使用三次B样条曲线进行拟合，生成的矢量线不过控制点。
- 正则化 ：对自动提取的矢量进行正则化。
    - 角度阈值：夹角小于此阈值的线段将会被合并为直线。
    - 最大像素距离：指定保留点到线的最大距离偏差。随着距离变小，保留的越多，从线中删除的点越少。

智能识别分类

点云分块后，可以使用智能识别分类进行分类。功能启动后，使用鼠标点击场景中分块后的点云数据，会先根据鼠标周围的点云选择出种子点，然后按照参数设置进行自动分类。

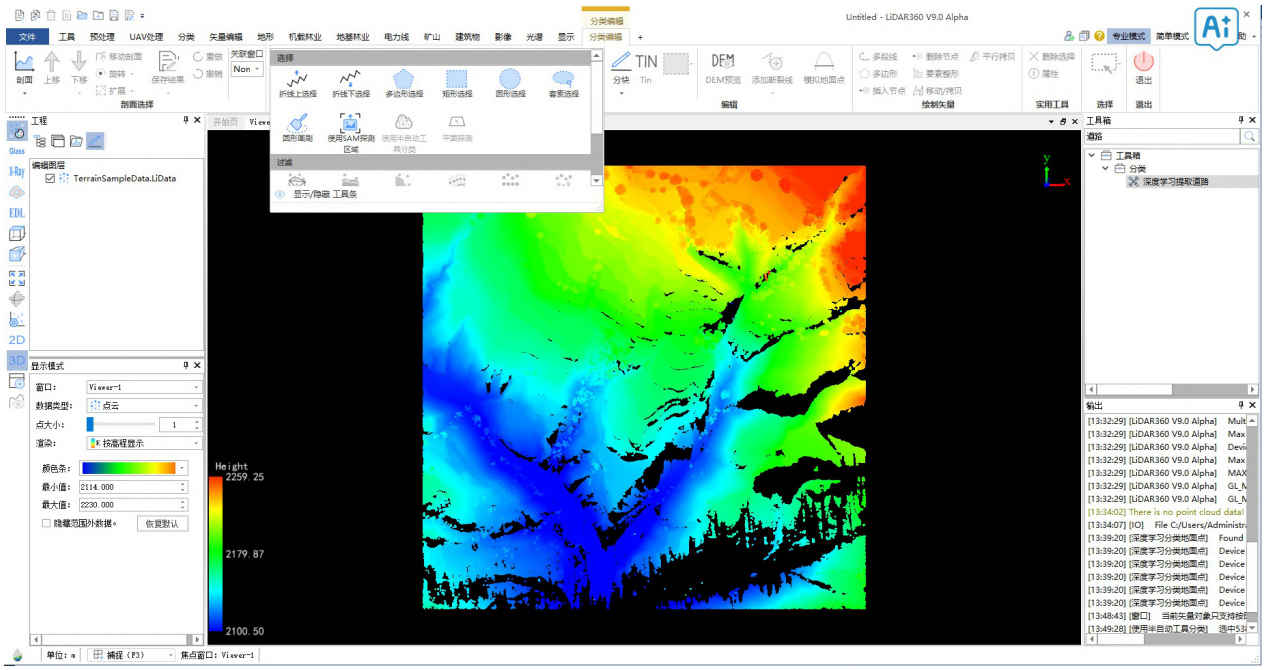


参数设置：

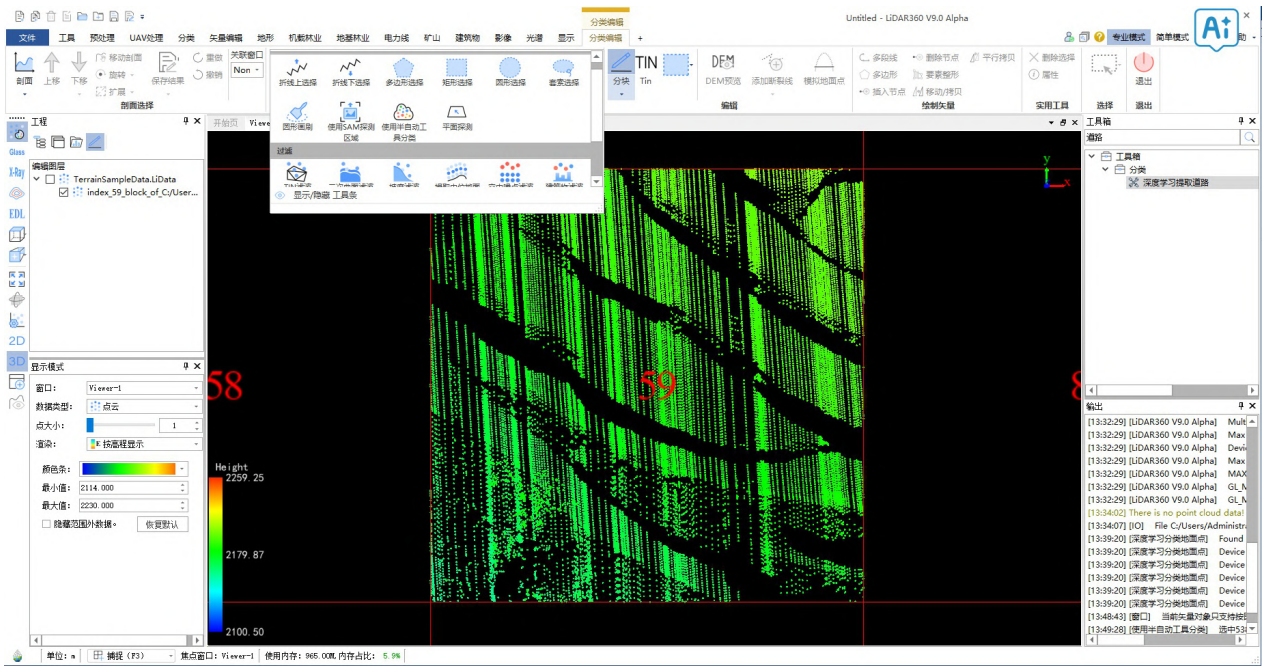
- 半径：以种子点为中心，以该数值为半径的范围内的点云将执行自动分类。
- 识别类型：需要识别的点云类别。
- 目标类别：将识别出的点云分类成该目标类别。

分类方法面板

当用户尚未开启内存点云块编辑状态时，分类方法面板支持8种交互式选点分类方法，包括：折线上选择、折线下选择、多边形选择、矩形选择、圆形选择、套索选择、圆形画刷、使用SAM探测区域。如下图所示：



当用户开启开启内存点云块编辑状态后，分类方法面板支持全部交互式选点分类方法及滤波方法，包括：折线上选择、折线下选择、多边形选择、矩形选择、圆形选择、套索选择、圆形画刷、使用SAM探测区域、使用半自动工具分类、平面探测及 Tin滤波、二次曲面滤波、坡度滤波、提取中位地面点、空中噪点滤波、建筑滤波、陡峭地形滤波。如下图所示：



选择类型设置

在选择交互式选点分类方法后，软件左下方会显示所选分类方法的参数设置面板，可按需设置相关参数后进行交互式选点分类。

在选择滤波方法后，会弹出窗口提示选择区域方法，包括圆形选择、多边形选择、矩形选择、种子点选择。 选择前三种方法后，可以在点云范围内绘制选择区域；选择种子点方法时，则可点选种子点，设置范围等参数确定选择区域。

关联窗口

功能概述

借助“关联窗口”功能，用户加载平台所支持的各类属性数据如DOM、模型等到一个新建窗口，并与分类编辑器中的点云窗口进行联动，辅助进行分类操作。

窗口设置

- 关联窗口：关联窗口列表中包含了开启分类编辑器后新打开的所有窗口，选择待关联窗口进行辅助编辑。

LabelMe

功能描述：通过SAM自动提取地物生成标注文件。

点击LabelMe后，开启LabelMe的标签页，然后启动编辑，基于自动提取、手动绘制两种方式对地物做标记，完成编辑后，保存标注文件。编辑过程中会设置绑定栅格对象，禁止编辑过程中移除栅格对象。 支持多张影像的编辑，编辑完成后，将标记好的地物分发到不同的影像对应的labelMe文件中。注意： 影像位置重叠会导致生成labelMe文件不正确。

开启编辑

开启编辑，基于已经加载进场景中的栅格数据做初始化，将已经存在的标注数据加载进场景。

导出LabelMe

将从影像上自动提取的矢量结果保存为LabelMe格式文件和影像位于同一个文件夹用于自定义深度学习模型。

结束编辑

结束编辑，将编辑结果保存进标注文件中。

创建标注工具

通过创建不同的图层，将不同的地物提取到对应的图层里。 提取地物：支持通过SAM自动提取标注地物，绘制矩形，绘制多边形。 编辑地物：删除点，添加点，多边形整形工具，多边形修剪。

具体操作可参考矢量编辑模块实体矢量化。

地形

地形模块包含地形生产所需的一系列产品，如DEM、DSM、等高线、断面等。其中，数字高程模型表示裸露的地表（植被和其它地物均被移除），数字表面模型表示地形和地物的表面特征（如：树木冠层），而冠层高度模型表示植被和地物的归一化高度。山体阴影图可由任意数字模型创建得到，以便于可视化。

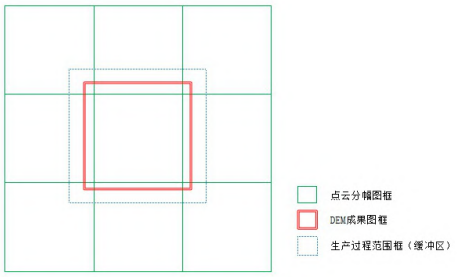
- 插值参数设置
- 水文分析
  - 排水线分析
  - 水淹分析
  - 填洼
  - 流向
  - 流量累积
  - 河网
  - REM
- 空间分析
  - 山体阴影
  - 坡度
  - 粗糙度
  - 坡向
  - 视域分析
  - 天空开阔度
  - 年日照量
  - 入射太阳辐射
- 多期分析
  - 偏差分析
  - 变化检测
  - 施工进度分析
- 数字高程模型
- 数字表面模型
- 冠层高度模型
- 数字正射影像
- 栅格生成等高线
- 点云生成等高线
- Tin生成等高线

- 生成高程注记点
- 等高线矛盾检查
- 等高线接边
- 断裂线接边
- 生成TIN
- Tin生成DEM
- DEM接边
- DEM精度分析
- 断面分析
- LiModel编辑
- LiTin编辑
- 查询倾角和走向
- 等高线编辑
    - 编辑
    - 实用工具
    - 绘制地物
    - 等高线处理工具
    - 选择
    - 捕捉工具
    - 图层管理

插值参数设置

生成地形产品时，需要设置一些栅格单元大小参数，并确定用于栅格单元计算的插值方法。参数设置分为常规和标准，在标准参数下会依照比例尺进行分幅

在标准参数下，分幅框及各对应范围示意图如下：



绿色框：标准分幅框范围；

红色双线框：成果范围框（外扩范围与比例尺M相关，为0.01/M（m），如比例尺1:500，外扩范围为5m），该范围根据比例尺内部计算；

蓝色点线框：为DEM生成过程中，成果范围框外扩缓冲区大小范围以保证相邻图幅重叠范围高程一致。

参数类型

- 常规：常规的数字高程模型参数配置。
- 标准：按标准数字高程模型生产参数配置。

栅格尺寸

通过XSize和YSize可设置栅格采样间隔（即分辨率），以米为单位，如果XSize和YSize的值分别设置为2，那么栅格单元大小则为2米×2米。

输出文件是否带有点云名（仅标准模式参数下设置）

勾选该选项输出文件名以输入的第一个点云名为前缀

比例尺（仅标准模式参数下设置）

分幅比例尺。

缓冲区大小

- 缓冲区（像素）（默认为**“5”**）：每个成果区域向四周延伸的大小，以格网为单位。

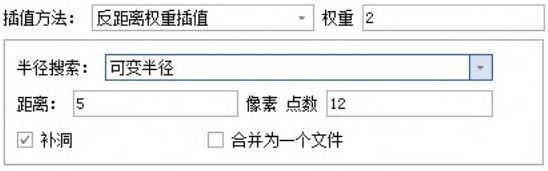
插值方法

LiDAR360提供了三种栅格单元插值的方法：反距离权重插值、克里金插值和不规则三角网插值。

反距离权重插值

在反距离权重插值法中，使用附近点计算栅格单元的值，并通过点距栅格单元中心点的距离判断加权平均值。需要设置权重值。 半径搜索可用来定义各个栅格像元值插值的输入点，分为可变半径和固定半径。

- 权重（默认为**“2”**）：采样点到像素中心距离的幂值，控制采样点高程对像素中心的影响程度。
- 可变半径：使用“可变”半径查找用于插值的指定数量的采样点。
  - 距离（像素）（默认为**“5”**）：限制搜索邻近点的距离范围，默认为5个像素。
  - 点数（默认为**“12”**）：插值时使用的最邻近点数，默认为12个点。



- 固定半径：使用固定半径范围内的所有点进行插值。
  - 距离（像素）（默认为**“5”**）：该半径距离范围内的点用于插值，默认为5个像素。
  - 点数（默认为**“12”**）：用于插值的最小点数，默认为12，如果在指定半径范围内没有找到所需的点数，则增加搜索距离，直到找到所需的最小点数。

克里金插值

克里金插值法计算优化的协方差，并使用高斯过程插值栅格值。半径搜索可用来定义各个栅格像元值插值的输入点，分为可变半径和固定半径。

- 可变半径：使用“可变”半径查找用于插值的指定数量的采样点。
  - 距离（像素）（默认为**“5”**）：限制搜索邻近点的距离范围，默认为5个像素。
  - 点数（默认为**“12”**）：插值时使用的最邻近点数，默认为12个点。

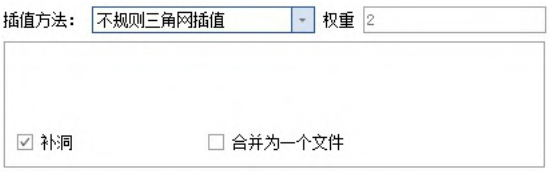
- 固定半径：使用固定半径范围内的所有点进行插值。
  - 距离（像素）（默认为**“5”**）：该半径距离范围内的点用于插值，默认为5个像素。
  - 点数（默认为**“12”**）：用于插值的最小点数，默认为12，如果在指定半径范围内没有找到所需的点数，则增加搜索距离，直到找到所需的最小点数。

不规则三角网插值

从最近的邻近点组成的多个三角形共同形成的表面上提取栅格单元值，目前支持两种构网方式。

- 狄洛尼：使用传统的逐点插入法构建Delaunay三角网，所有点云全部参与构网。
- 无凹坑**TIN**：剔除高程异常的点云，可以生成不带有明显尖峰的三角网。

- 临界边长（默认值**1.0**米）：最终生成的三角网中的每一个三角形的每一条边在xy平面上的最短距离。每当新插入点的Z值降低插入缓冲区时，冻结当前三角网中所有三边长均小于临界边长的三角形。被冻结的三角形不再改变。此值越大，参与构网的点将会减少，生成的三角网更加平滑，丢失更多细节。反之，参与构网的点将会增加，细节更加丰富，更有可能出现尖峰。
- 插入缓冲区（默认值**0.5**米）：相邻两次冻结三角形时需要达到的高度落差。减小该值，则更多三角形被过早冻结，新点无法插入，尖峰现象减少，执行速度变快，遗失更多细节；反之，细节增加，构网结果将出现更多尖峰。




```
   @inproceedings{
       author={ Khosravipour A, Skidmore A K, Isenburg M},
       title={Generating spike-free digital surface models using LiDAR raw point clouds: A new approach for forestry
applications},
       booktitle={ International journal of applied earth observation and geoinformation, 52: 104-114},
       year={2016}
   }
```

输出格式及保存高程精度

- 输出格式：支持.tif、.img、.asc栅格格式保存
- 高程精度：写出的高程值小数点后保留位数，默认为保留2位精度

合并为一个文件

如果不勾选该选项，则每个点云数据都将被单独处理，最后生成多个栅格文件。勾选此选项将所有生成的栅格文件合并为一个文件。

补洞

如果栅格单元附近没有点，可能会导致栅格单元没有数据值。勾选这一选项后，可通过分析邻近栅格单元，并使用所选的插值方法计算出数据值，填入无值区域。

> 注意：补洞功能只针对闭合孔洞。

水文分析

提供排水线分析、水淹分析、填洼、流向、流量累积量、河网等水文分析工具集。

- 排水线分析
- 水淹分析
- 填洼
- 流向
- 流量累积
- 河网
- REM

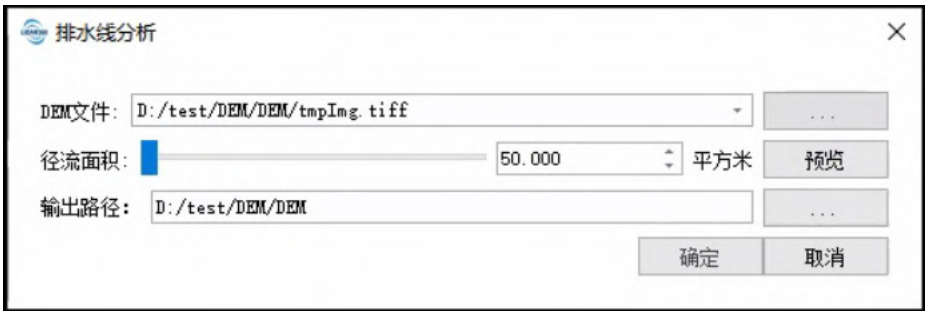
排水线分析

功能概述

排水线算法（Drainage Line Algorithm）是一种用于计算数字图像（DEM）中水流路径的方法。该算法通常用于地理信息系统（GIS）和水文学领域，用于模拟和分析地表水的流动。

用法

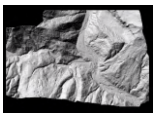
- 使用该功能需要先生成数字高程模型。点击地形 > 水文分析 > 排水线分析。



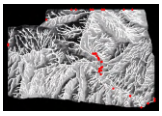
参数设置

- 输入**DEM**：输入的数字高程模型tif文件。
- 径流面积：指在地表水的流动过程中，流经某一像素的水流总面积。值越小，将提取更多的支流轨迹；值越大，则更多保留水流主干流动轨迹。
- 输出结果：算法最终会输出排水线矢量结果以及相关的分析报告。

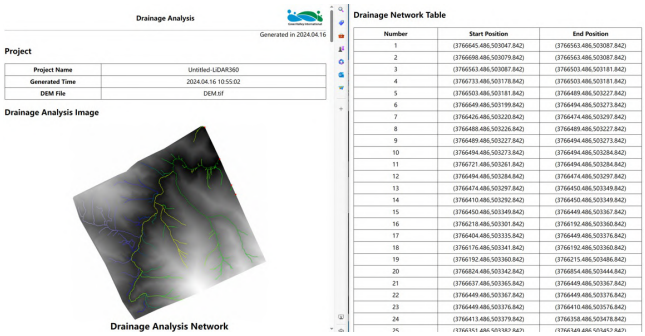
DEM数据：



排水线分析矢量结果：



其中，白色的线为排水线，其模拟了地表水的流动轨迹，红色的点为汇水点位置，其表示内部的地表水流汇聚到同一个出口点位置。 分析报告如下图所示。



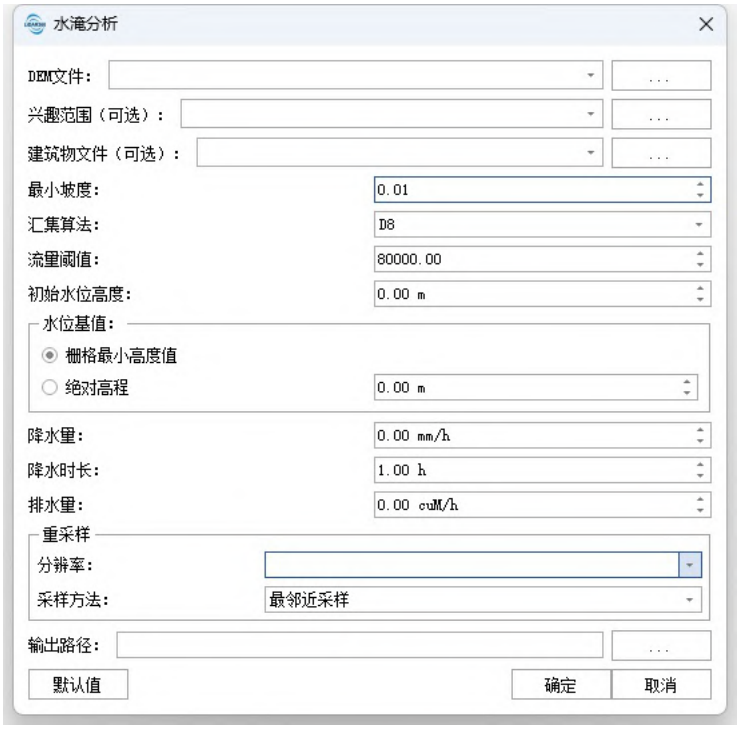
水淹分析

功能概述

水淹分析是一种常见的水文地理信息系统应用，用于模拟和预测洪水事件中可能受到淹没影响的地区。

用法

点击地形 > 水文分析 > 水淹分析。



参数设置

- **DEM**文件：输入的DEM文件，生成方法参见数字高程模型的生成。
- 兴趣区域：输入矢量文件，可以为空。如果输入了兴趣区域文件，则只对区域内的部分做分析。
- 建筑物文件：输入矢量文件，其内容应该为提取后的建筑物矢量文件，可以为空。如果不为空，则会分析建筑物的受灾情况。
- 最小坡度：从一个单元格到下一个单元格的最小坡度角，在平坦区域为零。用于dem数据的填洼过程，。
- 汇集算法：用于流量累积过程，目前支持D8、D-Infinity、MFD三种方法。

- 流量阈值：用于河网提取过程，大于该值的区域才可能形成河流。
- 初始水位高度：在水位基值的基础上水位高度。如果降水量和排水量都是0，那么最终将以改水位高度为最终水位高度；如果降水量或者排水量不是0，那么将以改水位高度为初始值，然后根据具体降水和排水模拟确定最终水位高度。栅格值小于水位高度的区域被认为是水淹区域。
- 水位基值：
  - 栅格最小高度：以当前栅格的最小高度值作为初始水位高度。如果兴趣区域不为空，则以兴趣区域内的栅格最小值作为初始水位高度。
  - 当前水位海拔高度：以当前指定值作为初始水位高度。
- 降水量：指定每小时降水量，单位为毫米（mm/h），降水量将导致每个流域的水位高度发生变化，最终影响水淹区域。
- 降水时长：指定降水持续时间，单位为小时。
- 排水量：指定每小时的排水量。模拟认为排水和降水同时进行，即降水时长等于排水时长。
- 重采样：基于栅格金字塔进行重采样处理。不同的金字塔级别和分辨率由具体的数据决定，各个连续图层按2：1的比例进行缩减采样。如果不勾选该选项，则直接使用原始数据进行处理。
  - 分辨率：栅格的分辨率。对于行列数小于1000的栅格数据，将不会显示更低级别的分辨率。选择的分辨率越高，生成的结果越精确，但是可能由于硬件资源不足导致失败。
  - 采样方法：栅格重采样方法。
- 输出路径：算法最终会输出水淹分析结果以及相关的分析报告。

填洼

本工具是通过填充数字地面模型栅格中的凹陷点来移除数据中的小缺陷。凹陷点是指未定义流域方向的像元，其周围的像元均高于它。输出数据类型固定为float类型，输出NoData值固定为-99999。

原理描述

填洼工具使用与焦点流、流向、洼地、分水岭和区域填充等工具等效的功能来定位和填充洼地。该工具的执行过程会进行迭代，直到指定 z 限制内的所有洼地均填充完毕。在填充洼地的同时，可能会在填充区域的边界处创建其他洼地，这些洼地将在下个迭代中移除。

用法

点击 地形 > 水文分析 > 填洼。

参数设置

- 输入**DEM**：选择需要分析的DEM文件路径，支持tif、tiff、img、dat格式，应为单波段文件。
- 最小坡度（度）：相邻单元格之间保持一个最小坡度，避免生成完全水平的平坦区域（可能导致水流方向计算失败），通常设为 0.01（默认值）至 0.1 之间，具体取决于DEM分辨率，高分辨率DEM（如1米LiDAR DEM）可用较小值（如 0.001），低分辨率DEM（如30米SRTM）：需增大（如0.05）。
- 阈值：用于调节水文分析的精度，默认值为5000。阈值越高，分析结果越精确，但处理速度会越慢。较高的阈值（如5000 以上）会使算法更精细化处理数据，减少误差，但会增加计算时间。快速预览结果时可降至2000-3000加速处理。例如尺寸为10000 *10000*的*DEM*，阈值为*5000*时，将对*DEM*进行一次金字塔采样，金字塔采样后，*DEM*尺寸为*5000* 5000，使得DEM尺寸小于等于阈值。对于尺寸小于5000像素的影像，该阈值不生效。不使用重采样时，将该阈值设为0或999999。
- 采样方法：可选最临近采样、双线性采样、三次立方卷积逼近。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，此输出栅格表示已填充凹陷点的输出表面栅格。

```
@inproceedings{
    author={Sch\"{o}Planchon, O.,Darboux, F},
    title={A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models},
    booktitle={Catena},
    year={2002},
}

@inproceedings{
    author={Sch\"{o}Tarboton, D. G., R. L. Bras,I. Rodriguez-Iturbe},
    title={On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data},
    booktitle={Hydrological Processes},
    year={1991},
}
```

流向

功能概述

本工具是使用D8方法创建从每个像元到其下坡相邻点的流向的栅格。D8流向法可对每个像元到其最陡下坡邻域的流向进行建模。以D8流向类型运行的流向工具的输出的值范围介于1到255之间的整型栅格。

> 注意：
>
> 1.如果某像元低于八个相邻像元，则将为该像元指定其相邻像元的最低值，并将流向定义为朝向此像元。如果多个相邻像元都具有最低值，则仍为该像元指定此值，但会使用下面介绍的其中一种方法来定义流向。这可用于过滤被视为噪声的单像元凹陷点。
>
> 2.如果像元的z值在多个方向上均发生相同变化，并且该像元是凹陷点的一部分，则该像元的流向将被视为未定义。此时，该像元在输出流向栅格中的值将为这些方向的总和。例如，如果 z 值向右（流向 = 1）和向下（流向 = 4）的变化相同，则该像元的流向为 1 + 4 = 5。可以使用本工具将具有未定义流向的像元标记为凹陷点。
>
> 3.如果某像元的z值在多个方向上均发生相同变化，并且该像元不是凹陷的一部分，则将使用定义最可能方向的查找表来指定流向。请参阅 Greenlee (1987)。

原理描述

获取表面的水文特征的关键之一是能够确定从栅格中的每个像元流出的方向。这可通过流向工具来完成。

该工具把表面作为输入，然后输出一个显示从每个像元流出方向的栅格。 流向由来自每个像元的最陡下降方向或最大下降方向确定。流向计算如下： maximum_drop = change_in_z-value / distance * 100 计算像元中心之间的距离。

1.如果像元大小为 1，则两个正交像元之间的距离为1，两个对角线像元之间的距离为 1.414（2的平方根）。如果多个像元的最大下降方向都相同，则会扩大相邻像元范围，直到找到最陡下降方向为止。找到最陡下降方向后，将使用表示该方向的值对输出像元进行编码。

2.如果所有相邻像元都比待处理像元高，则会将该待处理像元视为噪点并使用其相邻像元的最低值进行填充，该待处理像元具有朝向本身的流向。但是，如果单像元汇点位于栅格的实际边缘附近或至少具有一个 NoData 像元作为相邻像元，则会由于邻域信息不足而不能对其进行填充。要将某个像元视为真实单像元汇点，必须存在所有邻域信息。

3.如果两个像元彼此流入，则它们都是汇点，且具有未定义的流向。通过数字高程模型 (DEM) 获取流向的这一方法在 Jenson 和 Domingue (1988) 中进行了介绍。

用法

点击 地形 > 水文分析 > 流向。

参数设置

- 输入文件：选择需要分析的栅格数据路径（.tif文件）。

- 输出路径：选择文件的输出路径，此输出栅格使用D8方法显示从每个像元到其下坡邻域的流向。输出为整型。

```
@inproceedings{
    author={ Greenlee, D. D.},
    title={Raster and Vector Processing for Scanned Linework},
    booktitle={Photogrammetric Engineering and Remote Sensing },
    year={1987},
}

@inproceedings{
    author={Qin, C., Zhu, A. X., Pei, T., Li, B., Zhou, C., & Yang, L},
    title={An adaptive approach to selecting a flow partition exponent for a multiple flow direction algorithm},
    booktitle={International Journal of Geographical Information Science},
    year={2007},
}
```

流量累积

本工具创建每个像元累积流量的栅格。流量可以帮助识别地表水流的汇聚区域，从而提取河流网络。通过设置流量的阈值，可以确定河流的起点和路径。该工具在用计算累积流量的同时支持三种流向建模算法，分别为八流向 (D8)、多流向 (MFD) 和无限流向 (Dinfinity) 方法。

原理描述

流量工具用于计算累积流量，即流入输出栅格中的每个下坡像元的所有像元的累积权重。累积流量基于流入输出栅格中每个像元的总像元数或部分像元数。累积中不会考虑当前处理的像元。高流量的输出像元是集中流动区域，可用于标识河道，流量为零的输出像元是局部地形高点，可用于识别山脊。

用法

点击地形 > 水文分析 > 流量累积。

参数设置

- 输入文件：选择需要分析的DEM文件路径，支持tif、tiff、img、dat格式，应为单波段文件。
- 更新频率：参数定义了并行计算过程中，各线程之间同步更新中间结果的频率。它指定了算法在累积多少像元后，对共享的“流量累积值”进行一次全局同步。默认值为0，如果为0则不进行更新。 调高值（如500→1000）：减少同步次数，提升计算速度（适合大数据），但可能会轻微降低精度。 调低值（如100→10）：增加同步次数，结果更精确，但计算更慢（可用于复杂地形纠错）。
- 收敛阈值：定义迭代计算停止的精度标准，即两次迭代间流量累积值的最大允许变化量。值越小，要求结果越精确，则迭代次数会增加，计算时间更长；值越大，可允许更大误差，计算更快，但精度降低。最小值为0，默认值为1.1。
- 输出路径：选择输出的文件路径，表示每个像元累积流量的输出栅格。

> 注意
>
> 1.如果未使用流向工具创建输入流向栅格，则定义的流可能呈环形。如果流向包含环，流量将陷入永无止境的无限循环中。
> 2.具有未定义流向的像元将仅接收流；它们不会形成任何下游流。对于输入D8流向栅格，如果像元在流向栅格中的值为 1、2、4、8、16、32、64 或128以外的值，则认为该像元具有未定义的流向。

```
    @inproceedings{
        author={Schenson, S. K., J. O. Domingue},
        title={Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis},
        booktitle={Photogrammetric Engineering and Remote Sensing},
        year={1988},
    }

    @inproceedings{
        author={Tarboton, D. G., R. L. Bras, I. Rodriguez-Iturbe},
        title={On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data},
```

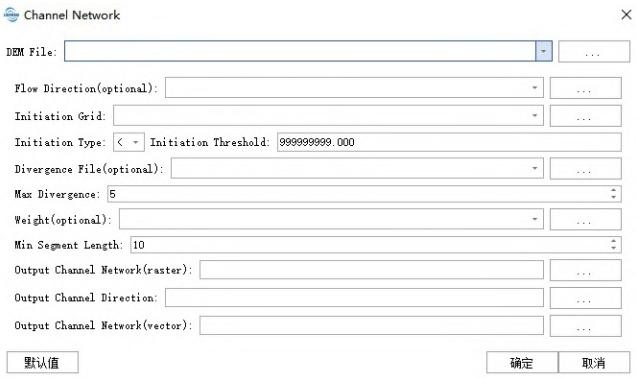
```
        booktitle={Hydrological Processes},
        year={1991},
    }
```

河网

该工具基于网格化数字高程数据导出河道网络。使用初始化选项来确定在河道从何处开始。

用法

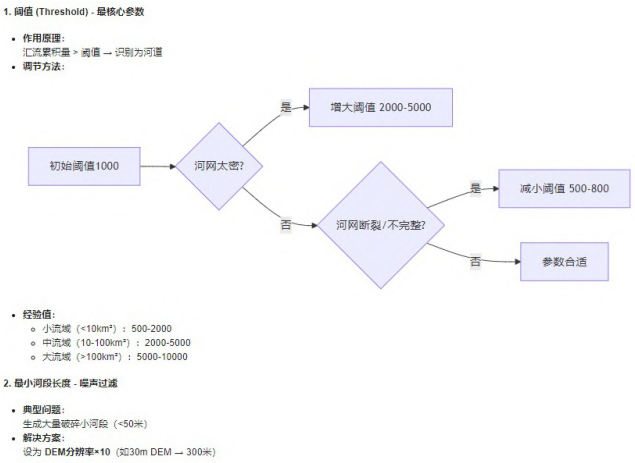
点击地形 > 水文分析 > 河网。



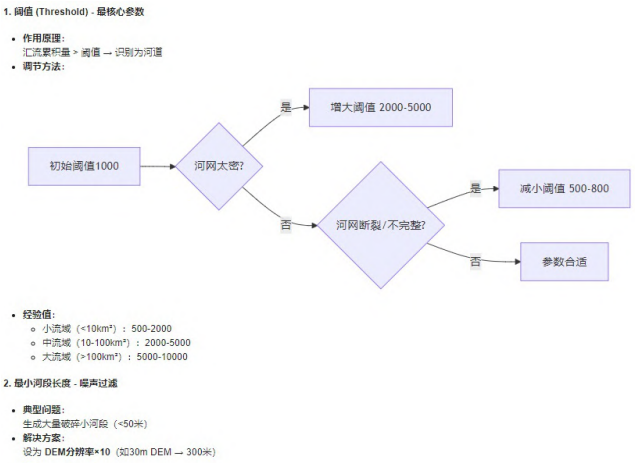
参数设置

- **DEM**文件：选择需要分析的DEM文件路径，支持tif、tiff、img、dat格式，应为单波段文件，一般采用填洼后的高程数据。填洼参见填洼。
- 流向（可选）：流向文件，提供有关流向的信息。1到8之间的值强制将单元的流分配给相邻的单元(1->NE, 2->E, 3->SE, 4->S, 5->SW, 6->W, 7->NW, 8->N)。在其他值的情况下，算法将使用自己的路由方案。这个选项在为算法提供引导流通过封闭洼地的路径时特别有用。如果该参数为空，算法将使用D8算法计算流向。
- 起始网格：和“起始类型”、“起始阈值”参数一起使用，决定河道在哪里进行初始化。起始网格数据可为流量累积量数据，还可以输入土壤渗透性、植被指数替代流量累积量，控制河道生成位置。
- 起始类型：选择小于、等于或大于起始阈值选项来控制在何种条件下引通道。默认值为“大于”。
- 起始阈值：河网起始阈值，为核心参数，和“起始类型”、“起始网格”参数一起使用，决定在何种条件下初始化河道。默认值5000。值越大，则河网越稀疏（仅主干）；值越小，则河网更密集（含支流）。
- 离散文件（可选）：记录了每个像元的水流分散程度。当上游流量累积值大于下游像元值时，允许河道分叉，可模拟真实分流现象（值=0表示禁用分叉）。正值：该像元是分流点（水流分成多个方向，如河流分汊或三角洲），0：单一流向（标准河道），负值：汇流点（多个水流汇聚，如河道交汇处）。高发散区域（如平坦区、分水岭）：水流可能向多个方向分散，导致传统河网提取算法（如 D8）可能生成平行或断裂的虚假河道。低发散区域（如河谷）：水流汇聚，河网提取结果更明确。
- 最大分流数：控制分流精度，限制从一个像元分出的最大河道数量（需 Divergence ≥1，默认值为5）；避免过度分叉导致河网混乱。值越大，允许的分流方向越多（适合复杂地形如湿地），值越小，水流方向越集中（适合陡峭山区）。
- 权重（可选）：输入栅格（如降雨量、土壤侵蚀系数）加权流量累积值。湿润区/高侵蚀区可提前生成河道（即使实际汇水面积较小）。
- 最小分段长度：最小河段长度，删除长度小于此值的孤立河段（单位：同DEM单位），默认值为10。用于过滤噪声，提升河网连续性。
- 输出河网文件（栅格）：如果一个像元是河道的一部分，其像素值等于河道顺序。否则该像元被标记为无数据。
- 流向：如果一个像元是河道的一部分，那么其值将表示河道的流动方向(1->NE, 2->E, 3->SE, 4->S, 5->SW, 6->W, 7->NW, 8->N)。否则该像素值被标记为NoData。
- 输出河网(矢量)：以shp矢量格式(线)生成的河道网络。

DEM预处理



关键参数调节



常见问题原因和解决方案

- 河网断裂不连续：DEM凹陷未完全填平，增大填洼阈值。
- 河网密度过高：起始阈值过小，以500为步长逐步增大阈值。
- 缺少小支流：起始阈值过大，以200为步长逐步减小阈值。
- 结果偏移真实河道：DEM精度不足，使用更高精度DEM。

```
  @inproceedings{
      author={Schenson, S. K., J. O. Domingue},
      title={Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analy
sis},
      booktitle={Photogrammetric Engineering and Remote Sensing},
      year={1988},
  }

  @inproceedings{
      author={Tarboton, D. G., R. L. Bras, I. Rodriguez-Iturbe},
      title={On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data},
      booktitle={Hydrological Processes},
      year={1991},
  }
```

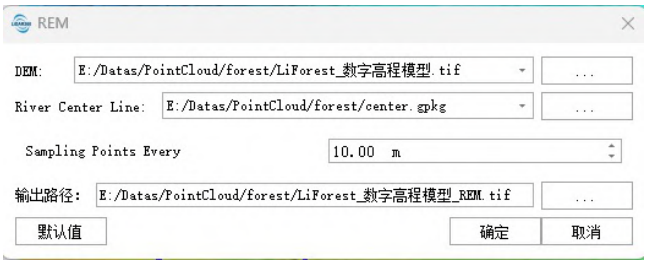
相对高程模型

功能概述

相对高程模型(Relative Elevation Model)，简称REM。相对高程模型，消除除了河流的自然坡度，以可视化河流的地貌特征。原理是使河道底部的高程为零，河道外的高程表示相对河道上方表面的高度。

用法

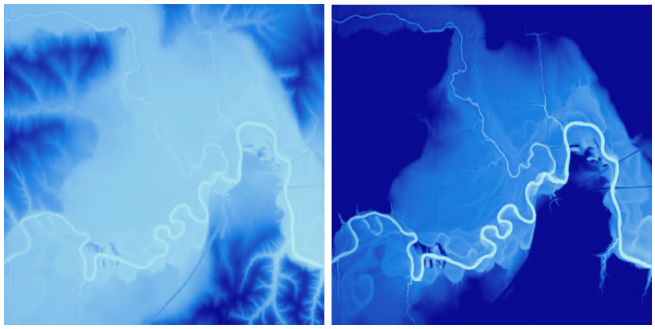
点击地形 > 相对高程模型。



参数设置

- 数字高程模型文件：用于生成相对高程模型的原始数字高程模型。
- 河流中心线矢量文件：河流主干中心线矢量文件，可通过矢量编辑模块进行绘制。
- 采样点间隔：在中心线上采样点相邻点间距，一般设置为河道宽度。
- 输出路径：保存生成REM文件的路径。

原始数据高程模型和相对高程模型对比如下：



空间分析

提供山体阴影、坡度、粗糙度、坡向、视域分析、天空开阔度、年日照量、入射太阳辐射等空间分析工具集。

- 山体阴影
- 坡度
- 粗糙度
- 坡向
- 视域分析
- 天空开阔度
- 年日照量
- 入射太阳辐射

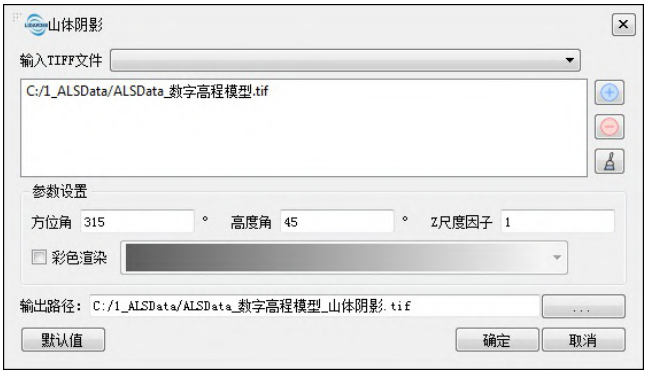
山体阴影

功能概述

山体阴影工具通过为栅格中的每个像元确定照明度，来获取表面的假定照明度。通过设置假定光源的位置和计算与相邻像元相关的每个像元的照明度值，即可得出假定照明度。进行分析或图形显示时，特别是使用透明度时，“山体阴影”工具可大大增强表面的可视化效果。

用法

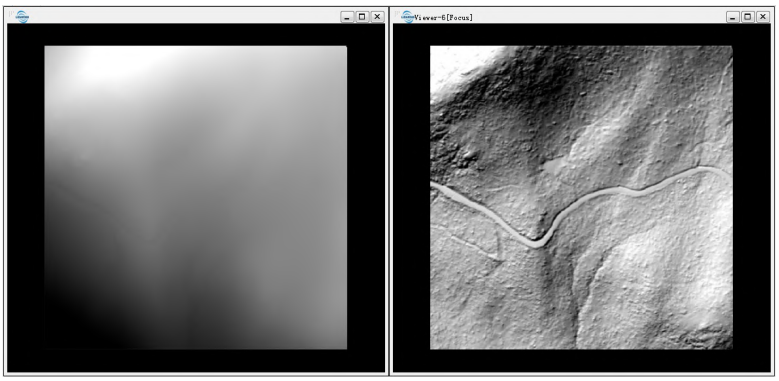
点击地形 >山体阴影。



参数设置

- 输入**Tiff**文件：输入格式为Tiff的DEM文件。通过下拉框可以选择已经在LiDAR360软件中打开的Tiff数据，也可以通过点击加载Tiff数据。点击删除所加载数据。点击 清除所有加载的数据。
- 方位角（°）（默认为**“315”**）：以北为基准，在0-360度范围内按顺时针计算。默认为315度（NW）。
- 高度角（°）（默认为**“45”**）：光源的入射方向与地平面之间的夹角，取值范围在0-90度之间。默认为45度。
- **Z**尺度因子（默认为**“1”**）： Z值的拉伸比例。
- 彩色渲染：山体阴影的颜色渲染。
  - 是：提供11种可选颜色条。
  - 否（默认）：黑白颜色条。
- 输出路径：保存生成山体阴影文件的路径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

数字高程模型（下图左）和山体阴影效果图（下图右）。



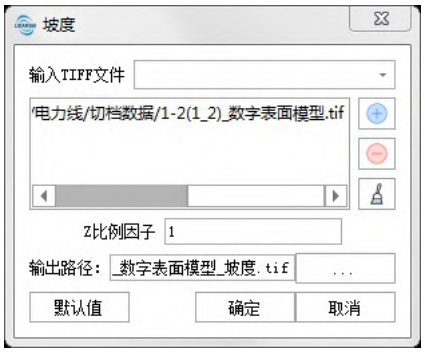
坡度

功能概述

坡度是地形表面陡缓的程度。此功能是在DEM的基础上分析地形坡度，生成坡度图像。

用法

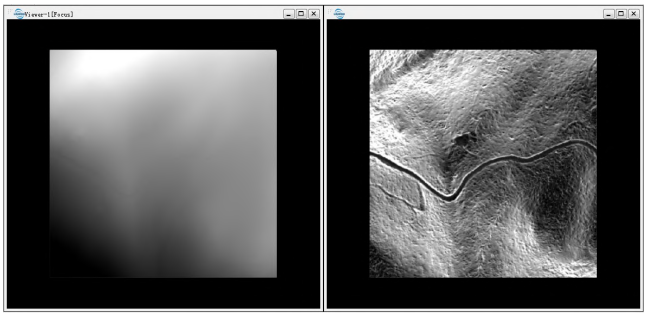
点击地形 >坡度。



参数设置

- 输入**Tiff**文件：输入格式为Tiff的DEM文件。通过下拉框可以选择已经在LiDAR360软件中打开的Tiff数据，也可以通过点击⊕加载Tiff数据。点击⊖删除所加载数据。点击 清除所有加载的数据。
- **Z**尺度因子（默认为**“1”**）：Z值的拉伸比例。
- 输出路径：保存生成坡度图像文件的路径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

数字高程模型（下图左）和坡度图（下图右）。



粗糙度

功能概述

反映地表起伏变化和侵蚀程度的指标。一般定义为地表单元的曲面面积与其在水平面上的投影面积之比。

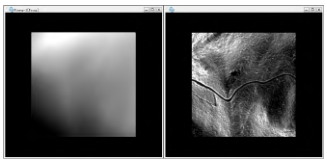
用法

点击地形 > 粗糙度。

参数设置

- 输入**Tiff**文件：输入格式为Tiff的DEM文件。通过下拉框可以选择已经在LiDAR360软件中打开的Tiff数据，也可以通过点击加载Tiff数据。点击删除所加载数据。点击 清除所有加载的数据。
- 输出路径：保存生成粗糙度图像文件的路径。

数字高程模型（下图左）和粗糙度图（下图右）。



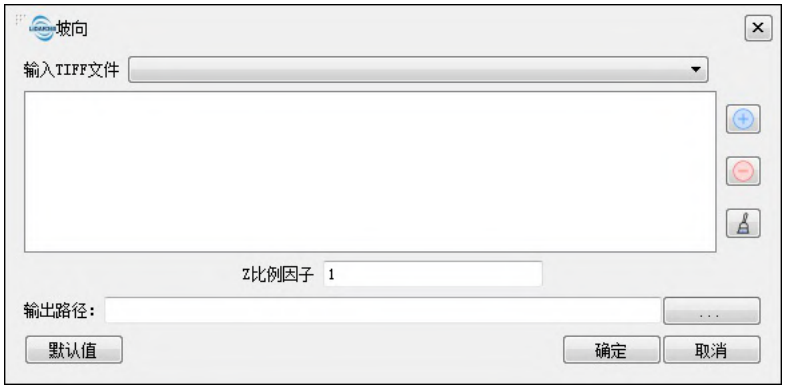
坡向

功能概述

坡向指地形坡面的朝向，定义为坡面法线在水平面上的投影的方向。坡向对于山地生态有着较大的作用。坡向是一个角度，按照顺时针方向进行测量，角度范围介于 0（正北）到 360（仍是正北）之间。此功能是在DEM的基础上分析地形坡向，生成坡向图像。

用法

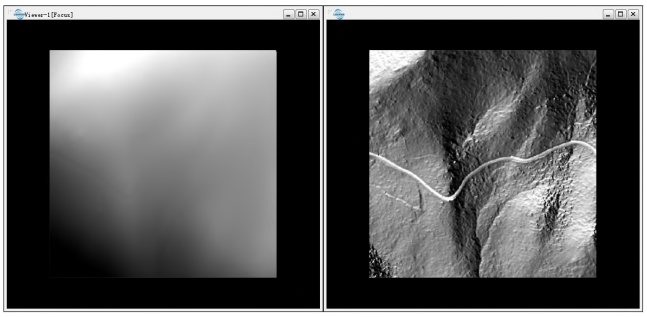
点击地形 > 坡向。



参数设置

- 输入**Tiff**文件：输入格式为Tiff的DEM文件。通过下拉框可以选择已经在LiDAR360软件中打开的Tiff数据，也可以通过点击加载Tiff数据。点击删除所加载数据。点击 清除所有加载的数据。
- **Z**尺度因子（默认为**“1”**）：Z值的拉伸比例。
- 输出路径：保存生成坡向图像文件的路径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

数字高程模型（下图左）和坡向图（下图右）。



视域分析

功能概述

根据一系列视点数据，确定地形数据每个像素值所代表的区域是否可见。

用法

点击地形 > 视域分析。

参数设置

- 输入**DEM**：输入的DEM文件，生成方法参见数字高程模型的生成。
- 观察点文件：输入点类型的矢量文件，表示观察点位置。
- 观察者高度：观察点相对于其所在地表的高度。默认1.6米大约是人的眼睛高度。如果是车载或屋顶设备，也应设为相应高度。
- 半径：视域分析半径。默认设置为5000米，表示分析范围仅限于观察点周围5公里内，超出此范围的地形将被忽略。合理设置能大幅缩短计算时间。
- 目标高度：观测的目标物体的高度，分析结果将判断该高度的目标是否可见。分析地面可见性设为0；分析行人或车辆设为1.5 - 2米；分析建筑物可设为10米以上。
- 分析类型：决定输出结果的含义： 二进制视域范围：生成二值化栅格数据，像元值为0表示不可见区域，1表示可见区域，适用于基础可视性分析。地平以下深度：每个地点要达到高度才能变得可见。地平线：生成极坐标下的地形剖面数据，描绘观察点周边地形轮廓线，适用于天际线分析和日照研究。
- 使用地球曲率：是否考虑地球曲率。对于大范围分析（通常>10公里）必须勾选。地球是圆的，长距离观察时，地表弯曲会遮挡视线。
- 大气折光差：又称垂直折光系数，描述影响可见性的大气折射率因素信息。默认值0.13是标准值，表示光线会因大气轻微向上弯曲，使实际可视距离变远一点点。通常保持默认值即可。
- 组合类型：当有多个观察点时，如何合并结果： 相加：采用算术累加算法，输出像元值为各观察点可视性的总和，适用于覆盖密度分析和盲区识别。 最小值：采用逻辑与运算，仅在所有观察点均可视时才标记为可见，适用于关键区域的协同可视保障。（存在不可见时像元为0，最小值则为0，即所有观察点均可视时才标记为可见）。最大值：应用逻辑或运算，任一观察点可视即标记为可见，适用于最大可视范围分析。
- 重采样：基于栅格金字塔进行重采样处理。不同的金字塔级别和分辨率由具体的数据决定，各个连续图层按2：1的比例进行缩减采样。
    - 分辨率：栅格的分辨率。对于行列数小于1000的栅格数据，将不会显示更低级别的分辨率。选择的分辨率越

高，生成的结果越精确，但是可能由于硬件资源不足导致失败。
    - 采样方法：栅格重采样方法。
- 输出路径：指定输出结果的路径。

天空开阔度

功能概述

天空开阔度常用来评估复杂城市内部建筑物对天空的遮蔽程度，是城市形态学的重要指标。

用法

点击地形 > 天空开阔度。

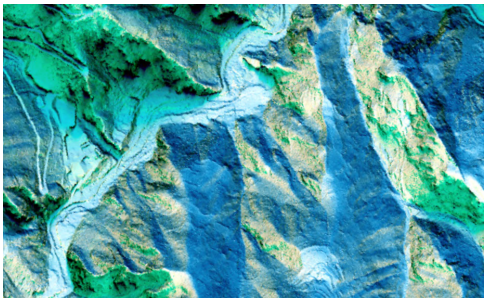
参数设置

- 输入**DEM**：输入的DEM文件，生成方法参见数字高程模型的生成。输入用于分析的地形高程数据，这是所有计算的基础，地形起伏是造成天空遮挡的原因。
- 最大半径：定义搜索半径，算法会在这个半径范围内寻找可能遮挡天空的地形，默认值为10000m。设置太小，会忽略远处的高山，导致结果不准；设置太大，会急剧增加计算时间，且可能包含不相关的地形。建议： 设置为您研究区域内最大山体或地形特征尺度的1.5到2倍。例如，在研究一个山谷时，半径应大于山谷的宽度。
- 扇区数：指将整个地平圈（360度）平均分成多少个扇形区域，然后在每个扇区内独立计算遮挡，默认值为8。 值越小（如8），计算越快，但结果越粗糙，适合快速预览或非常平滑的地形。 值越大（如32或64），计算越慢，但结果越准确，能更好地捕捉复杂地形（如狭窄山谷）的遮挡。推荐从16开始，平衡精度和速度。
- 重采样：基于栅格金字塔进行重采样处理。不同的金字塔级别和分辨率由具体的数据决定，各个连续图层按2：1的比例进行缩减采样。
  - 分辨率：栅格的分辨率。对于行列数小于1000的栅格数据，将不会显示更低级别的分辨率。选择的分辨率越高，生成的结果越精确，但是可能由于硬件资源不足导致失败。
  - 采样方法：栅格重采样方法。
- 输出路径：指定结果输出路径

年日照量

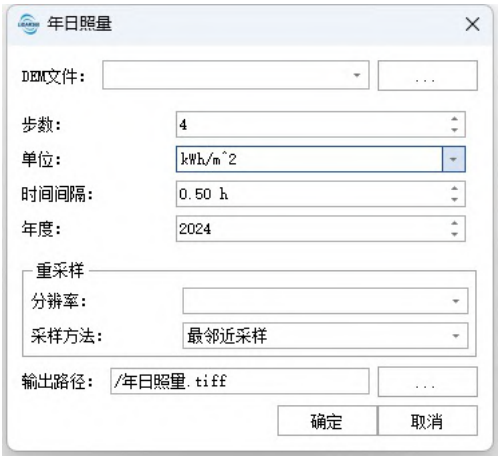
功能概述

年日照量用于估计一定区域内一年的日照量，按照参数设置将某一年进行时间点采样，计算每个采样时间（天）的日照量，输出一个多波段数据，记录每个采样时间的日照量，可用于评估该地区年日照量的变化趋势。



用法

点击地形 > 年日照量。



参数设置

- 输入**DEM**：输入的DEM文件，生成方法参见数字高程模型的生成。
- 步数：本年度的采样天数。这个参数控制着计算的时间精度。它决定了在一年中计算多少天太阳位置和辐射量。将所选年度按步长抽样出若干天，只计算采样的这一天的日照量，然后每一采样日的日照量作为一个波段导出。比如步数为4，结果将生成5个波段，第一个波段是1月1号，然后按步数采样4次，五个波段大概是:1月1日、4月1日、7月1日、10月1日、12月31日。调整建议：值越大，结果越精细，但耗时越长。对于年度计算，6是一个在精度和效率之间取得良好平衡的常用值。如果研究需要更高时间分辨率，可以增加到8或12。
- 单位：定义输出辐射能量的单位。千瓦时/平方米： 工程应用推荐单位，能源领域标准，非常直观，便于与光伏发电量直接对比。千焦/平方米、焦/平方厘米： 其他能量单位，常用于科学研究和特定领域文献。
- 时间间隔：采样当日太阳辐射计算的时间采样间隔。默认为0.5：表示每次采样间隔为0.5小时（30分钟），即一天采样48次进行计算。采样日的太阳辐射输出为一个波段，数值为当日的总日照量。
- 年度：指定计算的年度。太阳辐射计算需要考虑闰年、太阳轨道参数等天文因素。 设置为2024，表示使用2024年的日历来计算太阳位置和日照时长。不同年份的日历略有差异（特别是闰年有366天），会影响年度总辐射量的计算。应设置为与实际分析年份一致，如果分析多年平均，建议使用代表性年份。
- 重采样：基于栅格金字塔进行重采样处理。不同的金字塔级别和分辨率由具体的数据决定，各个连续图层按2：1的比例进行缩减采样。
    - 分辨率：栅格的分辨率。对于行列数小于1000的栅格数据，将不会显示更低级别的分辨率。选择的分辨率越

高，生成的结果越精确，但是可能由于硬件资源不足导致失败。

- 采样方法：栅格重采样方法。

- 输出路径：输出多波段TIF数据的路径。

入射太阳辐射

功能概述

入射太阳辐射用于计算某一个时间段的太阳辐射情况，输出直射、散射和总太阳辐射量。

用法

点击地形 > 入射太阳辐射。

参数设置

- 输入**DEM**：输入的DEM文件，生成方法参见数字高程模型的生成。地形数据用于计算坡度、坡向及地形遮蔽，是辐射传输模拟的基础。
- 水蒸气压系数：大气高度及气压常数参数。表征近地面水汽压的参数，影响辐射吸收，该值越高，表明大气湿度越大，对太阳辐射的吸收作用越强，到达地面的直接辐射相应减少。默认值为10mbar（10hPa）。潮湿环境（如沿海、雨季）可增加至 12-15。干燥环境（如内陆、旱季）可减少至 5-8。
- 浊度系数：大气浊度系数，描述胶体物对光线透过的阻碍程度，值越高一般表示大气污染越严重。Hofierka and Suri算法参数。在选用详细大气模型时启用。该系数综合描述气溶胶和尘埃对太阳辐射的散射与吸收能力。默认值为 3.0 对应于非常清洁的大气。 2~3： 代表洁净大气条件（如高山、偏远地区）；4~5： 代表中等浑浊度（典型乡村环境）；6+： 代表高浑浊度（城市或工业区）
- 太阳常数：指在地球大气层顶端，垂直于太阳光线方向上，单位面积单位时间内接收到的太阳总辐射能量。默认值为1367 W/m²，该值是基于卫星观测的国际通用标准值，代表了日地平均距离时的辐射强度。常规分析请保持默认值。这是一个基准物理常数，不应随意修改。 仅在极少数情况下，如遵循某项特定研究或模型的严格要求时，才需根据其规定进行调整。
- 单位：通用参数。定义输出辐射能量的单位。千瓦时/平方米： 工程应用推荐单位，能源领域标准，非常直观，便于与光伏发电量直接对比。千焦/平方米、焦/平方厘米： 其他能量单位，常用于科学研究和特定领域文献。

- 阴影：slim：标准算法，精确计算地形投射的阴影，为推荐选项。fat：采用更为保守的算法，会略微扩大阴影范围。none：此选项将忽略地形遮蔽，导致辐射值在背阴坡被严重高估，不推荐使用。
- 纬度：当输入数据无法根据空间参考计算出纬度时，使用此参数作为数据纬度。其定义研究区域中心点的地理纬度，是计算太阳高度角和日长的基础。对于包含空间参考的输入表面栅格数据，会自动计算平均纬度；否则，纬度将使用此值。无法计算出纬度时，此参数务必准确，否则将导致系统性的计算偏差。 北纬为正值（例如：北京 40.0），南纬为负值（例如：悉尼 -33.9）。
- 时间段：设置要计算的时间段，可选moment、day、range of days。
  - moment：时刻， 计算特定太阳时的瞬时辐射通量，仅使用日期和时刻参数。
  - day：天，计算单一日期内的日累计辐射量，仅使用日期和时间间隔参数。
  - range of days：天数范围，计算指定日期区间内的累计辐射总量（如年总辐射），仅使用日期，日照间隔和时间间隔参数。
- 开始时间：定义模拟计算的起始日历日期，时间段选项选择range of days时，该参数有效。
- 结束时间：定义模拟计算的结束日历日期。时间段选项选择range of days时，该参数有效。
- 日期：需要计算的日期，时间段选项选择day时，该参数有效。相当于开始日期和结束日期为同一天的日照模拟计算。
- 时刻：需要计算的时刻，时间段选项选择moment时，该参数有效。通用时间周期参数。此参数用于指定进行瞬时辐射通量计算的太阳时，默认值为12。示例：12.0（正午）、13.5（13时30分）。典型应用：分析正午（12.0）的峰值辐射或特定时刻的光照条件。
- 时间间隔（小时）：定义在一天之内，计算太阳位置与辐射通量的时间步长（单位：小时），默认值为0.5。计算以天为尺度的太阳辐射时使用。时间段选项选择day和range of days时，该参数有效。0.5： 每30分钟计算一次（在精度与效率间取得良好平衡），0.25： 每15分钟计算一次（精度更高，但计算资源消耗更大）。
- 时间间隔（天）：定义从开始日期到截止日期过程中，每多少天进行一次采样，计算一段时间的太阳辐射时使用。时间段选项选择range of days时，该参数有效。在进行长期（多日）模拟时，为平衡计算效率与精度而设置的采样间隔，默认值为5。设置为 5，则程序每5天计算一个代表日的完整辐射过程，其余日期的结果通过内插获得。
- 大气影响：描述大气影响的因素模型，包括大气高度、水含量、灰尘、大气透过率。选择大气模型，决定使用哪些大气参数。
  - Height of Atmosphere and Vapour Pressure：大气高度及气压常数，简化模型，使用固定的标准大气剖面，通过水蒸气压系数和大气高度来调整大气对辐射的吸收。
  - Air Pressure, Water and Dust Content：气压，水分和粉尘含量。详细物理模型，通过一组具体的气象参数来精细模拟大气衰减，包括气压、可降水量、粉尘含量等。
  - Lumped Atmospheric Transmittance：大气透射率，极简经验模型，使用单一的整层大气透过率百分比来综合表示整个大气的透过能力。
  - Hofierka and Suri：Hofierka and Suri算法。专用算法模型，内置了由Hofierka和Suri研究人员开发的特定经验算法，该方法无需外导入局部天空景观因子，仅使用单一的链接浑浊系数，配合固定的标准大气参数或简化的流程进行计算。
- 大气高度：大气高度及气压常数参数。定义参与辐射传输计算的大气柱顶界高度。默认值 12000 米对应于标准对流层顶高度，涵盖了绝大部分大气质量，适用于绝大多数应用场景，建议保持默认。高海拔地区研究：若研究区域为高原（如青藏高原），可适当提高至15000-18000米。专业大气研究：需与选择的大气模型及气象参数保持一致。
- 大气压：气压，水分和粉尘含量参数。指研究区域地表的大气压力，直接影响大气对太阳辐射的散射和吸收能力。海平面地区： 可使用默认值 1013 毫巴。高海拔地区： 需根据海拔进行调整（近似公式：1013 - 海拔(km) * 120）。建议使用当地气象站实测值。
- 水含量：气压，水分和粉尘含量参数。定义整层大气可降水量，是详细大气模型中表征水汽吸收的关键参数。湿度越大的气候条件，此值应设置越高。默认值为1.68 cm。干燥环境（如沙漠、大陆性气候）：可设为 0.5 - 1.0。湿润环境（如热带、沿海）：可增至 2.5 - 4.0。
- 灰尘：气压，水分和粉尘含量参数。定义大气中干气溶胶（尘埃、污染物）的柱状含量，直接影响辐射的散射衰减。该值越高，对太阳辐射的散射作用越强，导致直达辐射减少，漫射辐射增加。默认值为100 mg/m²。清洁环境：可减少至 30-50。污染/沙尘环境：可增加至 200-300。
- 大气透过率：大气透射率参数。在选用“大气透射率”模型时使用。该参数直接表征在晴朗无云条件下，到达地面的太阳辐射通量与大气顶入射通量的比值。默认值为70。75%+： 代表透射率极高的洁净大气。65% - 70%： 代表典型晴朗条件。< 60%： 代表浑浊或高湿度的大气条件。
- 重采样：基于栅格金字塔进行重采样处理。不同的金字塔级别和分辨率由具体的数据决定，各个连续图层按2：1的

比例进行缩减采样。

- 分辨率：栅格的分辨率。对于行列数小于1000的栅格数据，将不会显示更低级别的分辨率。选择的分辨率越高，生成的结果越精确，但是可能由于硬件资源不足导致失败。
- 采样方法：栅格重采样方法。

- 输出路径 ：输出文件路径，包括直射、散射和总太阳辐射量TIF文件。直接辐射结果每个像素的值代表该点所接收到的直接来自太阳的辐射能量。散射辐射结果每个像素的值代表该点因大气散射作用而从整个天空半球接收到的辐射能量。总太阳辐射量结果每个像素的值代表该点接收到的直接辐射与散射辐射的能量总和。

多期分析

提供偏差分析、变化检测、施工进度多期分析工具集。

- 偏差分析
- 变化检测
- 施工进度分析

偏差分析

功能概述

计算两个点云之间的距离。被比较点云的每一个点相对基准点云的距离将作为附加属性保存，同时还能生成html报告。该功能可用于计算三维空间中任意姿态点云之间的距离，并用于点云间的偏差分析。

用法

点击 地形 > 偏差分析。

参数设置

- 参考点云：通过下拉菜单选择在窗口打开的基准点云。
- 待比较点云：通过下拉菜单选择在窗口打开的被比较点云。
- 初始类别：参与偏差分析的起始点云类别。
- 格网大小：计算点云间距离的三维网格体素边长，此值设置的越小，点云之间的偏差分析越细致，反之越粗糙。
- 最小距离：小于此距离的点的附加属性值将被设置为0。距离大于该阈值的附加属性将会保存。
- 最大距离：大于此距离的点的附加属性值将被设置为0。距离小于于该阈值的附加属性将会保存。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。
- 输出路径：选择html报告的输出路径。

变化检测

功能概述

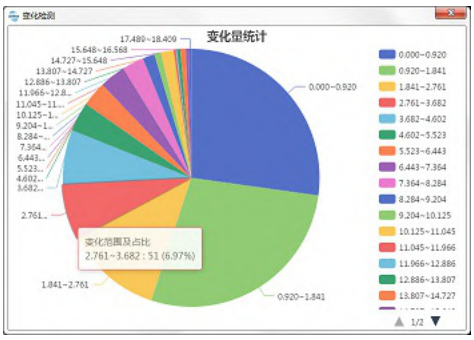
计算两期点云在高度上的相对变化量，并输出为tiff格式影像和html报告。影像中，红色代表增加，绿色代表减少，其他部分以高程值按灰度显示。两期点云的相对变化量将作为附加属性添加到相应LiData文件中（例如待比较点云相对于参考点云的高程变化量将作为附加属性写出到待比较点云LiData中）。此功能可以用于灾情分析、违章建筑比较、土方量变化分析、植被生长变化分析等。

用法

点击 地形 > 变化检测。

参数设置

- 参考点云：选择参考点云。参考点云是待比较点云的基准，其相对于待比较点云的变化量（目前为Z值）将作为附加属性“DistanceReference”写入参考点云中。
- 待比较点云：选择待比较点云。待比较点云相对于参考点云的变化量（目前为Z值）将作为附加属性“DistanceCompare”写入待比较点云中。
- 源类别：参与变化检测的起始点云类别。两块点云中每个类别将分别进行比较。
- 网格大小：将点云格网化的网格边长，此值设置的越小，点云之间的变化检测越细致，反之越粗糙。
- 最小\最大 高差容差：高程值变化量在最大和最小值之间时点云才被赋以对应的距离值，否则认为没有发生变化，相应变化距离为0。生成的结果图像中，待比较点云相对于参考点云的增加量将以红色表示，减少量以绿色表示。参考点云的缺失以黄色表示，对比点云的缺失以蓝色表示。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。
- 输出路径：中间结果和html报告的输出路径。
- 变化量统计报告：功能运行结束后会生成变化量统计饼图如下图所示。此饼图以及相应的统计表格将会同步保存到html中。



> 注：参考点云和待比较点云的LiData版本必须均为2.0以上。低版本的LiData可以使用转换LiData为LiData转换到更高版本。 注：附加属性值可以使用右键菜单中的按附加属性进行显示。

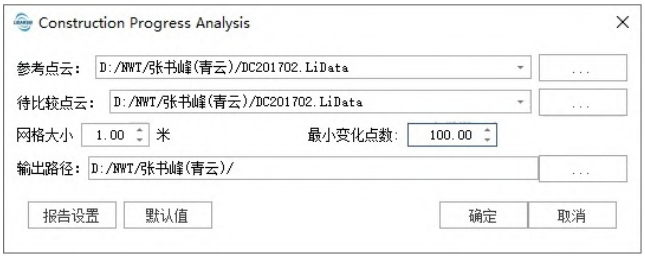
施工进度分析

功能概述

计算两期点云在体积上的变化量，并输出为tiff格式影像和html报告。影像中，红色代表增加，绿色代表减少，其他部分以高程值按灰度显示。两期点云的体积相对变化情况将作为附加属性添加到相应LiData文件中，待比较点云相较于参考点云体积增加的部分，会将附加属性ConstructionProgressAnalysis属性设置为“1”；相反，参考点云相对于待比较点云体积减少的部分，会在参考点云中将ConstructionProgressAnalysis属性设置为“-1”；未变化的部分该属性为“0”。

用法

点击 地形 > 施工进度分析。



参数设置

- 参考点云：选择参考点云。参考点云是待比较点云的基准，其相对于待比较点云的体积减少情况将作为附加属性写入参考点云中，在图像中将以绿色表示。
- 待比较点云：选择待比较点云。其相对于参考点云的体积增加情况将作为附加属性写入待比较点云中。在图像中将以红色表示。
- 网格大小：将点云格网化的网格边长，此值设置的越小，点云之间的变化检测越细致，反之越粗糙。
- 最小变化点数：检测到变化的点，进行区域生长后，小于该值的区域将不被视为存在体积变化。
- 报告设置：点击此按钮，设置报告的名称、信息等。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。
- 输出路径：中间结果和html报告的输出路径。
- > 注：参考点云和待比较点云的LiData版本必须均为2.0以上。低版本的LiData可以使用转换LiData为LiData转换到更高版本。 注：附加属性值可以使用右键菜单中的按附加属性进行显示。

数字高程模型

功能概述

数字高程模型（Digital Elevation Model），简称DEM，是通过有限的地形高程数据实现对地面地形的数字化模拟（即地形表面形态的数字化表达），它是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型，是数字地形模型的一个分支，其它各种地形特征值均可由此派生。

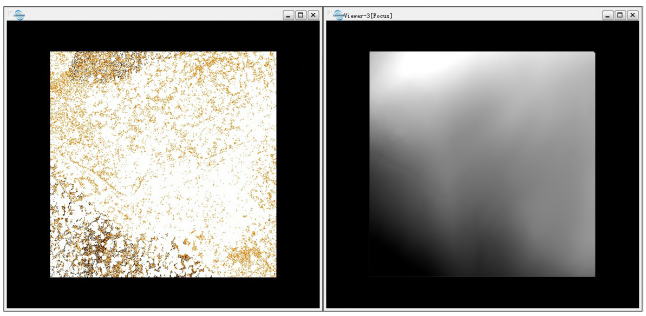
用法

生成数字高程模型前，必须先对点云进行地面点分类。点击地形 > 数字高程模型。

参数设置

- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是进行过地面点分类的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 参数设置：参见栅格参数设置。
- 导入地形特征（可选）：导入地形特征（断裂线、模拟地形点）组件文件，断裂线及模拟的地形点将参与DEM生成。
- 输出路径：保存生成DEM文件的路径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

原始点云(见下图左)和冠层高度模型(见下图右)。



基于DEM可进一步计算坡度、坡向、粗糙度、等高线等产品。

> 注意：用于生成数字高程模型的点云需要含有地面点。

数字表面模型

功能概述

数字地表模型（Digital Surface Model，缩写DSM）是指包含了地表建筑物、桥梁和树木等高度的地面高程模型。和DEM相比，DEM只包含了地形的高程信息，并未包含其它地表信息，DSM是在DEM的基础上，进一步涵盖了除地面以外的其它地表信息的高程。

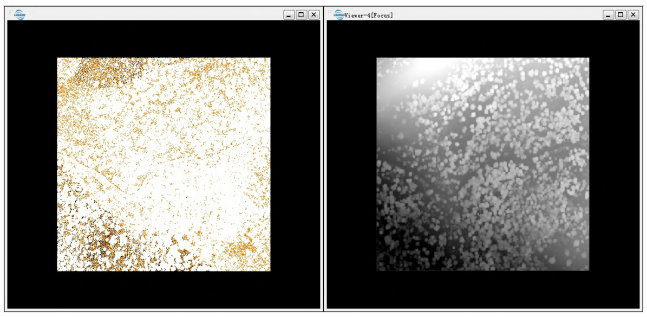
用法

要生成数字表面模型，点击地形 > 数字表面模型。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 起始类别：参与生成DSM的点云类别。
- 参数设置：参见插值参数设置。
- 输出路径：保存生成DSM文件的路径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

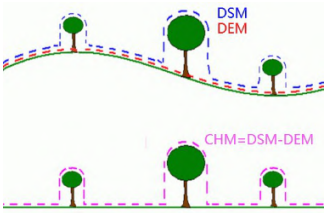
起始类别为地面点与未分类点生成的DSM，点云数据见图左，DSM见图右。



冠层高度模型

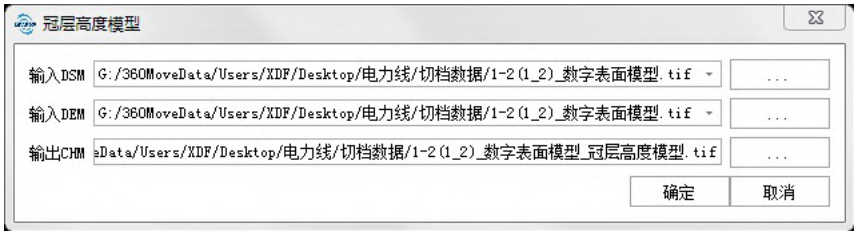
功能概述

从数字表面模型中减去数字高程模型即可得到冠层高度模型，如下图，表示了数字表面模型（DSM）、数字高程模型（DEM）和冠层高度模型（CHM）的关系。



用法

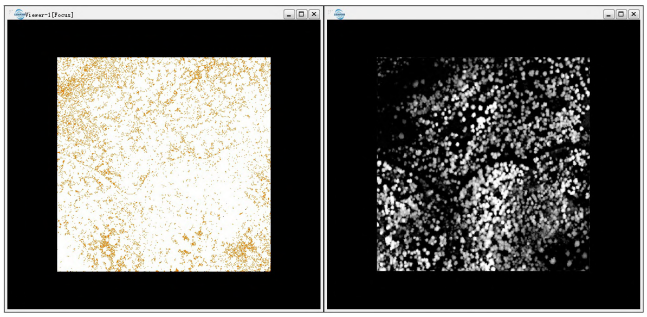
使用该功能需要先生成数字高程模型和数字表面模型。点击地形 > 冠层高度模型。



参数设置

- 输入**DSM**：输入的DSM文件，生成方法参见数字表面模型的生成。
- 输入**DEM**：输入的DEM文件，生成方法参见数字高程模型的生成。
- 输出**CHM**：保存生成CHM文件的路径。

原始点云（见下图左）和冠层高度模型（见下图右）。



数字正射影像

功能概述

数字正射影像（Digital Orthophoto Map，缩写DOM）是指经过几何纠正的航摄影像，DOM同时具有地图几何精度和影像特征。此功能使用空三影像工程结果来生成DOM。

用法

要生成数字正射影像，首先需要导入各类软件的空三结果，转换为LiDAR360内部的影像工程文件。然后使用地形模块内的DEM或DSM功能将对应区域的点云文件插值生成DEM或者DSM。使用方法参考用户手册DEM或者DSM页。

点击地形 > 数字正射影像。

参数设置

- 影像工程：选择导入的影像工程文件。
- **DEM/DSM**：选择内插生成的DEM或者DSM文件，支持32位单通道的tif文件。
- 模式：分为像素和正射纠正两种模式，像素模式指每个像素都单独搜索最适合的影像；正射纠正模式是指对输入的每张影像都执行正射纠正再执行拼接。
- 分辨率：可以通过两种模式设置分辨率。选择自动模式时，程序会自动计算地面分辨率(GSD)，此时设置的参数为地面分辨率的倍数。选择手动模式时，可以直接设置DOM分辨率。

  > 自动模式下，计算的分辨率不会少于0.05米。

- 颜色校正：是否对照片进行颜色校正，以减少一部分照片的色差。仅对包含连接点的影像工程有效。
- 最大倾斜角度：仅使用倾角小于该值的照片进行正射纠正。
- 输出路径：保存生成DOM文件的路径。
- 遮挡检测：正射模式下的参数。该参数决定在正射纠正时是否进行遮挡检测操作。对于城区倾斜摄影的场景，推荐开启该选项，能够减少建筑物遮挡的情况。对于结合点云的林区数据，由于激光的穿透性，生成的Dem/Dsm等可能不需要处理遮挡，推荐将此选项关闭。

栅格生成等高线

功能概述

等高线指的是地形图上高程相等的相邻各点所连成的闭合曲线。栅格生成等高线即栅格数据中相同高程值所在的位置点按顺次连接，即为等高线。

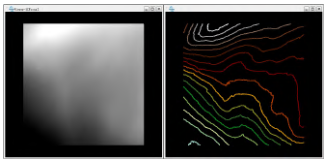
用法

点击地形 > 栅格生成等高线。

参数设置

- 输入**Tiff**文件：输入格式为Tiff的DEM文件。通过下拉框可以选择已经在LiDAR360软件中打开的Tiff数据，也可以通过点击⊕加载Tiff数据。点击⊖删除所加载数据。点击 清除所有加载的数据。
- 间隔（米）（默认为**“10”**）：相邻等高线的高差。
- 基准（默认为**“0”**）：从基准高程开始计算所生成等高线的高程，即与基准相差为间隔整数倍的高程为等高线高程。例如基准为0， 间隔为10，则等高线的高程分布为：0、-10、-20、-30...、10、20、30...。
- 输出路径：保存生成等高线文件的路径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

数字高程模型（下图左）和等高线图（下图右）



> 注意：可使用LiModel编辑中的高程平滑工具对DEM数据中凹陷的部分进行平滑处理

点云生成等高线

功能概述

此功能通过点云数据提取地形上的等高线。

用法

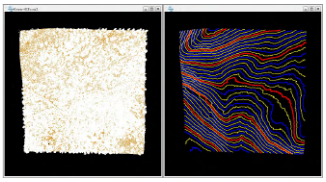
点击地形 >点云生成等高线。

参数设置

- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是进行过地面点分类的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 比例尺：点云生成等高线比例尺，共11种，不同比例尺对应不同的等高距。
  - **1:500**：1：500比例尺。
  - **1:1000**：1：1000比例尺。
  - **1:2000**：1：2000比例尺。
  - **1:5000**：1：5000比例尺。
  - **1:10000**（默认）：1：10000比例尺。
  - ... ...
- 源类别：参与构建等高线的起始点云类别。
- 基准（米）（默认为**“0”**）：从基准高程开始计算所生成等高线的高程，即与基准相差为等高距整数倍的高程为等高线高程。例如基准为0， 等高距为10，则等高线的高程分布为：0、-10、-20、-30...、10、20、30...。
- 三角形最大边长（米）（默认为**“30”**）：即在地面点构建的三角网中，如果三角形边长大于此阈值，则不参与生成等高线，从生成的等高线结果上看，表现为点云空洞超过此阈值时，等高线在此中断。若期望生成的等高线不存在中断，则可将此阈值设置超过地面点云空洞最大尺寸。
- 间曲线（默认选中）：又叫半距等高线。当首曲线不能显示某些局部地貌时，按二分之一等高距描绘的等高线。如果不需要生成此类型等高线，可以不勾选。
  - 等高距（米）（默认为**“2.5”**）：相邻两条间曲线等高线之间的高差值绝对值。

    - 颜色（默认为黄色）：间曲线的颜色，可以修改。
    - 线宽（默认为**“1”**）：间曲线的线宽，可以修改。
    - 分类码：为间曲线添加分类码属性，中文环境下默认按照GB/T 13923/2022标准设置，可通过用户自定义方式进行个性化设置。
- 首曲线（默认选中）：又叫基本等高线。是按基本等高距测绘的等高线，是表示地貌状态的主要等高线。如果不需要生成此类型等高线，可以不勾选。
    - 等高距（米）（默认为**“5”**）：相邻两条首曲线等高线之间的高差值绝对值。
    - 颜色（默认为蓝色）：首曲线的颜色，可以修改。
    - 线宽（默认为**“2”**）：首曲线的线宽，可以修改。
        - 分类码：为首曲线添加分类码属性，中文环境下默认按照GB/T 13923/2022标准设置，可通过用户自定义方式进行个性化设置。
- 计曲线（默认选中）：计曲线，又叫加粗等高线。为了便于判读等高线的高程，自高程起算面开始，每隔4条首曲线描绘的等高线。如果不需要生成此类型等高线，可以不勾选。
    - 等高距（米）（默认为**“25”**）：相邻两条计曲线等高线之间的高差值绝对值。
    - 颜色（默认为红色）：计曲线的颜色，可以修改。
    - 线宽（默认为**“3”**）：计曲线的线宽，可以修改。
    - 分类码：为计曲线添加分类码属性，中文环境下默认按照GB/T 13923/2022标准设置，可通过用户自定义方式进行个性化设置。
- 注记设置：
    - 生成高程注记点（默认选中）：生成用于地形图出图的高程点。
        - 分类码：为高程注记点添加分类码属性，中文环境下默认按照GB/T 13923/2022标准设置，可通过用户自定义方式进行个性化设置。
        - 采样方式:有圆形、网格、菱形采样方式。
        - 采样间隔:相邻采样注记点的距离。
        - 矛盾注记：处理矛盾注记点方式。保留：保留原始采样的高程注记点；修改：根据相邻等高线修改矛盾注记点高程；删除：删除矛盾注记点。
    - 生成等高线标注（默认不选中）：生成表示等高线高程的标注点。
        - 间隔:在同一等高线上相邻标注间的距离。
- 优化选项：对生成的等高线进行平滑等操作的优化设置。
    - 地形平滑（默认关闭）：仅开启地形平滑，不是用等高线平滑，生成较平滑结果，且无相交风险。
    - 等高线简化（默认不简化）：
        - 规则采样距离:在启用规则简化时，设置在等高线上采样点距离。
    - 等高线平滑（默认不平滑）：可选择均值平滑（3点、5点、7点）、迭代白塞尔平滑、迭代三次b样条平滑，迭代三次样条平滑、基于有限元法平滑、迭代张力连续偏差样条方法。
    - 删除等高线，当面积**<**（**m²**）（默认为**“25”**）：闭合等高线的面积小于该阈值时，则删除。
    - 删除等高线，当长度**<**（米）（默认为**“5”**）：非闭合等高线如果其长度小于该阈值，则删除。
- 输出格式:
    - 生成**Shp(**默认**)**:生成shp格式的等高线文件，属性表中包含线型、线宽、颜色和高程值信息。
        - **polyline**（默认）：Shp文件中线型信息为2维。
        - **polyline25D**：Shp文件中线型信息为2.5维。
    - 生成**DXF**: 生成DXF格式的等高线文件。
    - 生成**Gpkg**: 生成gpkg格式的等高线文件。
- 输出路径：保存生成等高线文件的路径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

原始点云数据（见图左）和等高线图（见图右）。



> 注意：在使用此工具前，应提前生成地面点。

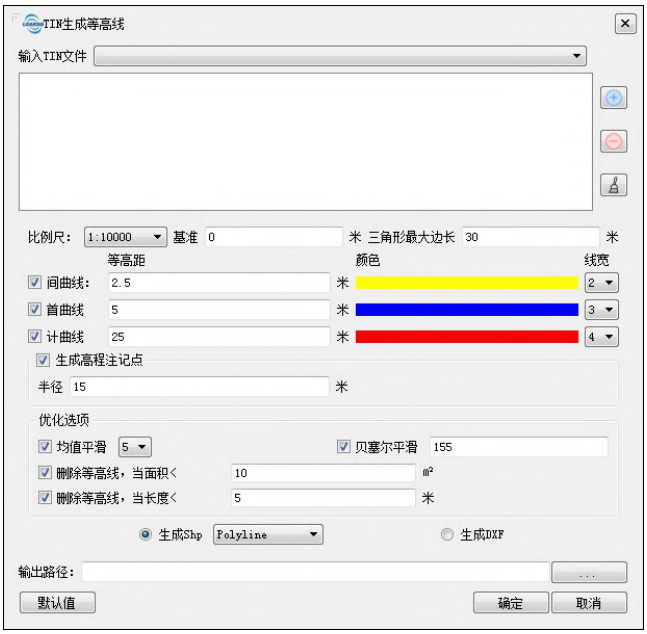
TIN生成等高线

功能概述

此功能直接利用文件后缀为LiTin的三角网TIN生成等高线，然后顺次连接三角网上相同高程的等高点位置，从而生成等高线。

用法

点击地形 > *TIN*生成等高线。



参数设置

- 输入**TIN**文件：用于生成等高线的三角网LiTin文件。通过下拉框可以选择已经在LiDAR360软件中打开的LiTin数据，也可以通过点击⊕加载LiTin数据。点击⊖删除所加载数据。点击 清除所有加载的数据。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。
- 界面其他参数设置与点云生成等高线相同。

生成高程注记点

功能概述

利用点云和等高线生成用于地形图出图的高程点。当选择等高线为dxf或gpkg格式时，高程注记点保存到原始文件，当等高线为shp格式时输出csv格式高程注记点文件高程注记点格式字段见附录。

用法

点击 地形 > 生成高程注记点。

参数设置

- 输入点云数据：输入文件是单个点云数据文件。
- 输入等高线文件: 输入shp格式的等高线文件，该文件需包含一条或多条等高线。
- 采样方法: 有圆形、网格、菱形采样方式。
- 采样距离:相邻采样注记点的距离。
- 矛盾注记：处理矛盾注记点方式。保留：保留原始采样的高程注记点；修改：根据相邻等高线修改矛盾注记点高程；删除：删除矛盾注记点。
- 输出路径：高程注记点的输出路径，仅在等高线为shp格式时有效。

排水线分析

功能概述

排水线算法（Drainage Line Algorithm）是一种用于计算数字图像（DEM）中水流路径的方法。该算法通常用于地理信息系统（GIS）和水文学领域，用于模拟和分析地表水的流动。

用法

- 使用该功能需要先生成数字高程模型。点击地形 > 水文分析 > 排水线分析。

参数设置

- 输入**DEM**：输入的数字高程模型tif文件。
- 径流面积：指在地表水的流动过程中，流经某一像素的水流总面积。值越小，将提取更多的支流轨迹；值越大，则更多保留水流主干流动轨迹。
- 输出结果：算法最终会输出排水线矢量结果以及相关的分析报告。

DEM数据：

排水线分析矢量结果：

其中，白色的线为排水线，其模拟了地表水的流动轨迹，红色的点为汇水点位置，其表示内部的地表水流汇聚到同一个出口点位置。 分析报告如下图所示。

等高线接边

根据点云分块矢量图幅对分块生成的多个等高线矢量文件进行接边处理。

用法

点击地形> 等高线接边。

参数设置

- 文件列表：选择需要进行接边的等高线文件。注意取消分块矢量文件。
- 分块文件：选择分块的矢量图幅框文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，保存每个输入等高线对应的接边后等高线文件。

断裂线接边

根据点云分块矢量图幅对分块生成的多个等高线矢量文件进行接边处理。

用法

点击地形> 断裂线接边。

参数设置

- 文件列表：选择需要进行接边的等高线文件。注意取消分块矢量文件。
- 分块文件：选择分块的矢量图幅框文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录路径，保存每个输入等高线对应的接边后等高线文件。

生成TIN

功能概述

基于点云生成不规则三角网模型，LiDAR360采用自定义三角网模型文件格式*.LiTin。

用法

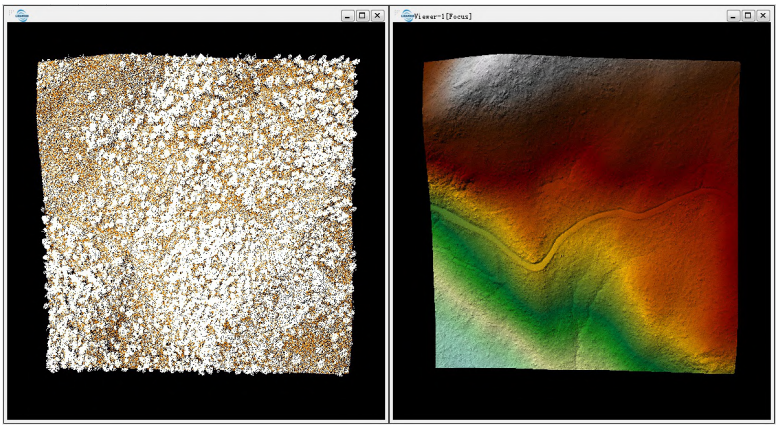
点击地形 > 生成*TIN*。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 源类别：参与生成三角网的点云类别。
- 构网方法：生成的TIN的方法，目前支持狄洛尼三角网模型和无凹坑TIN两种方法。
  - 狄洛尼：使用逐点插入法构建狄洛尼三角网。
  - 最大三角形边长（默认值 **30** 米）：约束三角网中三角形边长，删除任意边长超过该值的三角形。
  - 无凹坑**TIN**：剔除高程异常的点云，可以生成不带有明显尖峰的三角网。
    - 临界边长（默认值 **1.0** 米）：最终生成的三角网中的每一个三角形的每一条边在xy平面上的最短距离。每当新插入点的Z值降低某一高度（插入缓冲区）时，冻结当前三角网中所有三边长均小于临界边长的三角形。被冻结的三角形不再改变。此值越大，参与构网的点将会减少，生成的三角网更加平滑，丢失更多细节。反之，参与构网的点将会增加，细节更加丰富，更有可能出现尖峰。
    - 插入缓冲区（默认值 **0.5** 米）：相邻两次冻结三角形时需要达到的高度落差。减小该值，则更多三角形被过早冻结，新点无法插入，尖峰现象减少，执行速度变快，遗失更多细节；反之，细节增加，构网结果将出现更多尖峰。
- 分块：生成结果包括三种分块方式：按比例尺分块、按宽度和高度分块、不分块。
  - 按比例尺分块（默认）：以一定比例尺分块生成TIN。
    - 比例尺：点云分块比例尺。
      - **1：500**（默认）：1：500比例尺
      - **1：1000**：1：1000比例尺
      - **1：2000**：1：2000比例尺
      - **1：5000**：1：5000比例尺
    - 缓冲区大小（米）（默认为**“10”**）：两相邻分块之间的重叠大小。
  - 按宽度和高度分块：以一定的宽度和高度分块生成TIN。
    - 宽度（米）（默认为**“100”**）：点云分块宽度。
    - 高度（米）（默认为**“100”**）：点云分块高度。
    - 缓冲区大小（米）（默认为**“10”**）：两相邻分块之间的重叠大小。
  - 不分块：点云整体生成TIN，不进行分块。
- 置平区域（可选）：置平工具用于根据用户输入文件对指定范围进行置平操作。

- 输入文件：多边形类型的shp文件，根据输入的shp文件范围和Z属性对不规则三角网进行置平。
- **Z**属性：置平的高程值。
- 导入地形特征（可选）：导入地形特征（断裂线、模拟地形点）组件文件，断裂线及模拟的地形点将参与TIN生成。
- 输出路径：保存生成TIN模型LiTin文件的路径。

点云数据（下图左）和TIN模型（下图右）



```
    @inproceedings{
        author={ Khosravipour A, Skidmore A K, Isenburg M},
        title={Khosravipour A, Skidmore A K, Isenburg M. Generating spike-f ree digital surface models using LiDAR ra
w point clouds: A new approach for forestry applications},
        booktitle={ International journal of applied earth observation and geoinformation, 52: 104-114},
        year={2016}
    }
```

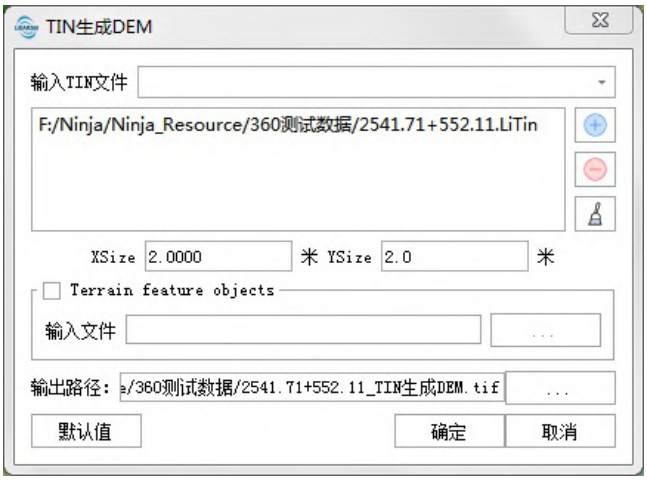
TIN生成DEM

功能概述

该功能通过三角网LiTin文件生成DEM。

用法

点击 地形 > *TIN*生成*DEM*。



参数设置

- 输入**TIN**文件：用于生成DEM的三角网LiTin文件。通过下拉框可以选择已经在LiDAR360软件中打开的LiTin数据，也可以通过点击加载LiTin数据。点击删除所加载数据。点击 清除所有加载的数据。
- **XSize**（米）（默认为**“2.0”**）：生成DEM的像素的长度。
- **YSize**（米）（默认为**“2.0”**）：生成DEM的像素的宽度。
- 导入断裂线（可选）：导入断裂线文件，将该文件中的多段线作为软断裂线添加到TIN中。
- 输出路径：保存生成DEM文件的路径。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

DEM接边

功能概述

通过对相邻图幅的数字高程模型的接边区域进行处理，保证重叠范围内的同一网格点高程一致。

用法

1.点击地形 > *DEM*接边，弹出DEM接边界面：

2.点击添加DEM文件，选择待接边的数字高程模型文件（当前仅支持.tif格式）；

3.设置参数，点击确定执行DEM接边。

参数设置

- 重采样方式：重叠区域进行重采样使用的方式。
  - 最邻近采样（默认）：最邻近法，从最近邻处采样。
  - 双线性采样：双线性采样（2×2 内核）。
  - 三次立方卷积逼近：三次立方卷积逼近（4×4内核）。
  - 立方**B**样条逼近：立方B样条逼近（4×4内核）。
  - **Lanczos**窗口正弦插值：Lanczos窗口正弦内插（6×6内核）。Lanczos可以用作低通滤波器或用于平滑地插值其样本之间的数字信号的值。
  - 平均采样：计算所有非无值像素的平均值。
  - 统计采样：选择所有采样点中出现次数最多的值。
- 分幅图框（可选的）：添加分幅框。若未添加分幅图框，则以各DEM文件原始尺寸保存；若设置分幅图框，则依照分幅框进行分幅。

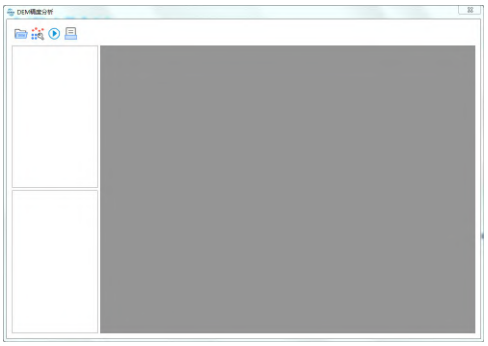
DEM精度分析

功能概述

通过检查点法对数字高程模型的高程精度进行分析。

用法

1.点击地形 > *DEM*精度分析，弹出DEM精度分析界面：



2.点击添加DEM文件 ，选择待分析的数字高程模型文件（仅支持.tif格式）；

3.点击添加检查点 ，添加检查点文件（仅支持.txt格式）；

4.点击执行分析 ，设置参数执行精度分析及分析结果统计（对应检查点个数、粗差点个数、粗差率、平均误差、中误差、限差）；

5.点击导出报告 ，设置相关信息导出精度分析报告。

添加**DEM**文件

添加待分析的数字高程模型文件，当前仅支持.tif格式文件。

添加检查点文件

添加检查点，检查点依照需求可来源于GNSS测量、摄影测量，已有成果（高精度或同精度的地形图、数字高程模型等）等，应确保检查点与待检查数字高程模型为同一坐标参考系。

执行分析

执行精度分析，必须在添加DEM文件和添加检查点文件后执行。

参数设置

- **RMSE**公式：高程中误差的计算公式。
  - 公式***1***：

$$(M=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\triangle_i^2}{n}})$$

  - 公式**2**：

$$(M=\pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\triangle_i^2}{2n}})$$

式中，M为成果中误差，n为检测点数量，$\triangle_i$为较差。

- 限差：误差限差。

注：① 通常，在高精度检测时，以2倍的允许中误差作为限差，以公式1计算成果中误差；在同精度检测时，以$2\sqrt{2}$倍的允许中误差作为限差，以公式2计算成果中误差。在限差范围内的误差参与精度统计，超过限差的误差视为粗差。② 执行分析后，各数字高程模型文件分析状态，表示该数字高程模型误差粗差率小于5%，表示该数字高程模型范围内没有检测点，表示该数字高程模型的误差粗差率大于5%。

1:500,1:1000,1:2000数字高程模型精度指标参考如下图：

数字高程模型精度指标			
比例尺	高程中误差（米）		
	一级	二级	三级
1:500	平地 0.20 丘陵地 0.40 山地 0.50 高山地 0.70	平地 0.25 丘陵地 0.50 山地 0.70 高山地 1.0	平地 0.37 丘陵地 0.75 山地 1.05 高山地 0.50
1:1000	平地 0.20 丘陵地 0.50 山地 0.70 高山地 1.50	平地 0.25 丘陵地 0.70 山地 1.00 高山地 2.00	平地 0.37 丘陵地 1.05 山地 1.50 高山地 3.00
1:2000	平地 0.40 丘陵地 0.50 山地 1.20 高山地 1.50	平地 0.50 丘陵地 0.70 山地 1.50 高山地 2.00	平地 0.75 丘陵地 1.05 山地 2.25 高山地 3.00

导出报告

导出高程中误差检测报表

导出信息设置

- 项目名称： 项目名称。
- 比例尺： 比例尺。
- 检测方式： 检测方式。
- 单位： 单位。
- 仪器名称、型号： 仪器名称、型号。
- 仪器编号： 仪器编号。
- 输出路径：报告保存路径，当前仅支持.html格式。

断面分析

功能概述

断面分析模块针对道路断面和隧道断面，主要解决基于点云和模型数据的参考断面线的设计、真实断面的提取、断面的超欠挖分析、报告的生成等问题。此功能基于实测数据获取各个位置的测量断面或真实的地形起伏状况；可以对测量断面进行编辑和管理；最终输出各个断面的信息以及生成超欠挖报告。 推荐使用地面点类别进行断面生成，以获得准确的断面数据。

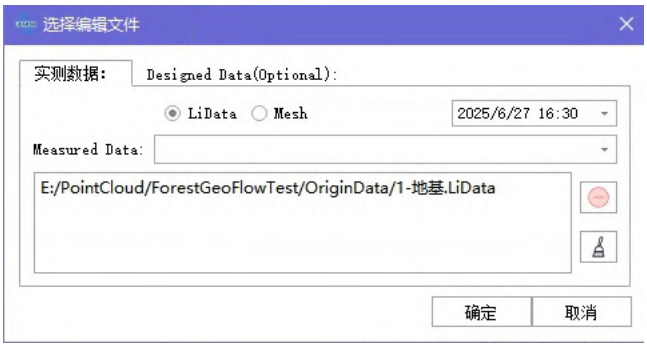
用法

将点云或模型数据加载到当前激活窗口，点击地形 > 断面分析，在数据显示窗口上方将出现断面分析工具栏。

从左到右依次为：编辑器、创建参考线、导入参考线、沿断面提取点云、生成正交参考线、保存参考断面线、生成道路断面图、生成隧道断面图、显示\隐藏矢量工具、清除工具和退出工具。

点击编辑器>开始编辑

选择窗口已加载的点云或模型数据开始断面分析。用户需要选择实测数据和设计数据。实测数据用于生成真实断面（默认为红色），而设计数据用于生成设计断面。实测数据为必选项，设计数据是可选项。只有当选择了设计数据时才能在生成了真实断面后进行超欠挖分析。当实测数据和设计数据均为TIN时，生成道路断面不需要选择类别。



绘制中心线/纵断面

功能描述：通过鼠标拾取若干点创建参考断面线，支持绘制多个参考断面线。

导入参考断面线

功能描述：点击此按钮，打开导入参考线界面，支持文本文件（* .txt）、图形文件 （* .dxf）、矢量文件（*.shp）

导入成果格式参考断面成果文件格式。导入dxf时，还会自动匹配dxf中的文字作为参考线名称，匹配方式为，遍历该文件中的参考线，将所有文字的位置与某条参考线的起点、终点位置做比较，找到距起点或终点最近的文字作为该参考线的名称，该文字将不会再被其它参考线使用。未匹配到文字的参考线将由软件按当前的命名模式自动创建名称。命名模式可参考 “生成道路/隧道断面图”中的“设置”功能。参考线可以导入下列几种类型：

- 中心线：全部参考线都将作为中心线导入。
- 横断面: 只含有两个点的参考线将作为横断面导入。
- 自动匹配: 大于两个点的参考线将作为中心线导入；只含有两个点的参考线将作为横断面导入，同时自动判断与各个中心线的相交关系以获取合适的名称和里程。

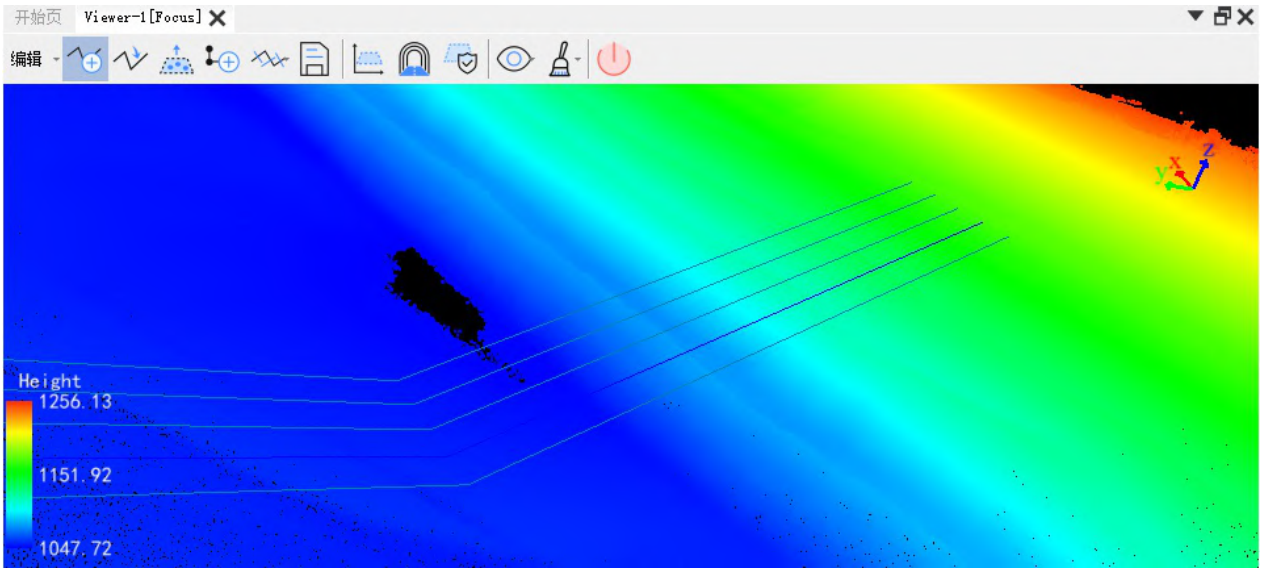
创建附属中心线

通过鼠标绘制或者导入了中心线之后可以用此工具创建附属中心线。附属中心线是在中心线的基础上垂直于前进方向进行一定长度的偏移得到的。附属中心线本质上也是中心线，可以像主中心线一样生成断面图。主中心线展示其断面图时，若其含有附属中心线，则附属中心线会用其他不同的颜色一并绘制在断面图上。附属断面图也会单独显示在断面管理器上。生成报告时（比如生成dxf格式的报告），若含有附属断面，则附属断面也会同时呈现在同一个断面图块上。

- 自动构建附属中心线：使用一系列自动化参数自动构建附属中心线。每条中心线可以设置初始类别。该类别主要用于生成断面线时从点云中取相应类别的点云。
  - 用于偏移的中心轴线: 在哪个中心线的基础上进行偏移。
  - 左/右侧偏移数量（默认勾选）: 是否添加左/右偏移的附属中心线，以及添加的附属中心线数量。假设偏移数量为2，而偏移距离为5，则会生成两条中心线，第一条中心线偏移距离为5，第二条偏移距离为5*2=10。
  - 左/右侧偏移距离: 每条中心线沿中心线垂直方向上偏移量。如果有多条中心线则偏移量会自动累加。

- 确定/取消: 点击确定之后将需要生成的附属中心线列在表格中。取消则关闭界面不进行任何操作。下图展示了左偏移数量设置为3，点击确定之后的结果。

- 添加单个附属中心线: 添加单个附属中心线。点击后自动添加一行。可以进行自由编辑，自由定义所依附的中心线，自定义偏移量以及初始类别。
- 删除单个附属中心线: 在表头选中一行后再点击此按钮可以进行删除。
- 清除附属中心线: 清除全部的附属中心线。
- 确定/取消: 点击确定之后将表格中的附属中心线实际创建出来。取消则关闭界面不进行任何操作。下图展示了实际创建的结果。



沿参考断面线提取点云

功能描述：点击此按钮，提取参考中心线周围的点云数据文件。倘若加载的是模型文件，则会将模型范围内的三角网的顶点全部提取出来。

- 断面：选择需要提取点云的参考中心线。
- 缓冲区大小（米）（默认为**“1.00”**）：垂直于中心线/纵断面的缓存距离，如设置100米，则中心线两端各缓冲50米。

保存参考断面线

功能描述：点击此按钮，弹出保存参考线对话框，可将创建的参考断面线数据保存为txt、shp或dxf格式文件。

- 中心线：只导出中心线及其名称。
- 横断面：只导出横断面及其名称。
- 全部：导出全部参考线及其名称。

自动添加参考横断面

功能描述：该功能用于可生成若干垂直于参考中心线的横断面。

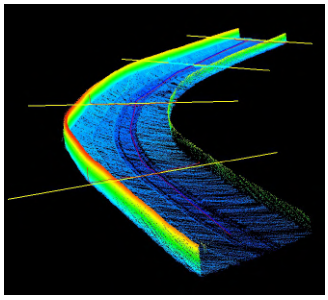
- 左宽度（米）（默认为**“5”**）：参考横断面顺线路方向左端的长度。
- 右宽度（米）（默认为**“5”**）：参考横断面顺线路方向右端的长度。
- 起始里程（千米）（默认为**“0”**）：生成参考横断面的起始里程，横断面的里程值在此基础上进行累加。
- 在节点处创建断面：在纵断面/中心线的节点处创建横断面，横断面的方向垂直于节点处的角平分线。
- 按步长：只按特定步长生成参考横断面，不考虑节点。
  - 步长（米）（默认为**“10”**）：沿中心线方向生成参考横断面的步长。
- 按坡度：当纵断面/中心线的节点之间具有高差时，可以使用按坡度的方式计算横断面位置。坡度的定义为线段两点间水平方向长度和高差的比值，通常用百分数表示。此模式下，坡度越大得到的横断面就越多。
  - 坡度（**%**）（默认为**“5”**）：程序自动计算中心线每一段的高差，然后以输入的坡度值计算水平步长，最后以水平步长放置横断面。
  - 最大里程步长（米）（默认为**“10”**）：水平步长阈值，配合坡度阈值使用。此阈值的意义在于，当坡度阈值过小时，所计算出的步长间距过大，最终所得的横断面数量过少。此时设定最大里程步长，能保证在缓坡处每隔一定距离必出现一个横断面。

手动添加参考横断面

功能描述：点击此按钮，开启手动生成参考横断面功能，可用鼠标在纵断面上任意位置添加横断面。

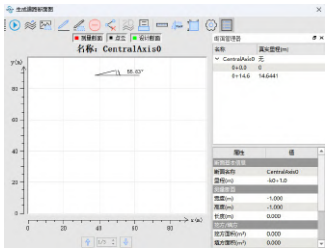
- 左宽度（米）（默认为**“5”**）：参考横断面顺线路方向左端的长度。
- 右宽度（米）（默认为**“5”**）：参考横断面顺线路方向右端的长度。

横断面如图。



生成道路/隧道断面图

横断面图指的是中桩处垂直于道路中线方向的剖面图，在传统测绘中，断面图以水平距离为横坐标，高程为纵坐标，绘在毫米方格纸上，比例尺一般采用1：100或1：200。 土石方工程量的计算和施工放样，均以此作为依据。对于道路断面而言，可以使用任意类别（默认为地面点）的点生成测量断面，还能通过调节距离阈值和最大边长来控制断面的细化程度。



功能描述：基于参考断面线生成道路断面图。

断面图界面右侧为断面管理器，在管理器树节点上双击可以跳转到相应的断面。此断面的属性信息也将显示在下方的属性栏中。点击“计算”按钮弹出计算断面的参数设置对话框。道路断面和隧道断面使用的参数不同。

- 道路断面参数：

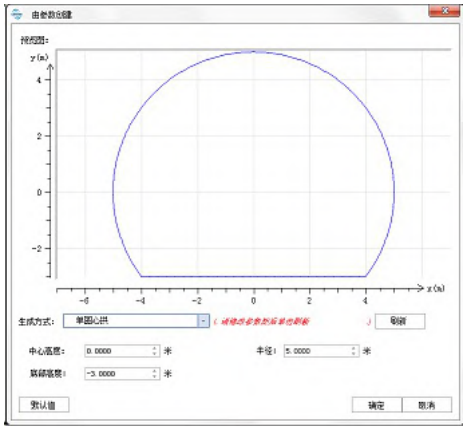
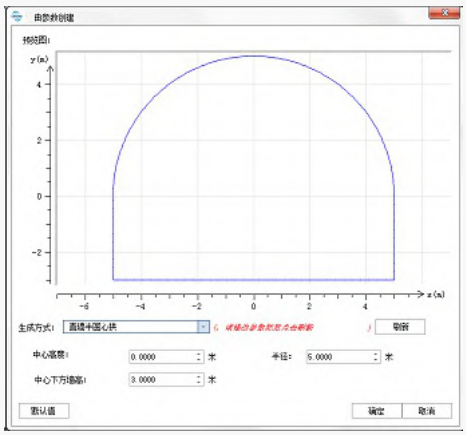
- 选择参考线：用户可以从列表中选择一个或多个需要生成断面的参考线，默认全选。列表中的参考线已按所属的中心线进行分组。对于道路断面而言，中心线可以生成测量断面。已选的参考线生成的测量断面将覆盖旧的结果。
- 断面厚度（米）（默认为**“1”**）：沿中心线/纵断面方向提取薄片点云的范围，这些点云将用于计算真实断面。当点云较为稀疏时为了更好地保留测量断面的细节，可以适当增大该值。此值设置为平均点间距的3~5倍最佳。
- 源类别：参与生成断面的点云类别。当实测数据和设计数据均为TIN时，此项将被隐藏，因为此时不需要选择类别。
- 断面步长（米）（默认为**“5”**）：剖面将按照设定的步长根据距离阈值进行分段精简，断面会在断面步长整数倍位置采用线性插值方式插值点。若该值设置为0，则对断面进行整体精简。该值越大，保留的真实断面点越少。
- 距离阈值（默认为**“0.01”**）：剖面将根据该参数使用道格拉斯算法进行精简，该值越小，则断面的细化程度越高，反之则精简程度越高。经过简化后，将可能出现存在于断面线以下的点云。
- 类型：按高程类型取断面数据生成断面图。
  - 底部（默认）：取断面数据的最低点生成断面图。
    - 顶部：取断面数据的最高点生成断面图。
- 最大边长（米）（默认为**“0.5”**）：最大线段边长阈值，在分割长边勾选状态下，若断面图中两点之间的距离大于该值，则将断开为两段。
- 分割长边：是否根据线段边长阈值分割多个线段（需要配合最大边长阈值）。
  - 是：根据线段边长阈值分割多个线段。
  - 否（默认）：不根据线段边长阈值分割多个线段。
- 断面**Index**：选择在对话框中显示的断面图，选中的断面图会在窗口中高亮显示。

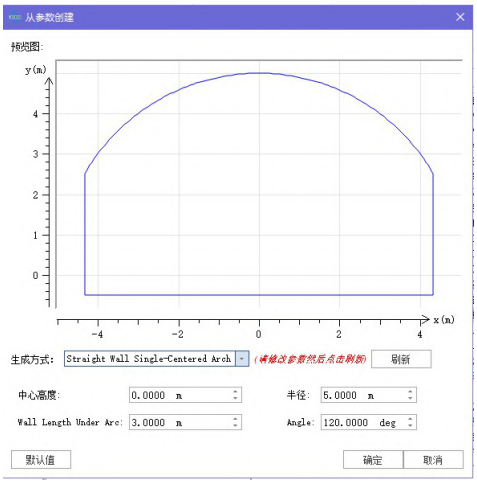
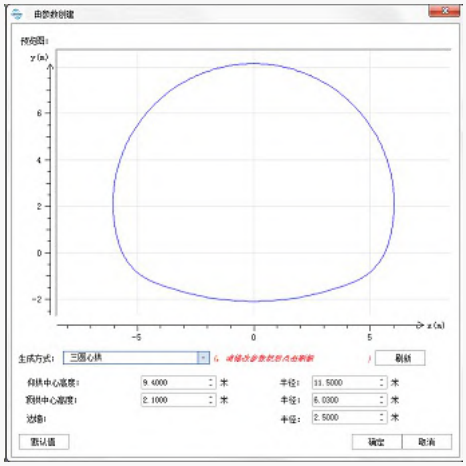
功能描述：根据断面线生成隧道断面图。

- 隧道断面参数：
  - 选择参考线：用户可以从列表中选择一个或多个需要生成断面的参考线，默认全选。列表中的参考线已按所属的中心线进行分组。对于隧道断面而言，中心线不生成测量断面。已选的参考线生成的测量断面将覆盖旧的结果。
  - 最大边长（米）（默认为**“5”**）：最大线段边长阈值，若断面图中两点之间的距离大于该值，则将断开为两段。该值越大，则保留的真实断面点越少。
  - 断面厚度（米）（默认为**“0.1”**）：生成断面图使用点云数据沿断面线宽度。

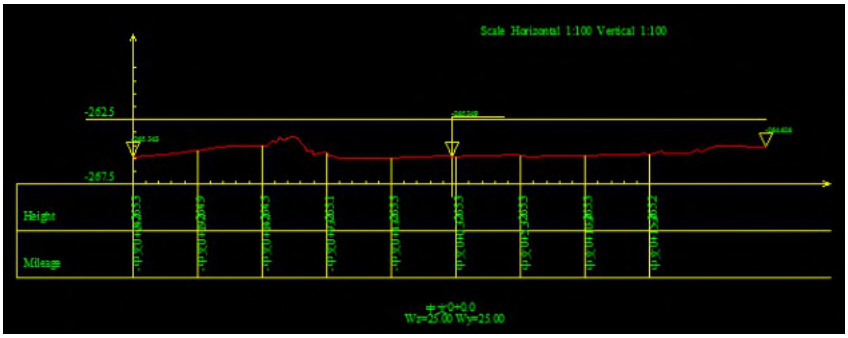
单击计算按钮弹出参数设置对话框，单击确定后生成隧道断面图。可利用鼠标对画布进行平移、缩放等操作。

- 导入设计断面：导入参数化隧道断面。参数化的隧道断面以二维坐标表示，其坐标原点与中心线在该横断面处的位置重合。
  - 由参数创建：创建参数化的隧道断面。目前支持三种隧道设计断面。
  - 删除：清除所有横断面的设计断面。

设计参数	设计断面效果
单圆心拱。由半圆拱顶和水平底部组成，可调整拱顶圆的半径大小以及底部位置	
直墙半圆拱。由半圆拱顶、墙体和水平底部组成，可调整拱顶圆的半径大小、墙体高度以及底部位置	

直墙圆心拱。由弧形拱顶、墙体和水平底部组成，可调整拱顶圆的半径大小、展开角度、墙体高度以及底部位置	
三圆心拱。也称四圆心拱，由顶拱、两个墙拱和底拱共四个圆相切而成。可以调整各个拱的圆心位置以及半径	

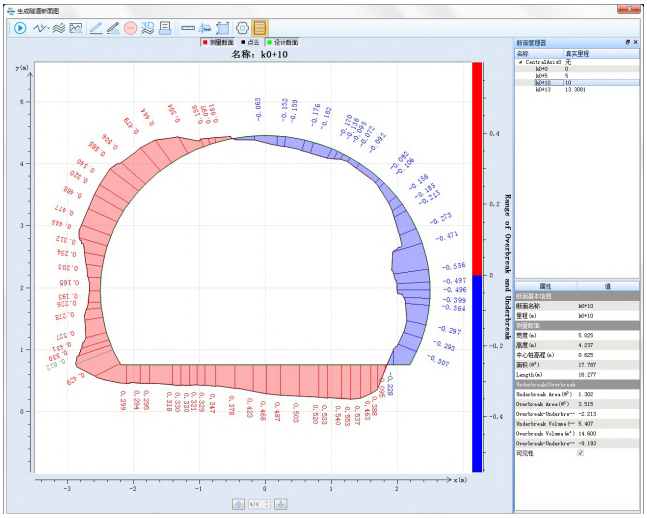
- 导出断面：导出当前生成的断面线，可保存成一个或多个文件。中文环境下支持csv、HDM、HDM（南方）、shp、dxf及LandXML格式,在英文环境下不支持hdm格式。导出成果格式参考断面成果文件格式。导出隧道断面时还能同时选择是否导出断面轨迹。断面轨迹是一个CSV文件，记录了中心桩的走向以及顶板坐标等。导出为二维dxf时将提供更多选项如下。
  - 添加高程标签：默认不勾选。勾选时将为断面中线以及左右两端添加高程标志。
  - 绘制垂直线：默认不勾选。勾选时将会按照指定步长为断面添加垂直线。每条垂直线将在相应位置标注高程和到原点的距离。
  - 垂直/水平 比例尺：所生成的dxf比例尺。
  - 填方/挖方 前缀：若执行断面对比功能，则可以为断面进行填挖方标注，此处可设置填挖方的前缀字符。



- 导出图像：保存当前对话框断面图为图片，可保存格式为pdf，用户可在导出界面设置导出断面图的分辨率和大小。
- 编辑断面线节点：对隧道断面线的节点进行编辑，开启编辑后，可以对节点进行拖拽。用于对错误的或含有噪点的隧道边界进行编辑。
- 断面对比：将生成的隧道参考断面和隧道设计断面进行对比并计算填挖方面积和总填挖方量（体积）。填方面积和挖方面积分别以不同的颜色显示（颜色可设置）。
  - 总填挖方量计算方式为：分别取前一里程桩、后一里程桩到当前里程桩距离的一半，与当前里程桩的填挖方面积相乘；起始里程桩和终止里程桩分别只计算后半段和前半段的距离。例如：此里程桩为K0+80，填挖方面积为S，前一里程桩为K0+72，后一里程桩为K0+90，则该里程桩的填挖方量 V = ((80-72)/2 + (90-80)/2) * S。将各个里程桩的体积累加即可得到总的填挖方体积。

- 导出对比报告：可以将当前画布上的断面图和断面信息导出成报告，输出到指定文件夹中。
- 距离量测：开启距离量测后，可以用鼠标左键在画布上进行单击以拾取需要量测的点，拾取时可以同时利用鼠标对画布进行缩放和平移。鼠标左键双击完成量测；再次单击“距离量测”按钮结束量测。
- 设置：弹出设置对话框。
  - 显示: 可以对点云颜色、断面节点颜色、填挖方颜色等进行设置。
  - 断面命名: 可以按特定的命名模式对断面进行命名。分为前缀和后缀，前缀可任意输入，后缀为里程支持两种格式。分别为里程(km+m)和里程。
- 显示断面属性：可以显示/隐藏当前的断面属性。

断面对比结果如下图所示。



断面质检

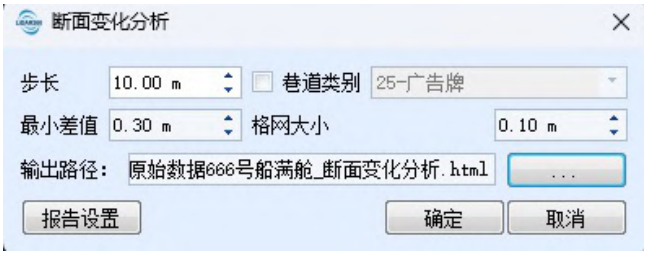
- 断面质检报告：可以对当前断面或导入的断面进行检查。导入断面只支持hdm格式，只在中国语言环境下生效。检查项如下：

检查项目	说明
检查横断面的里程桩号顺号和重号	检查横断面文件中里程数值是否是顺号的，是否有重号
检查横断面的数字编号	主要检查顺号、漏号和重号。横断面的数字顺序号，应是从小到大顺序连续编号，不允许有重复和漏号
与中桩的距离错位检查	单个横断面数据中表示与中桩的距离数值大小顺序是否有错位。单个横断面数据格式是“到横断面中桩距离，高程”，从左向右按顺序生成，不能出现x突然变小的反向折叠情况
横断面点高差异检查	单个横断面数据中，相邻两个高程点之间的高差，可以设一个阈值，超过这个阈值的，判定为高差异常点
横断面中桩高程空缺检查	检查每个横断面数据中是否有到中桩距离为0的数据（中桩点）。如果空缺，则横断面数据不完整

- 高差阈值：横断面点高差异检查中的阈值，超过这个阈值的，判定为高差异常点。
- 输出路径：所生成的断面质检报告将以html格式生成在输出路径下。输出报告中，只会列出存在问题的断面。没有问题的项目则不会列出。

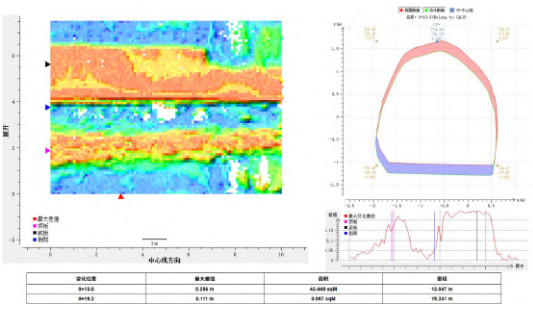
断面变化分析

功能描述：点击此按钮，开启断面变化分析功能。此功能旨在对两期巷道点云进行对比，生成对比图以及分析报告。对比成果中含有热力图、变化区域以及最大变化处的断面图等。对比分析图的长度会根据步长比格网大小进行直接计算，宽度会根据此值自适应得到。。



- 步长（默认为**10**）（**m**）：沿中心线前进方向的切分距离，比如设置为10，则沿着中心线每10m分成一段。所生成的对比图的长度最大也为10m。
- 巷道类别（默认不勾选）：如果勾选，则只所使用所选的巷道类别。如果不勾选，使用全部类别。

- 最小差值（默认为**0.3**）：只有大于此值的变化量才会被计算。
- 格网大小（默认为**0.1**）：所生成的对比分析图的分辨率。假设步长设置为10m，分辨率为0.1，则对比分析图的长度为100像素。



显示/隐藏矢量

功能描述：点击此按钮，根据需要选择显示或隐藏矢量，其中包括画线、正交线、断面线及所有矢量。

清除矢量

功能描述：点击此按钮，根据需要选择是否清除矢量，其中包括清除画线、清除正交参考线、清除断面线及清除所有。

退出

功能描述：退出断面分析。

LiModel编辑

功能概述

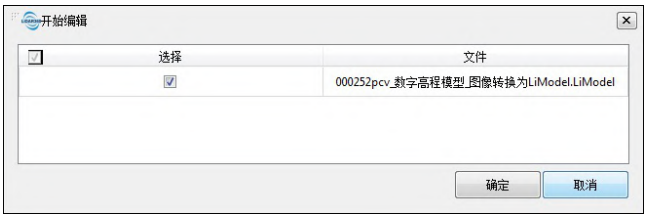
提供对规则格网模型LiModel进行编辑操作，提供多边形选择、套索选择、屏幕选择、导入外部shp文件多种编辑区域选择工具，对编辑区域可以进行高程置平、高程平滑、修补无效值、去除钉状点、高程修补和删除高程操作。可通过选项->快捷键_来设置该功能模块的快捷键。

用法

点击地形 > *LiModel*编辑，当前激活窗口将出现LiModel编辑工具条。

数据选择

点击编辑下拉菜单的开始编辑 ，选择需要编辑的数据，要编辑的数据必须已经在LiDAR360软件中打开，可选择一个或多个数据进行编辑。



选择工具

在进行高程置平、高程平滑、修补无效值、去除钉状物、高程修补、删除高程时提供多种选择工具。

- ### 多边形选择

  单击鼠标左键添加多边形顶点，双击鼠标左键完成选择。在选择区域的过程中，可以单击鼠标右键，选择回退一个点，实现逐点回退。多边形选择只能选择数据范围内的区域。

- ### 套索区域选择

  单击鼠标左键开始区域选择，移动鼠标添加区域顶点，双击鼠标左键完成选择。在选择区域的过程中，可以单击鼠标右键，选择回退一个点，套索区域选择只能选择数据范围内的区域。

- 画刷选择

  长按鼠标左键开始画刷选择，松开左键完成选择。画刷选择可以选择超出数据范围的区域。

  - 半径 :画刷选择半径，单位为屏幕像素

- 屏幕区域选择

  单击鼠标左键添加多边形顶点，双击鼠标左键完成选择。在选择区域的过程中，可以单击鼠标右键，选择回退一个点，实现逐点回退。屏幕选择可以选择超出数据范围的区域。

- 选择场景中要素

  可通过鼠标左键点选或框选场景中已导入的矢量进行功能执行，仅在添加平面区域断裂线可用。

- 选择矢量图层

  可通过指定已导入的矢量文件及文件下的矢量图层进行执行断裂线的区域矢量选择，仅在添加平面区域断裂线可用。

平面区域断裂线

通过多种选择工具进行区域选择，选择结束后依照参数自动计算添加，可自定义设置参数进行重新计算。

- 点选高程：将所选区域投影到同一高程面，用户可通过手动输入或激活选取按钮，拾取场景中的点进行高程设置，默认为最后绘制点的高程；
- 自动高程：根据范围内像素高程自动计算。
  - 平均值：取选择范围内像素高程平均值。
  - 最大值：取选择范围内像素高程最大值。

- 最小值：取选择范围内像素高程最小值。
- 百分位数： 取选择范围内像素高程百分位数。
- 根据选择矢量计算：仅选择场景矢量方式下有效，计算选择矢量的平均高程作为参数。

线型断裂线

通过鼠标交互绘制一条多段线，绘制结束后依照参数自动计算添加，可自定义设置参数进行重新计算。

- 改变高程：默认不勾选，是否改变线上点高程；
  - 起始高程值*：定义起始高程值。用户可通过手动输入或激活选取按钮，选择场景中点进行高程设置。
  - 终止高程值*：定义终止高程值。用户可通过手动输入或激活选取按钮，选择场景中点进行高程设置。

添加河流断裂线

通过鼠标交互绘制两条河岸线，绘制结束后依照参数自动计算添加，可自定义设置参数进行重新计算。

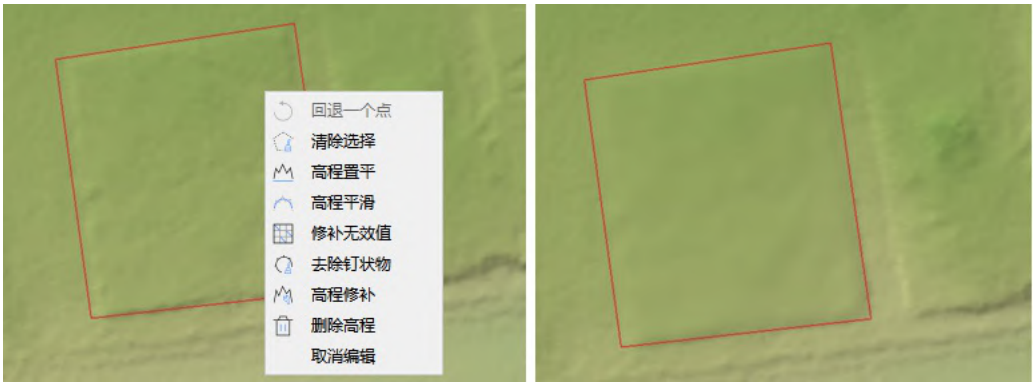
- 起始高程值：定义河流的起始高程值。默认为第二条河岸线起点的高程，用户可通过手动输入或激活选取按钮，选择场景中点进行高程设置。
- 终止高程值：定义河流的终止高程值。默认为第二条河岸线终点的高程，用户可通过手动输入或激活选取按钮，选择场景中点进行高程设置。
-

高程平滑

单击工具条的高程平滑按钮，选择合适的选择工具进行区域选择,根据设置参数在完成选择后执行高程平滑。
采用图像均值平滑对选择区域内模型逐点进行处理，适用于平滑数字高程模型，以生成平滑等高线。

- 核大小（默认值为**5**）：均值滤波器核的尺寸，只能为奇数。

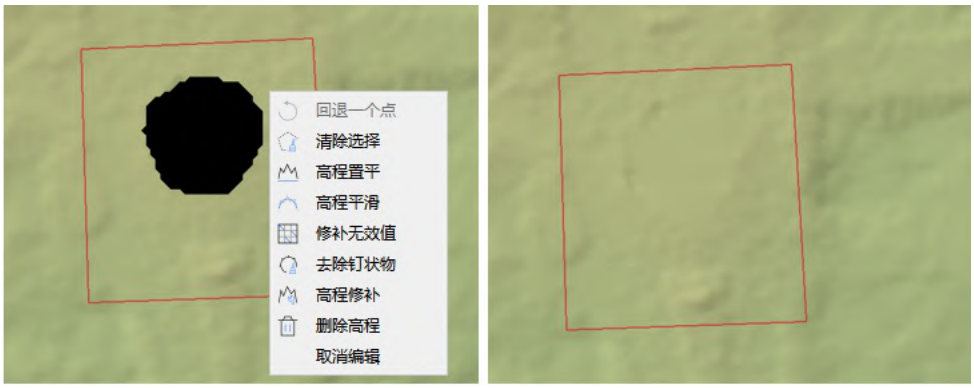
示意效果图如下图所示，左图为原始数据，右图为编辑后效果图。



修补无效值

单击工具条的修补无效值按钮，选择合适的选择工具进行区域选择，完成选择后执行无效值修补。采用双线性插值方式计算区域内没有高程点的高程值。

示意效果图如下图所示，左图为原始数据，右图为编辑后效果图。

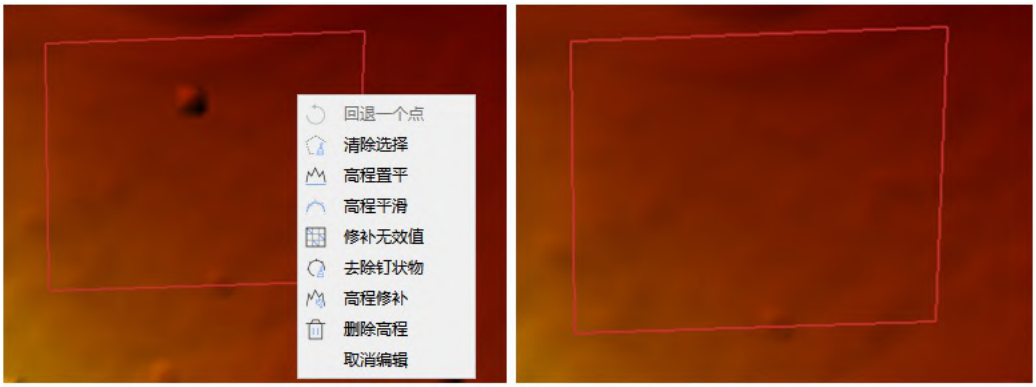


去除钉状物

单击工具条的去除钉状点按钮，选择合适的选择工具进行区域选择，选择完成后根据参数执行去除钉状点。用于修复由噪音引起的钉状噪声，根据其与邻域点高程值波动方差确定其是否为噪声，采用双线性插值方式计算噪声点的高程值。

- 高程方差阈值（默认值为**10**）：高程方差阈值用于确定其是否为噪声点。

示意效果图如下图所示，左图为原始数据，右图为编辑后效果图。

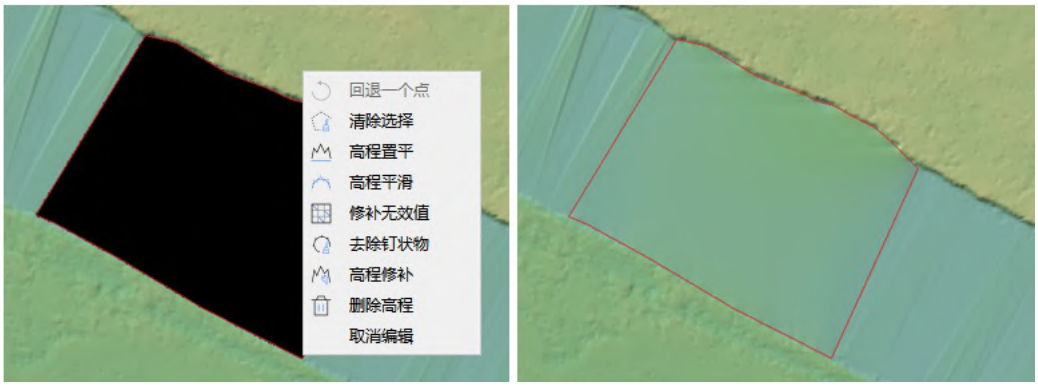


高程修补

单击工具条的高程修补按钮，选择合适的选择工具进行区域选择，选择完成后根据参数执行高程修补。用于修复指定范围内的高程，采用双线性插值方式计算参数条件的高程值。

- 格网点类型：该参数定义了处理格网点范围，可能起到约束处理范围。
  - 所有格网（默认）：所有选定区域都将被修复。
  - 高程范围：只修补高程值位于最小值和最大值范围内的格网。最大值与最小值默认值为选择区域范围顶点的高程值得最大值与最小值。
  - 内部无效值区域：只修补模型内部的无值区域。

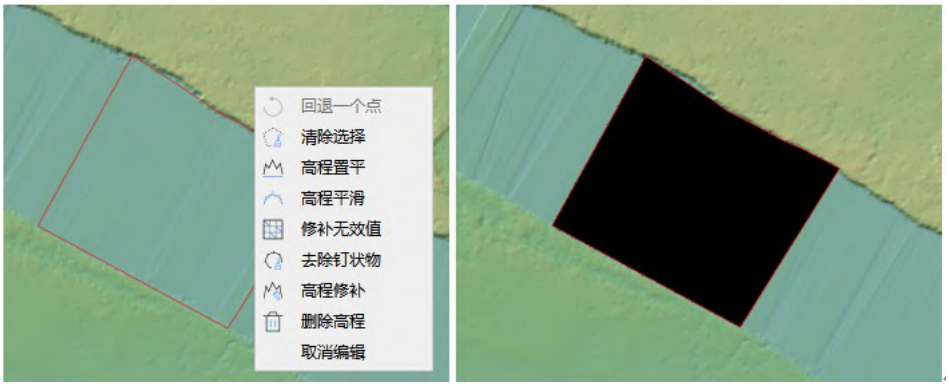
示意效果图如下图所示，左图为原始数据，右图为编辑后效果图。



删除高程

单击工具条的删除高程按钮，选择合适的选择工具进行区域选择，选择完成后删除选定范围高程点。

示意效果图如下图所示，左图为原始数据，右图为编辑后效果图。



保存编辑

保存编辑结果到LiModel文件。

取消编辑

取消编辑，舍弃编辑结果，重新载入原始文件显示。

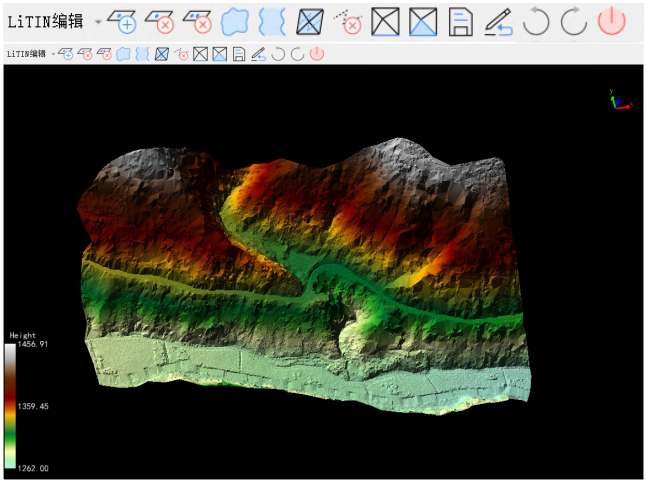
退出

点击工具条的退出按钮，退出LiModel编辑。如果未保存编辑结果，点击退出按钮或者点击编辑按钮下来菜单的结束编辑，点击Yes保存编辑结果并退出，点击No则直接退出，不保存编辑结果，点击Cancel返回。

LiTin编辑

功能概述

提供对非规则格网模型LiTin进行编辑操作，提供添加单点、删除单点、删除多点、添加单条断裂线、添加闭合区域（湖泊）断裂线、添加双条区域（河流）断裂线、批量导入断裂线、删除断裂线、选择边、选择三角形。可通过选项->快捷键_来设置该功能模块的快捷键。



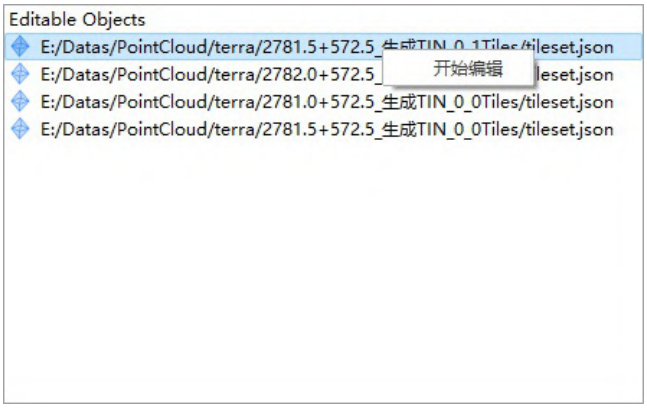
> 注意：使用模型显示工具如下图所示，可以分别按模型、三角形或点显示LiTin（也可以使用键盘上的字母键W实现不同显示方式的切换）。为了便于查看编辑效果，建议使用“显示三角形”显示LiTin。

用法

点击地形 > *LiTin*编辑，当前激活窗口将出现LiTin编辑工具条。

数据选择

开启LiTIN编辑后，从左侧可编辑列表选择需要编辑的数据，要编辑的数据必须已经在LiDAR360软件中打开，每次只能选择一个数据进行编辑。当前编辑完成后可在列表中右键直接开启另一个数据编辑。



添加单点

鼠标左键单击添加顶点，在LiTin中插入单点，点的XY坐标由鼠标点击确定。高程值的来源包括三角网表面、最大表面高程、最小表面高程和用户输入。此功能适用于局部区域编辑，干预此区域的等高线走势。

- 高程来源：该参数定义了增加点高程值。
  - 三角网表面（默认）：通过三角插值方式确定插入点的高程值。
  - 最大表面高程：该模型内高程值范围的最大值。
  - 最小表面高程：该模型内高程值范围的最小值。
  - 用户输入：用户输入自定义高程值。

删除单点

鼠标左键单击删除顶点，从LiTin模型中删除单点，并用相邻点重构三角网。此功能适用于局部区域编辑，删除噪声点或者错分类的点，干预此区域等高线走势。

删除多点

通过鼠标交互选择一个区域，该区域内部的三角网点将被批量删除，引起局部三角网重构。适用于局部区域编辑，根据多边形范围批量删除噪声点或者错分类的点，干预此区域等高线走势。

补洞

通过鼠标交互选择一个区域，该区域内如果存在孔洞则会进行填补。需要注意的是该操作仅支持单步回退重做，进行过补洞操作后的下一个操作将清空回退重做。

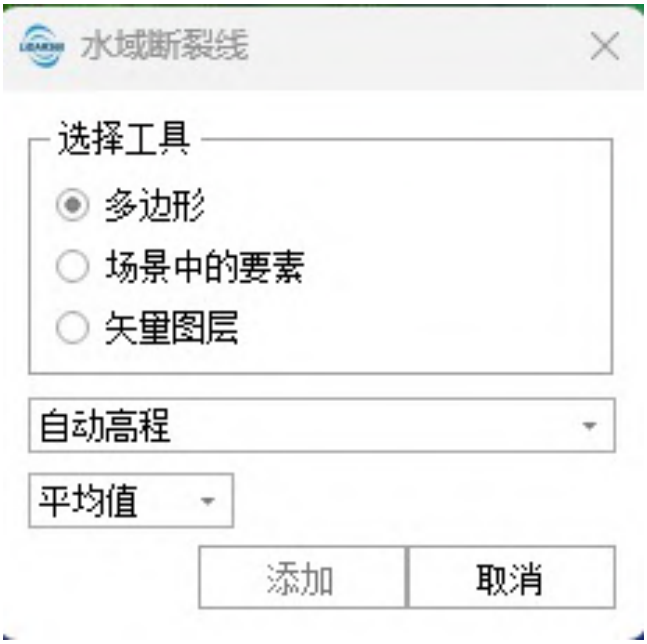
线型断裂线

通过鼠标交互绘制一条多段线，设置参数，点击添加按钮完成添加。

- 断裂线类型：该参数定义了断裂线类型。
  - 软断裂线（默认）*：软断裂线。
  - 硬断裂线*：硬断裂线。
- 改变高程：默认不勾选，硬断裂下可用，是否改变断裂线点高程；
  - 起始高程值*：该参数定义硬断裂的起始高程值。用户可通过手动输入或激活选取按钮，选择场景中点进行高程设置。
  - 终止高程值*：该参数定义硬断裂的终止高程值。用户可通过手动输入或激活选取按钮，选择场景中点进行高程设置。

水域断裂线

通过鼠标交互绘制闭合区域或从当前场景中选择已有的闭合矢量线，设置参数，点击添加按钮完成添加。



- 选择工具

- 多边形：可通过鼠标绘制多边形范围进行断裂线添加。
- 选择场景中要素：可通过鼠标左键点选或框选场景中已导入的矢量范围。
- 选择矢量图层：可通过指定已导入的矢量文件及文件下的矢量图层进行矢量范围选择。

- 高程设置
    - 用户定义：用户可通过手动输入或激活选取按钮，拾取场景中的点进行高程设置，默认为最后绘制点的高程；
    - 自动高程：根据范围内像素高程自动计算。
        - 平均值：取选择范围内像素高程平均值。
        - 最大值：取选择范围内像素高程最大值。
        - 最小值：取选择范围内像素高程最小值。
        - 百分位数： 取选择范围内像素高程百分位数。
        - 根据选择矢量计算：仅选择场景矢量方式下有效，计算选择矢量的平均高程作为参数。

河流断裂线

通过鼠标交互绘制两条河岸线（需沿着相同方向绘制），设置参数，点击添加按钮完成添加。

- 起始高程值：该参数定义河流的起始高程值。默认为第二条河岸线起点的高程，用户可通过手动输入或激活选取按钮，选择场景中点进行高程设置。
- 终止高程值：该参数定义河流的终止高程值。默认为第二条河岸线终点的高程，用户可通过手动输入或激活选取按钮，选择场景中点进行高程设置。

批量导入断裂线

点击批量导入断裂线按钮，设置参数，点击完成添加，等待执行。

- 断裂线文件：从目录树或从从外部选择所使用的断裂线矢量文件。
- 图层名：选择使用的指定图层，图层类型应为闭合多段线。
- 闭合区域类型：闭合区域类型包括：平面型（房屋、湖泊等），渐进型（河流）。
- 高程计算方法：选择自动高程计算方式：区域平均值，最大值、最小值及百分位数。

删除断裂线

通过鼠标交互删除选中断裂线。

选择边

通过鼠标交互选择三角形的边，所选边显示为红色。

选择三角形

通过鼠标交互选择三角形，所选三角形显示为红色。

保存**TIN**编辑

保存编辑结果到LiTin文件。

取消**TIN**编辑

取消编辑，舍弃编辑结果，重新载入原始文件显示。

回退编辑

回退(热键**Ctrl+Z**)，回退单次修改，回退限制次数为20次。

回退(热键**Ctrl+Z**)，回退单次修改，回退限制次数为20次。

重做编辑

重做(热键**Ctrl+Y**)，重做单次修改，重做限制次数为20次。

退出

点击工具条的退出按钮，退出LiTin编辑。如果未保存编辑结果，点击退出按钮或者点击编辑按钮弹出菜单的结束编辑，软件会弹出下图所示的提示窗口，点击Yes保存编辑结果并退出，点击No则直接退出，不保存编辑结果，点击Cancel返回。

查询倾角和走向

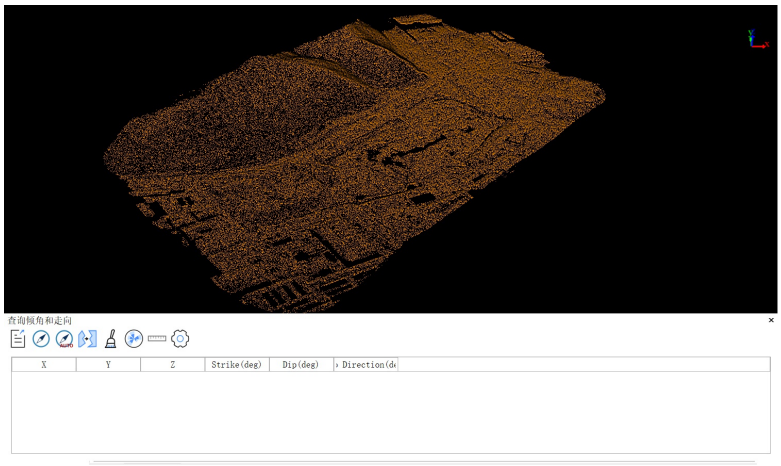
功能概述

可通过自动或手动选取点云计算对应的倾角和走向，并提供对提取后结果的统计分析工具及相应的导出结果报告。

用法

将要编辑的点云数据加载到窗口中，并以该窗口为激活窗口。

点击 地形 > 查询倾角和走向 ,当前激活窗口将出现相应工具栏。

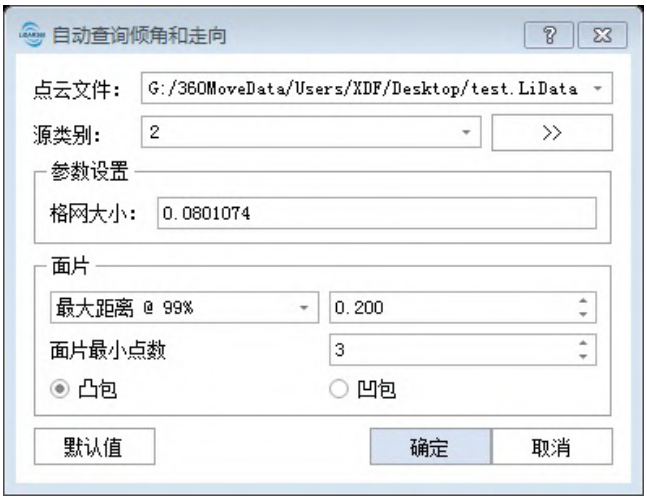


在表格窗口中，各个按钮从左到右依次为：输出数据、查询倾角和走向、自动查询倾角和走向、清除数据、统计和输出报告、长度量测及设置。

输出数据：保存当前表格数据到对应的csv文件。

查询倾角和走向：点击该功能按钮后，可以在数据窗口进行拾取，每三个点组成一个三角形，出现对应的倾角和走向的信息，在窗口中以对应的三维模型进行显示，下方表格信息同时添加一条对应查询信息。

自动查询倾角和走向：对窗口点云文件自动计算倾角与走向信息，并添加到下方表格中。点击后出现如下对话框。



- 点云文件：通过下拉框选择用于自动提取倾角与走向的点云文件。
- 源类别：选择用于计算的点云类别，默认为地面点类别。
- 格网大小：对分割的结果具体表现在：此值设置的越大，查询的面片越细碎，反之面片越大。
- 面片：分割面片的相关参数。
  - 类型选择：分割距离参数类型。

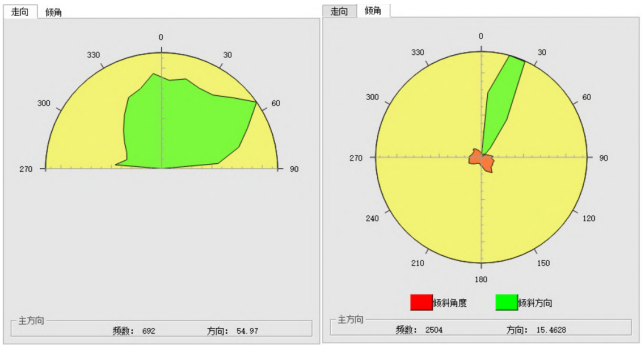
- 最大均方根误差：分割中簇的点云与拟合平面距离的最大均方根。
- 最大距离**@68%**：分割中簇的点云与所拟合平面的距离中前68%的最大距离。
- 最大距离**@95%**：分割中簇的点云与所拟合平面的距离中前95%的最大距离。
- 最大距离**@99%**（默认）：分割中簇的点云与所拟合平面的距离中前99%的最大距离。
- 最大距离： 分割中簇的点云与所拟合平面的最大距离。

- 距离阈值： 距离阈值设置越大，点聚簇分割形成一个面片的阈值越宽松，相对来说形成大面片数量越多（分割成一个面片的点越多），反之越小，阈值越严格。
- 面片最小点数：即分割成一个面片最少需要的点个数。此值设置越大，相对大面片的数量越多，反之越少。
- 凸包：以凸包作为所生成的每一片结构面的形状。
- 凹包：以凹包作为所生成的每一片结构面的形状。

合并：点击功能按钮，在窗口中点选一个多边形，作为目标多边形，在窗口中拾取其他多边形，其他多边形都会被合并到目标多边形，同时，下方表格信息将对应的数据删除，右键结束。

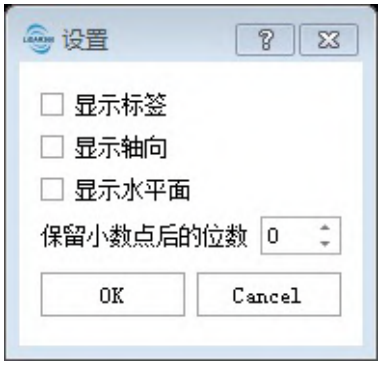
清除数据：清除窗口内倾角走向的三维模型及表格内对应的数据。

统计和输出报告：点击功能按钮，对走向和倾角可进行统计和过滤。在统计中，设置走向和倾角间隔进行统计，同时可生成玫瑰化图和对应的统计报告。在过滤中，可选择不同的过滤类型及渲染类型，并通过设置最小最大角度阈值进行过滤。



长度量测：拾取多个面片，计算面片之间的距离。

设置：通过勾选决定是否显示窗口内三维模型的标签、轴向及水平面，并可设置数据的小数点位数。



等高线编辑

等高线编辑功能提供对等高线的生成、修剪、合并、筛选、检测等能力。在矢量编辑的基础上，结合等高线业务特点，调整了功能分区，增加了若干支撑业务作业的工具。

打开等高线编辑工具条，包括如下功能模块：

- 编辑
- 实用工具
- 绘制地物
- 等高线处理工具
- 选择
- 捕捉工具
- 图层管理

编辑

控制等高线编辑的开启和结束，等高线对象实质上是一个矢量对象，进行编辑时不会识别文件中的实体是否为等高线，但是只有对等高线实体进行操作才会产生预期效果。该模块每次只支持对一个等高线矢量对象进行编辑，功能包括选择文件进行编辑、新建文件编辑、导入文件、保存、结束编辑。

选择文件编辑

点击编辑 -> 选择文件编辑

如果编辑窗口中有矢量对象数据，弹出选择矢量对象数据的界面，已经加载到编辑窗口中的矢量对象数据会出现在选择列表中，选择要编辑的数据。

如果编辑窗口中没有矢量对象数据，弹出选择矢量对象数据的对话框，从磁盘中加载数据进行编辑。

开启编辑后，矢量编辑工具条其它功能会被激活。

在编辑的过程中，被编辑的矢量数据不能从编辑窗口中移除。

新建文件编辑

点击编辑 -> 新建文件编辑

弹出选择文件界面，按用户选择的路径生成相应的矢量数据文件，并将该矢量数据文件加载到编辑窗口，开启对该矢量数据的编辑。

开启编辑后，等高线编辑工具条其它功能会被激活。

在编辑的过程中，被编辑的矢量数据不能从编辑窗口中移除。

导入文件

在编辑开启后，可以点击编辑 -> 导入文件

弹出选择文件界面，将用户选择的矢量数据文件加载到当前编辑的矢量对象中。

保存

在编辑开启后，可以点击编辑 -> 保存，将当前编辑的数据保存到原文件中

结束编辑

点击编辑 > 结束编辑 或者点击结束按钮

结束此次编辑，会弹出保存编辑结果的提示框，用户按需求进行选择后，退出等高线编辑模块。

> 未开启编辑时，也可直接点击结束按钮退出编辑模块。

基础功能

基础功能，包括回退、重做、删除实体、属性查询。

撤销

撤销上次操作。

重做

重做上次操作。

删除选择

删除场景内选中的多个实体。

属性

实体属性显示。鼠标左键选择实体，在弹出对话框中显示实体的属性，包括图层信息、几何属性和附加属性，其中部分几何信息和全部附加属性支持修改。

编辑工具

编辑工具，编辑等高线、编辑矢量、绘制地物三个部分。

编辑等高线

面状地物修剪

通过鼠标交互，打断面状地物中的等高线。

1. 单击鼠标左键选择多边形或闭合多段线。
2. 继续单击鼠标左键选择多边形或闭合多段线，或者单击鼠标右键进行面状地物修剪。

线状地物修剪

通过鼠标交互，打断线状地物中的等高线。

1. 单击鼠标左键选择第一条线。
2. 单击鼠标左键选择第二条线，进行线状地物修剪。

连接等高线

通过鼠标交互，连接框选区域中的等高线。

1. 单击鼠标左键选择断裂区域的第一个点，继续单击左键直到区域选择完毕。
2. 选择区域过程中可以点击右键回退一个点，双击结束框线区域并开始进行区域内的等高线连接。
3. 重复步骤1，进行下一个断裂区域的连接。

   参数设置

   - 直接连接： 将区域内相同高程等高线的端点直接相连。
   - 曲线连接： 在直接相连的基础上，将连接后且在区域内的这一部分等高线进行贝塞尔平滑。
     - 采样间隔：指定平滑后线相邻两点间的平均距离

连接指定等高线

通过鼠标交互，连接选中的两条等高线。

1. 鼠标左键单击选择第一条等高线
2. 继续单击选择第二条等高线，如果高程相同则将两条等高线距离较近的两个端点进行连接。

编辑矢量

提供等高线编辑需要的基础矢量编辑工具。

打断于点

通过鼠标交互编辑多边形，打断于点。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线、B样式曲线或Bezier曲线，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 单击鼠标左键在多段线上选择一个交点，或单击鼠标右键结束当前编辑，重复步骤一开始新的编辑。
3. 单击鼠标右键可以退出打断于点。

打断于线

通过鼠标交互编辑多边形，打断于线。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线、B样式曲线或Bezier曲线，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 单击鼠标左键在多段线上选择第一个交点，或单击鼠标右键结束当前编辑，重复步骤一开始新的编辑。
3. 单击鼠标左键在多段线上选择第二个交点完成打断，或单机鼠标右键回退重新选择第一个交点。
4. 单击鼠标右键可以退出打断于线。

修剪

通过鼠标交互编辑多边形，修剪。

1. 单击鼠标左键选择多段线、矩形或闭合多段线作为基准线，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 选中一条基准线后，单击鼠标左键继续选择基准线，或单击鼠标右键准备选择要修剪的矢量线。
3. 进入选择要修剪的矢量线状态后，单击鼠标左键选择要修剪的矢量线，会根据选中矢量线和基准线的交点，删除选中的矢量线。
4. 单击鼠标右键可以回退到重新选择基准线，再次单击右键退出修剪。

> 注意: 修剪判断的交点是xy平面上的交点，与矢量的高程无关。

矢量拼接

通过鼠标交互编辑多段线，拼接。

1. 单击鼠标左键选择要拼接的第一条矢量线的起点或者终点，右键退出。
2. 单击鼠标左键选择要拼接的第二条矢量线的起点或者终点和第一条矢量线完成拼接。

合并

通过鼠标交互编辑多段线，合并。

1. 单击鼠标左键连续选中多条非闭合矢量线(多段线、B样式曲线或Bezier曲线)，点击合并功能对选中的矢量线进行合并。
2. 点击合并功能后，单击鼠标左键连续选中要合并的矢量线，单击鼠标右键将选中的多条矢量线进行合并。
3. 单击鼠标左键选中一条矢量线后，单击鼠标右键准备选择另一条矢量线，单击鼠标左键选中另一条矢量线完成合并。
4. 单击鼠标右键可以退出合并。

矢量相交

通过鼠标交互编辑多段线，相交。

1. 单击鼠标左键选择要执行相交操作的第一条矢量线，或单击鼠标右键退出编辑。
2. 单击鼠标左键选择要执行相交操作的第二条矢量线，或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 选择待选的相交点完成相交操作。

插入节点

通过鼠标交互编辑多边形，添加节点。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线或多边形实体，或单击鼠标右键可以退出编辑多边形。
2. 单击鼠标左键多段线或多边形实体位置，在该位置添加节点，或单击鼠标右键结束当前编辑，重复步骤一开始新的编辑。
3. 单击鼠标右键可以退出添加节点。

追加节点

通过鼠标交互编辑多段线、B样式曲线或Bezier曲线，在其首尾添加节点。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线实体，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 单击鼠标左键选择点，根据距离判断点插入的位置，如果是离起始点更近，在起点前添加点，否则终点后添加点，或单击鼠标右键结束多段线编辑，重复步骤一开始新的多段线编辑。
3. 在右侧属性面板中选择要追加的线段类型(多段线，B样式曲线，Bezier曲线)，默认为多段线，通过鼠标左键点击可在三者之间切换。
4. 单击鼠标右键可以退出追加节点。

删除节点

通过鼠标交互编辑多边形，删除节点。

1. 单击鼠标左键选中要编辑的多段线或多边形实体，或单击鼠标右键可以退出编辑。
2. 单击鼠标左键多边形实体节点，删除该节点，或单击鼠标右键结束当前编辑，重复步骤一开始新的编辑。
3. 单击鼠标右键可以退出删除点。

平滑和简化

对多段线进行平滑或简化操作。

1. 点击线平滑简化按钮，弹出参数界面，设置参数。
2. 选择矢量线对象，点击执行。

参数设置

- 是否启用平滑： 是否使用平滑。
- 平滑距离： 在启用平滑下有效，指定平滑后线相邻两点间的平均距离。
- 是否启用简化： 是否启用简化功能。
- 简化距离： 指定保留点到线的最大距离偏差。随着距离变小，保留的越多，从线中删除的点越少。

绘制地物

点

- 绘制实体点，通过鼠标左键单击绘制实体点，可用于标记点状地物。操作步骤如下所示。

- 绘制实体点，通过鼠标左键单击绘制实体点，可用于标记点状地物。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选中点实体位置。
2. 重复步骤一绘制下一个点实体。
3. 单击鼠标右键结束绘制点实体。

直线

绘制线段实体，可用于标记线状地物，通过鼠标左键单击绘制线段实体起始端点。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选中线段实体起点位置，或单击鼠标右键结束绘制线段实体。
2. 单击鼠标左键选中线段实体终点位置，或鼠标右键单击可以回退到步骤一。
3. 单击鼠标右键结束绘制线段实体。

多段线

通过鼠标交互绘制多段线，可用于标记线状地物。

1. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制多段线。
2. 重复步骤一添加点，或单击鼠标右键结束当前多段线绘制，如需闭合，点击闭合按钮，重复步骤一开始新的多段线绘制。

绘制平行线

通过鼠标交互绘制多条平行的多段线，可用于标记线状地物。

1. 配置右侧参数，控制多线的间隔和重复数量，以及重复方向。
2. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制多段线。
3. 重复步骤一添加点，或单击鼠标右键结束当前多段线绘制，重复步骤二开始新的多段线绘制，绘制过程中支持重新配置参数。

多边形

通过鼠标交互绘制多边形，可用于标记面状地物，提供添加节点和删除节点编辑功能。

1. 单击鼠标左键选中点，或单击鼠标右键可以退出绘制多边形。
2. 重复步骤一添加点，或单击鼠标右键结束当前多边形绘制，重复步骤一开始新的多边形绘制。
3. 单击鼠标右键可以退出绘制多边形。

等高线处理工具

等高线处理模块可以根据场景中的点云数据生成等高线、生成注记点、检测曲矛点、筛选最小面积。

点云生成等高线

利用点云数据，框选一块区域，生成等高线数据到当前编辑对象。

1. 依次单击鼠标左键框选一块区域，双击结束。
2. 弹出参数配置界面，设置参数。

- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是进行过地面点分类的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 比例尺：点云生成等高线比例尺，共11种，不同比例尺对应不同的等高距。
  - **1:500**：1：500比例尺。
  - **1:1000**：1：1000比例尺。
  - **1:2000**：1：2000比例尺。
  - **1:5000**：1：5000比例尺。
  - **1:10000**（默认）：1：10000比例尺。
  - ... ...
- 源类别：参与构建等高线的起始点云类别。
- 基准（米）（默认为**“0”**）：从基准高程开始计算所生成等高线的高程，即与基准相差为等高距整数倍的高程为等高线高程。例如基准为0， 等高距为10，则等高线的高程分布为：0、-10、-20、-30...、10、20、30...。
- 三角形最大边长（米）（默认为**“30”**）：即在地面点构建的三角网中，如果三角形边长大于此阈值，则不参与生

成等高线，从生成的等高线结果上看，表现为点云空洞超过此阈值时，等高线在此中断。若期望生成的等高线不存在中断，则可将此阈值设置超过地面点云空洞最大尺寸。

- 间曲线（默认选中）：又叫半距等高线。当首曲线不能显示某些局部地貌时，按二分之一等高距描绘的等高线。如果不需要生成此类型等高线，可以不勾选。
  - 等高距（米）（默认为**“2.5”**）：相邻两条间曲线等高线之间的高差值绝对值。
  - 颜色（默认为黄色）：间曲线的颜色，可以修改。
  - 线宽（默认为**“1”**）：间曲线的线宽，可以修改。
- 首曲线（默认选中）：又叫基本等高线。是按基本等高距测绘的等高线，是表示地貌状态的主要等高线。如果不需要生成此类型等高线，可以不勾选。
  - 等高距（米）（默认为**“5”**）：相邻两条首曲线等高线之间的高差值绝对值。
  - 颜色（默认为蓝色）：首曲线的颜色，可以修改。
  - 线宽（默认为**“2”**）：首曲线的线宽，可以修改。
- 计曲线（默认选中）：计曲线，又叫加粗等高线。为了便于判读等高线的高程，自高程起算面开始，每隔4条首曲线描绘的等高线。如果不需要生成此类型等高线，可以不勾选。
  - 等高距（米）（默认为**“25”**）：相邻两条计曲线等高线之间的高差值绝对值。
  - 颜色（默认为红色）：计曲线的颜色，可以修改。
  - 线宽（默认为**“3”**）：计曲线的线宽，可以修改。
- 生成高程注记点（默认选中）：生成用于地形图出图的高程点。高程注记点格式见附录。
  - 半径（米）（默认为**“15”**）:即半径为15米的区域生成一个高程注记点。
- 优化选项：对生成的等高线进行平滑等操作的优化设置。
  - 均值平滑（默认选中）：用同一条等高线上相邻位置等高点加权坐标均值代替当前待平滑点的等高线平滑方式。
    - **3**：当前点参与平滑的相邻等高点数量为3。
      - **5**（默认）：当前点参与平滑的相邻等高点数量为5。
    - **7**：当前点参与平滑的相邻等高点数量为7。
  - 贝塞尔平滑（默认为**“155”**）：一种曲线平滑方式，角度阈值范围为(0,180)度，阈值设置越大，等高线越平滑。
  - 删除等高线，当面积**<**（**m²**）（默认为**“25”**）：闭合等高线的面积小于该阈值时，则删除。
  - 删除等高线，当长度**<**（米）（默认为**“5”**）：非闭合等高线如果其长度小于该阈值，则删除。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

1. 配置好参数后点击确定，将会生成相应的等高线信息，并添加到场景中，如要保存到文件，需点击保存。

生成高程注记点

利用点云和等高线生成用于地形图出图的高程点。

1. 依次单击鼠标左键框选一块区域，双击结束。
2. 弹出参数界面，选择点云和高程点半径。

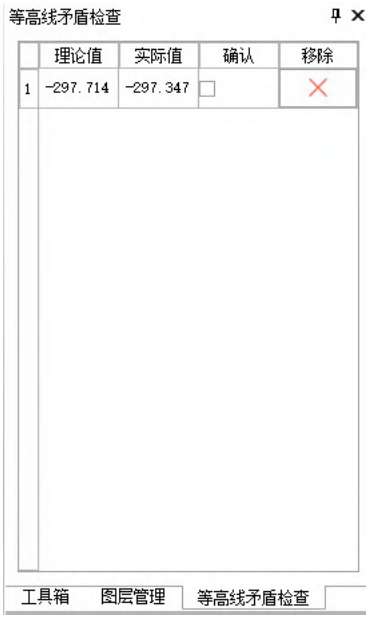
- 输入点云数据：输入文件是单个点云数据文件。
- 采样方法: 有圆形、网格、菱形采样方式。
  - 采样距离:相邻采样注记点的距离。

- 矛盾注记：处理矛盾注记点方式。保留：保留原始采样的高程注记点；修改：根据相邻等高线修改矛盾注记点高程；删除：删除矛盾注记点。

1. 点击确定，将生成高程注记点并添加到场景中，如要保存到文件，需点击保存。

等高线矛盾检查

如果当前等高线对象中含有等高线数据和高程点数据，可以进行曲矛点检测。检测结果将在场景中标记出来（红色圈点），并在右侧窗口显示具体矛盾点信息：



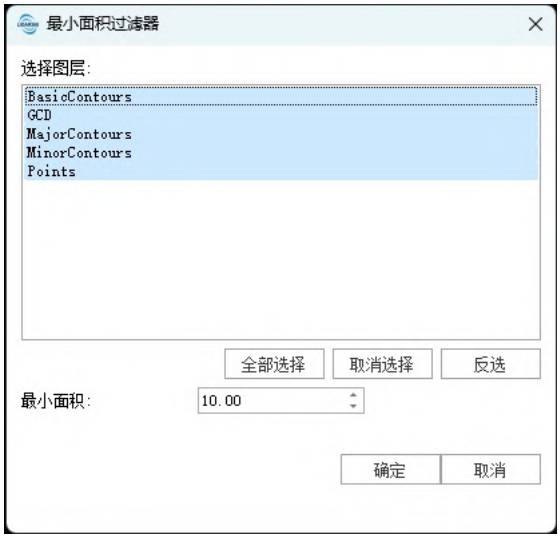
- 理论值：根据点云计算出的矛盾点理论高度值。
- 实际值 ：矛盾点实际高度值，即当前点（矢量实体）的z值。
- 接受：点击接受，会在场景中取消圈点形式的标记。
- 删除：将删除所选高程注记点。

点击表格中某行数据，场景中会高亮显示对应点，双击可在场景中居中显示对应点。

> 接受删除均不会修改文件，如要保存到文件，需点击保存。另外，圈点或高亮等效果不会保存到文件。

过滤最小面积

筛选出面积小于给定值的等高线实体，在场景中会以选择状态标记。



参数设置：

- 图层：将用于筛选的图层，未选择的图层数据不处理。
- 最小面积（m^2）：将小于该值的数据筛选出来。

> 只计算闭合曲线，非闭合的不处理

拓扑检查

检查出场景中等高点有交叉点错误的位置，并以表格和场景中矛盾点的形式标记出来

z实体选择

对矢量化实体要素进行选择，包括选择、选择所有、取消选择所有、选择实体、窗口选择、选择相交实体、选择图层和反选。

选择

缺省选择，可以选择和修改实体。

- （可选）单击选择实体：左键单击选择实体并清除之前的选择状态，配合左Shift可以追加选择。
- （可选）矩形拉窗选择实体：左键交互依次点击矩形窗口的左上和右下角点，完全包含在该矩形范围内的实体被选中，配合左Ctrl键可取消该矩形范围内的实体选择。默认会清除之前的选择状态，配合左Shift可以追加选择。
- （可选）矩形拉窗选择实体：左键交互依次点击矩形窗口的右下和左上角点，部分或全部包含在该矩形范围内的实体对象被选中，配合左Ctrl键可取消该矩形范围内的实体选择。默认会清除之前的选择状态，配合左Shift可以追加选择。
- （可选）修改实体顶点：点击已选对象的顶点，并拖拽，可移动和修改该点位置。仅可修改点的X,Y坐标值。
- （可选）修改实体：按下M键，鼠标左键选择第一个参考点，并拖拽，可移动和修改所有选中实体对象的位置。仅可修改对象的X,Y坐标值。

全部选择

选择场景内所有实体。

取消全选

场景内所有实体都不被选中。

选择图层

通过鼠标左键选中实体，该实体所在图层内所有实体将被选中。

反选

当前选中的实体变成未选中状态，当前未选中实体变成选中状态。

实体捕捉

捕捉功能包括端点捕捉、中点捕捉、实体最近点捕捉、交点捕捉、中心点（圆心）捕捉以及正交限制等。

端点捕捉

端点捕捉。端点包括直线起始点，圆的上下左右端点等。

中点捕捉

实体中点捕捉。如直线段的中点捕捉。

实体最近点捕捉

捕捉离鼠标位置最近的实体上的点，可以实现沿着实体移动。

交点捕捉

捕捉多个实体的相交点，例如两条线段的交点。

中心点（圆心）捕捉

实体中心点（圆心点）捕捉。

正交限制

实体绘制操作。选择了一个当前点后，后续选择的点仅限当前点正交方向上（垂直或水平方向上）移动。

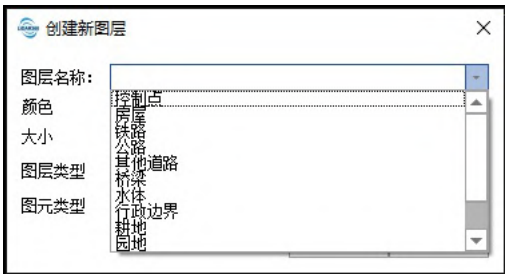
图层管理

功能描述：矢量编辑以图层进行管理。图层右键菜单包括添加图层、保存所有图层、移除所有图层。单个层的右键菜单包括保存、移除、显示、隐藏。

添加图层

点击图层>右键菜单>添加图层，则弹出“创建新图层”对话框。

1. 下拉图层名进行选择，包括：控制点、房屋、铁路、公路、其他道路、桥梁、水域、行政界线、耕地、园地、林地、草地、其他植被，或直接输入图层名称，如下图所示：



2. 点击图层颜色，可以进行图层颜色选择。
3. 设置点的大小和线的宽度，范围在1-10像素。

保存图层

点击“保存所有图层”或者单个图层点击右键菜单“保存”功能，将保存所选图层到当前文件中。

显示/隐藏

显示或隐藏当前图层所绘制的图元。

机载林业

本章介绍如何处理林业激光雷达点云数据，包括无人机或者有人机获取的数据，以获取标准化林业资源调查产品。

- 森林参数
  - 基于格网计算林业群体参数
  - 基于多边形计算林业群体参数
  - 按林分计算林业群体参数
  - 高度变量原理
  - 强度变量原理
  - 郁闭度原理
  - 间隙率原理
  - 叶面积指数原理
- 回归分析
  - 样本数据和自变量
  - 线性回归
  - 支持向量机
  - 快速人工神经网络
  - 随机森林回归
  - 回归预测
- 单木分割
  - 点云分割
  - 基于树干单木分割
  - 查看点云分割结果
  - CHM生成种子点
  - 基于种子点分割
  - CHM分割
  - 查看CHM分割结果
  - CHM填坑
  - 基于影像单木分割
- 批处理
  - 林业群体参数
  - 点云分割
  - CHM分割批处理
- 配准

    - 基于树木位置的自动配准
- 清除树ID
- 根据文件清除树ID
- 单木分割接边
- 按树ID提取点云
- 单木属性统计
- 查看方位角和距离
- 林分划定
- 单木建模
- 树模型管理
- 森林结构变化检测
- ALS种子点编辑
- 单木点云编辑

森林参数

森林参数菜单包含基于格网计算林业群体参数、基于多边形计算林业群体参数和按林分计算林业群体参数，森林参数根据归一化的点云数据计算的，包括高度变量、强度变量、郁闭度、叶面积指数和间隙率。

- 基于格网计算林业群体参数
- 基于多边形计算林业群体参数
- 按林分计算林业群体参数
- 高度变量原理
- 强度变量原理
- 郁闭度原理
- 间隙率原理
- 叶面积指数原理

基于格网计算林业群体参数

功能概述

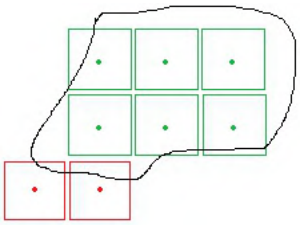
基于格网计算森林参数，将点云分成多个格子，计算每个格子的点云森林参数，可计算多种森林参数，包括高度变量、强度变量、郁闭度、叶面积指数以及间隙率。首先在x、y方向根据一定的距离将点云空间划分成不同的网格，然后根据选择的森林参数进行计算，每个网格都生成一条纪录，存储在CSV文件或一组TIFF文件中。

用法

点击机载林业 > 森林参数 > 基于格网计算森林参数，生成选择的森林参数。

参数设置

- 兴趣范围（可选）：输入兴趣范围后，兴趣区域外的网格将不会进行输出。对tiff成果而言，兴趣区域外的网格将被赋值为NODATA值（空值）。如下图所示，假如黑色线条为兴趣区域，则红色格子将会被赋值为nodata，绿色格子将会被保留，因为红色格子的中心没在兴趣区域范围内。所有绿色格子的边界将会以矢量文件的形式输出到成果中。



- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- **XSize**、**YSize**（米）（默认为**“15”**）：栅格尺寸的长，该值应大于单木冠幅，对于大多数森林类型而言，栅格尺寸应大于15米。
- 高度阈值（米）（默认为**“2”**）：将点云分成不同层的阈值，高度超过该阈值的点才参与运算，默认值为2米。
- 叶倾角分布（默认为**“0.5”**）：三维空间中叶片概率分布的一种数学表达式，与植被类型、叶倾角和波束方向相关。用户可以根据经验公式，并结合森林的实际情况确定叶倾角分布的值。已有研究表明叶倾角的椭圆分布可能适用于大部分森林的实际情况，值为0.5。
- 输出路径：输出路径，运行后，每一个输入的点云数据文件都会生成一个对应的CSV文件或一组TIFF文件，可以在

回归分析中作为自变量。

- 默认值：将XSize、YSize、高度阈值和叶倾角分布恢复为默认值。

> 注意：只有当软件中加载了点云数据时，才能使用基于格网计算森林参数功能，否则，软件会弹出“There is no point cloud data meet the conditions of calculation!”的提示信息。如果点云的最大Z值大于200或者最大Z减去最小Z大于200时，认为数据是没有归一化的，软件会弹出下图所示的提示信息，点击“YES”，这种类型的数据仍然参与运算，点击“NO”，这种类型的数据将不参与运算，用户可重新选择满足条件的数据。

基于多边形计算林业群体参数

功能概述

基于多边形计算森林参数，计算给定多边形（封闭的多边形）范围内点云数据的森林参数，可计算多种森林参数，包含高度变量、强度变量、郁闭度、间隙率、叶面积指数。读取Shp文件中的多边形位置信息，计算位于多边形内点云的森林参数，每个多边形都生成一条纪录，存储在CSV文件中。

用法

点击机载林业 > 森林参数 > 基于多边形计算森林参数，生成选择的多个森林参数。

参数设置

- 输入数据：请确保选择的点云数据都是归一化的数据，且该数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 矢量文件：计算森林参数的多边形矢量文件，矢量数据需要闭合的多边形，多边形数据可以在LiDAR360打开，也可以用户添加。
- 高度阈值（米）（默认为**“2”**）：将点云分成不同层的阈值，高度超过该阈值的点才参与运算，默认值为2米。
- 叶倾角分布（默认为**“0.5”**）：三维空间中叶片概率分布的一种数学表达式，与植被类型、叶倾角和波束方向相关。用户可以根据经验公式，并结合森林的实际情况确定叶倾角分布的值。已有研究表明叶倾角的椭圆分布可能适用于大部分森林的实际情况，值为0.5。
- 输出路径：输出路径，运行后，每一次计算都会生成一个对应CSV文件。
- 默认值：将高度阈值和叶倾角分布恢复为默认值。

> 注意：只有当软件中加载了点云数据时，才能使用基于多边形计算森林参数功能，否则，软件会弹出“There is no point cloud data meet the conditions of calculation!”的提示信息。如果点云的最大Z值大于200或者最大Z减去最小Z大于200时，认为数据是没有归一化的，软件会弹出下图所示的提示信息，点击“YES”，这种类型的数据仍然参与运算，点击“NO”，这种类型的数据将不参与运算，用户可重新选择满足条件的数据。

按林分计算林业群体参数

功能概述

按林分计算林分参数，计算每个点云数据的森林参数，可计算多种森林参数，包括高度变量、强度变量、郁闭度、间隙率、叶面积指数。每个点云数据都生成一条纪录，存储在CSV文件中。

用法

点击机载林业 > 森林参数 > 按林分计算森林参数，生成选择的森林参数。

参数设置

- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 高度阈值（米）（默认为**“2”**）：将点云分成不同层的阈值，高度超过该阈值的点才参与运算，默认值为2米。
- 叶倾角分布（默认为**“0.5”**）：三维空间中叶片概率分布的一种数学表达式，与植被类型、叶倾角和波束方向相关。用户可以根据经验公式，并结合森林的实际情况确定叶倾角分布的值。已有研究表明叶倾角的椭圆分布可能适用于大部分森林的实际情况，值为0.5。
- 输出路径：输出路径，运行后，每一个输入的点云数据文件都会生成一个对应的CSV文件或一组TIFF文件，可以在回归分析中作为自变量。
- 默认值：将高度阈值和叶倾角分布恢复为默认值。

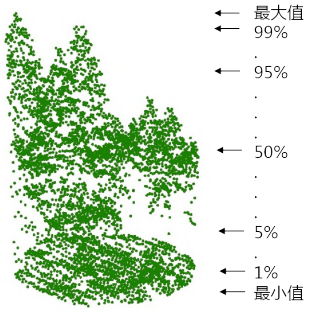
> 注意：只有当软件中加载了点云数据时，才能使用基于格网计算森林参数功能，否则，软件会弹出“There is no point cloud data meet the conditions of calculation!”的提示信息。如果点云的最大Z值大于200或者最大Z减去最小Z大于200时，认为数据是没有归一化的，软件会弹出下图所示的提示信息，点击“YES”，这种类型的数据仍然参与运算，点击“NO”，这种类型的数据将不参与运算，用户可重新选择满足条件的数据。

高度变量

高度变量是与点云高程值相关的统计参数，对回归分析具有重要作用，可作为回归分析的自变量。从激光雷达点云数据，共可以计算46个与高度相关的统计变量以及10个点云密度相关的统计变量。

原理描述

- 平均绝对偏差：计算公式为： $V=\frac{\sum_{i=1}^{n}(|Z_i-\bar{Z}|)}{n}$ ，其中Z_i为每一统计单元内第i个点的高度值，$\bar{Z}$ 为每一统计单元内所有点的平均高度，n为每一统计单元内的总点数。
- 冠层起伏率：计算公式为： $V=\frac{mean-min}{max-min}$ ，其中，mean为每一统计单元内所有点的平均高度，min为每一统计单元内所有点的最小高度值，max为每一统计单元内所有点的最大高度值。
- 累积高度百分位数（**AIH**，**15**个）：某一统计单元内，将其内部所有归一化的激光雷达点云按高度进行排序并计算所有点的累积高度，每一统计单元内X%的点所在的累积高度，即为该统计单元的累积高度百分位数。在LiDAR360中，统计的累积高度百分位数包含15个，即1%、5%、10%、20%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、75%、80%、90%、95%和99%。
- 累积高度百分位数（**AIH**）四分位数间距：计算公式为： $V=AIH75\%-AIH25\%$ ，其中，AIH75%为75%累积高度百分位数，AIH25%为25%累积高度百分位数。
- 变异系数：某一统计单元内，所有点的Z值的变异系数，计算公式为： $V=\frac{Z_{std}}{Z_{mean}}\times 100\%$ ，其中，Z_{std}为每一统计单元内所有点高度值的标准差，Z_{mean}为每一统计单元内所有点的平均高度。
- 密度变量（**10**个）：将点云数据从低到高分成十个相同高度的切片，每层回波数的比例就是相应的密度变量。
- 峰度：某一统计单元内，所有点的Z值分布的平坦度，计算公式为： $Kurtosis=\frac{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(Z_i-\bar{Z})^4}{\sigma^4}=\frac{\sum_{i=1}^{n}Z_i^4+6\bar{Z}^2\sum_{i=1}^{n}Z_i^2-4\bar{Z}\sum_{i=1}^{n}Z_i^3-4\bar{Z}^3\sum_{i=1}^{n}Z_i+n\bar{Z}^4}{(n-1)\sigma^4}$ ，其中，Z_i为每一统计单元内第i个点的高度值，$\bar{Z}$为每一统计单元内所有点的平均高度，n为每一统计单元内的总点数，σ为统计单元内点云高度分布的标准差。
- 中位数绝对偏差的中位数：中位数绝对偏差的中位数。
- 最大值：某一统计单元内，所有点的Z值的最大值。
- 最小值：某一统计单元内，所有点的Z值的最小值。
- 平均值：某一统计单元内，所有点的Z值的平均值。
- 中位数：某一统计单元内，所有点的Z值的中位数。
- 二次幂平均：计算公式为： $V=\sqrt[2]{\frac{\sum_{i=1}^{n}Z_i^{\,2}}{n}}$ ，其中，Z_i为每一统计单元内第i个点的高度值，n为每一统计单元内的总点数。
- 三次幂平均：计算公式为： $V=\sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{n}Z_i^{\,3}}{n}}$ ，其中，Z_i为每一统计单元内第i个点的高度值，n为每一统计单元内的总点数。
- 高度百分位数（**15**个）：某一统计单元内，将其内部所有归一化的激光雷达点云按高度进行排序，然后计算每一统计单元内X%的点所在的高度，即为该统计单元的高度百分位数。在LiDAR360中，统计的高度百分位数包含15个，即1%、5%、10%、20%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、75%、80%、90%、95%和99%。
- 高度百分位数四分位数间距：计算公式为： $V=Elev75\%-Elev25\%$ ，其中，Ele75%为75%高度百分位数，Ele25%为25%高度百分位数。
- 偏斜度**(**偏态**)**：某一统计单元内，所有点的Z值分布的对称性，计算公式为： $V=\frac{\sum_{i=1}^{n}(Z_i-\bar{Z})^2}{n}$ ，其中，Z_i为每一统计单元内第i个点的高度值，$\bar{Z}$为每一统计单元内所有点的平均高度，n为每一统计单元内的总点数，σ为统计单元内点云高度分布的标准差。
- 标准差：某一统计单元内，所有点的Z值的标准差。
- 方差：某一统计单元内，所有点的Z值的方差。


最大值
99%
95%
50%
5%
1%
最小值

强度变量

强度变量与高度变量类似，不同的是计算强度变量使用的是点的强度值而非高度值。因此，只有当点云数据中包含强度信息时，才能使用该功能。从激光雷达点云数据，共可以计算42个与强度相关的统计变量。

原理描述

- 平均绝对偏差：计算公式为： $V=\frac{\sum_{i=1}^{n}(|I_i-\bar{I}|)}{n}$ ，其中，I_i为每一统计单元内第i个点的强度值，$\bar{I}$为每一统计单元内所有点的平均强度，n为每一统计单元内的总点数。
- 累积强度百分位数（**All**，**15**个）：某一统计单元内，将其内部所有归一化的激光雷达点云按强度进行排序并计算所有点的累积强度，每一统计单元内X%的点的累积强度，即为该统计单元的累积强度百分位数。在LiDAR360中，统计的累积强度百分位数包含15个，即1%、5%、10%、20%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、75%、80%、90%、95%和99%。
- 变异系数：某一统计单元内，所有点的强度值的变异系数，计算公式为： $V=\frac{I_{std}}{I_{mean}}\times 100\%$ ，其中，I_{std}为每一统计单元内所有点强度值的标准差，I_{mean}为每一统计单元内所有点的平均强度。
- 峰度：某一统计单元内，所有点的强度值的平坦程度，计算公式为：$Kurtosis=\frac{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(I_i-\bar{I})^4}{\sigma^4}=\frac{\sum_{i=1}^{n}I_i^4+6\bar{I}^2\sum_{i=1}^{n}I_i^2-4\bar{I}\sum_{i=1}^{n}I_i^3-4\bar{I}^3\sum_{i=1}^{n}I_i+n\bar{I}^4}{(n-1)\sigma^4}$，其中，$I_i$为每一统计单元内第i个点的强度值，$\bar{I}$为每一统计单元内所有点的平均强度，n为每一统计单元内的总点数，σ为统计单元内点云高度分布的标准差。
- 中位数绝对偏差的中位数：中位数绝对偏差的中位数。
- 最大值：某一统计单元内，所有点的强度值的最大值。
- 最小值：某一统计单元内，所有点的强度值的最小值。
- 平均值：某一统计单元内，所有点的强度值的平均值。
- 中位数：某一统计单元内，所有点的强度值的中位数。
- 偏斜度：某一统计单元内，所有点的强度值分布的对称程度，计算公式为：$Skewness=\frac{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(I_i-\bar{I})^3}{\sigma^3}=\frac{\sum_{i=1}^{n}I_i^3-3\bar{I}\sum_{i=1}^{n}I_i^2+3\bar{I}^2\sum_{i=1}^{n}I_i-n\bar{I}^3}{(n-1)\sigma^3}$，其中，$I_i$为每一统计单元内第i个点的强度值，$\bar{I}$为每一统计单元内所有点的平均强度，n为每一统计单元内的总点数，σ为统计单元内点云高度分布的标准差。
- 标准差：某一统计单元内，所有点的强度值的标准差。
- 方差：某一统计单元内，所有点的强度值的方差。
- 强度百分位数（**15**个）：某一统计单元内，将其内部所有归一化的激光雷达点云按强度进行排序，然后计算每一统计单元内X%的点的强度，即为该统计单元的强度百分位数。在LiDAR360中，统计的强度百分位数包含15个，即1%、5%、10%、20%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、75%、80%、90%、95%和99%。
- 强度百分位数四分位数间距：计算公式为： $V=Int75\%-Int25\%$ ，其中，Int75%为75%强度百分位数，Int25%为25%强度百分位数。

郁闭度

郁闭度是林分冠层的垂直投影占林地面积的百分比(Jennings et al.,1999)，在森林经营管理中，郁闭度是确定抚育采伐强度的重要指标，也是进行森林蓄积量估测不可或缺的因子。

原理描述

根据点云数据是否有回波信息，LiDAR360提供了两种计算郁闭度的方法。如果点云数据有回波信息，对于某一统计单元内，郁闭度的值为首次回波的植被点数（大于指定的高度阈值）与首次回波点数的比值。

$$CC = \frac{n_{vegfirst}}{n_{first}}$$

其中，CC为郁闭度，$n_{vegfirst}$为首次回波的植被点数，n_{first}为首次回波的总点数。

如果点云数据没有回波信息，对于某一统计单元内， 郁闭度可以计算为植被点数与总点数的比值。与间隙率的计算类似，在计算过程中大于高度阈值的点都被认为是植被点。

$$CC = \frac{n_{veg}}{n_{total}}$$

其中，CC为郁闭度，n_{veg}是植被点数，n_{total}是总点数。

根据(Ma et al., 2017)的研究，两种方法生成的郁闭度无显著差异。输出信息是一个栅格文件，输出值范围为0（没有林冠层覆盖/完全裸露）到1（全植被覆盖）。

```
    @inproceedings{
        author={Jennings S B, Brown N D and Sheil D},
        title={Assessing forest canopies and understorey illumination: canopy closure, canopy cover and other measure
s},
        booktitle={Forestry,72(1): 59-73},
        year={1999}
    }
```

```
    @inproceedings{
        author={Ma Q, Su Y J and Guo Q H},
        title={Comparison of Canopy Cover Estimations From Airborne LiDAR, Aerial Imagery, and Satellite Imagery.},
        booktitle={IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing,10(9): 4225-4236}
,
        year={2017}
    }
```

间隙率

间隙率主要是指森林群落中老龄树死亡或者因为偶然因素导致成熟阶段优势树种死亡，从而在林冠层造成空隙的现象。

原理描述

间隙率的计算，使用以下公式：

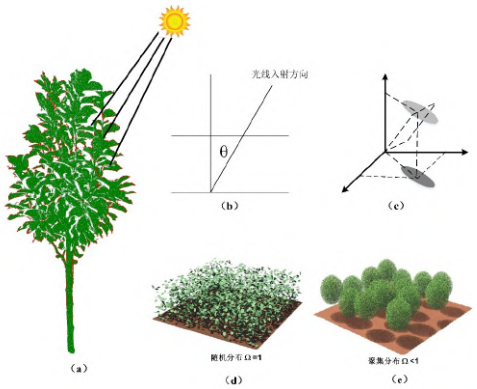
$$GF = \frac{n_{ground}}{n}$$

其中，n_{ground}是提取的Z值低于高度阈值的地面点数，n是总点数。值得注意的是：归一化的点云数据中所有低于高度阈值（该值常设置为2m）的点在间隙率的计算过程中都被视为地面点(Richardson et al.,2009)。

```
@inproceedings{
    author={Richardson J J, Moskal L M and Kim S H},
    title={Modeling approaches to estimate effective leaf area index from aerial discrete-return LIDAR},
    booktitle={Agricultural and Forest Meteorology,149: 1152-1160},
    year={2009}
}
```

叶面积指数

叶面积指数是表征植被冠层结构最基本的参量之一，它的定义为单位地表面积上所有叶片表面积的一半(Chen et al.,1991)，由归一化后的点云数据中的植被点计算得到。



LAI理论原理示意图 （a）光线入射植被（b）天顶角指入射光线与垂直方向夹角（c）叶片在垂直方向的投影，描述消光系数（d）和（e）描述聚集系数

原理描述

叶面积指数的计算，使用以下公式：

$$LAI = -\frac{cos(ang) \times ln(GF)}{k}$$

其中，ang是平均扫描角，GF是间隙率，k是消光系数，消光系数与树冠的叶倾角分布紧密相关，ln是自然对数(Richardson et al.,2009)。

平均扫描角计算公式如下：

$$ang = \frac{\sum_{i=1}^{n} angle_i}{n}$$

其中，ang是平均扫描角度，n是点数，$angle_i$是第i个点的扫描角度。

间隙率的计算，使用以下公式：

$$GF = \frac{n_{ground}}{n}$$

其中，n_{ground}是提取的Z值低于高度阈值的地面点数，n是总点数。

```
@inproceedings{
    author={Chen J M and Black T A},
    title={Measuring leaf area index of plant canopies with branch architecture},
    booktitle={Agricultural and Forest Meteorology,57(1-3): 1-12},
    year={1991}
}
```

```
@inproceedings{
    author={Richardson J J},
    title={Modeling approaches to estimate effective leaf area index from aerial discrete-return LiDAR},
    booktitle={Agricultural and Forest Meteorology, 149 (6): 1152-1160},
    year={2009}
}
```

回归分析

回归分析的基本思路为：首先在样方水平建立冠层结构参数和激光雷达脉冲统计信息间的回归模型，然后利用激光雷达获取的冠层结构参数以及所构建的回归模型估计样方或更大区域的森林蓄积量和生物量等参数。目前采用较多的冠层结构参数主要包括平均树高、冠幅、树冠高度、胸高断面积、样方单木数量等。研究表明林分回归法可以达到很高的精度(Popescu et al.,2004)，但是构建回归模型需要大量真实的测量数据。

- 样本数据和自变量
- 线性回归
- 支持向量机
- 快速人工神经网络
- 随机森林回归
- 回归预测

```
    @inproceedings{
        author={Popescu S C and Wynne R H},
        title={Seeing the trees in the forest: Using lidar and multispectral data fusion with local filtering and var
iable window size for estimating tree height},
        booktitle={Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 70(5): 589-604},
        year={2004}
    }
```

样本数据和自变量

样本数据

所有的回归分析方法都需要样本数据（样本数据可以是地面调查得到的或者由地基/背包激光雷达扫描得到），以训练回归分析模型。在回归分析对话框的导入训练数据中，输入样本数据。 样本数据应为文本格式（txt扩展名），且必须包含描述数据信息的文件头。前两列应为样本的X和Y坐标，后面是任意因变量（可能会给出多个因变量，但是每次回归分析只使用一个因变量）。如果每个样本对应一棵树，那么因变量的值可以为树高。有关样本数据的信息，参见附录中文件格式部分的样地数据文件格式。

参数设置

- 样地数据：点击样地数据输入框旁边的 ... ，选择样本数据。
- 因变量：该参数定义了回归分析中使用的因变量，每次使用一个因变量，可选选项为样本数据中的变量，例如：样本数据中包含样地坐标X、Y和树高三个字段，则因变量的下拉选项中可选X、Y和树高。
- 样地类型：该参数定义了样地类型，根据样地调查的实际情况进行选择。
  - 正方形（默认）：样地为正方形。
  - 圆形：样地为圆形。
- 长度（米）：当样地类型为正方形时，需设置样地的边长。
- 半径（米）：当样地类型为圆形时，需设置样地的半径。
- 容差范围：模型内部会根据该值搜索满足范围的点，作为测试点，根据内部生成的模型精度选择精度最高的点作为训练样本点。
- **X**：样地中心坐标X。
- **Y**：样地中心坐标Y。

自变量

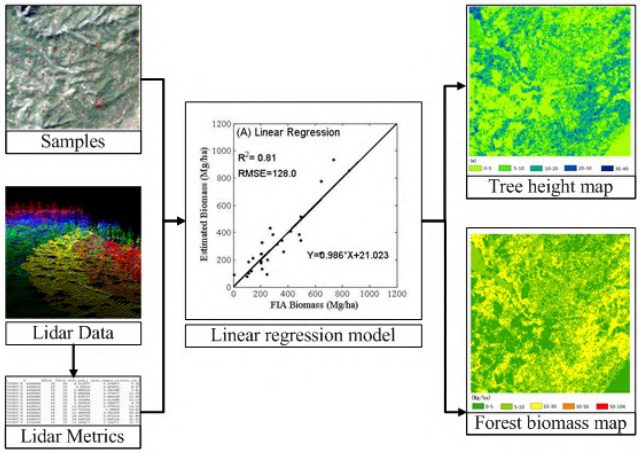
可以导入CSV格式数据或者是TIF数据。其中CSV数据格式中必须包含X,Y,XSize,YSize四个字段信息，并且每列信息会作为自变量添加到列表中，注意的是只能添加一份CSV数据；而TIF数据可以添加多个，每个添加成功的TIF数据，都会以它的文件名作为自变量添加到列表中。在自变量选项中，选择在回归分析中用到的自变量（了解每个自变量的更多信息，请参考高度变量、强度变量、郁闭度、叶面积指数和间隙率）。

> 注意：样地数据需要包含在自变量导入的数据范围内；导入的所有的TIF自变量数据的XY范围和尺度必须一致；在导入CSV文件时，会有X,Y,XSize,YSize四个字段作为自变量导入到列表中，最好删除这4个自变量，也可以根据实际情况保留X和Y；在分析过程中，最好样本的数量要大于因变量的个数，否则导致矩阵求解过程中存在无穷解。

线性回归

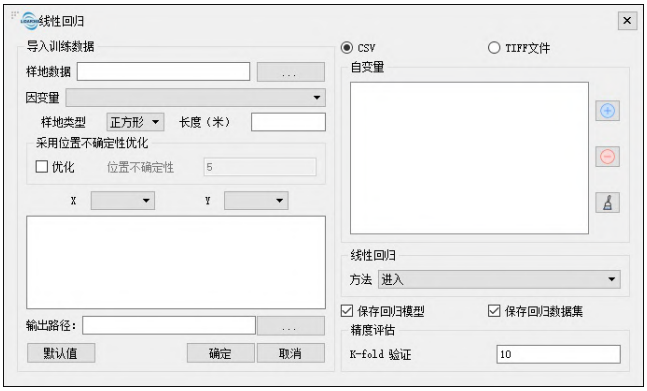
原理描述

本工具使用python语言包scikit-learn和NumPy建立线性回归模型。



用法

点击机载林业 > 回归分析 > 线性回归。



参数设置

- 导入训练数据：参考样本数据和自变量。
- 自变量：参考样本数据和自变量。
- 样地类型：正方形：选择样本临近的矩形区域内的点；圆形选择样本临近的圆形区域内的点。
- 长度：样地类型查询的半径。
- 采用位置不确定性优化：勾选优化后，位置不确定性变为可设置状态，该位置不确定性中的数值表示范围查询的精度值，模型内部根据该范围查询所有满足条件的样本点（样本点数如果超过50，会选择前50个点作为样本），然后根据这些样本点选择模型最优的点作为分析数据；不勾选优化，位置不确定性变为不可设置状态，模型内部会根据样本点选择最近点作为分析数据。
- 精度评价：采用K-Fold交叉评价模型，根据输入的K-Fold参数，将样本分为K类，依次取其中一份作为测试数据，其它作为训练数据进行模型训练，用测试数据进行测试，选择出误差最小的模型作为最佳模型进行使用，注意：K-Fold值必须大于等于2。
- 保存回归模型：选择框被勾选，程序成功运行后将会在输出路径输出(线性回归.model)model模型。
- 保存回归数据集：选择框被勾选，程序成功运行后将会在输出路径输出(线性回归.csv)训练数据模型csv格式文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录地址，在程序成功运行后，会生成相应的模型报告(线性回归.html)文件，其中记录了模型的误差和相关值；生成相应的结果文件(线性回归.tif)，该文件是根据模型计算出导入的tif或者csv文件的自变

量值，预测出相应的因变量生成的结果；并根据勾选情况，选择生成回归模型和数据集。

Linear Regression Summary

Regress Type	LINEAR				
Linear Regression Coffs	**a1**	**a2**	**a3**	**a4**	**a5**
	0.42594355501	-0.920513309986	1.08612214327	0.515717171997	-3.89992128691
	a6	**a7**	**a8**	**a9**	**a10**
	5.32208922164	-2.03571577184	2.55419044528	-4.50899390082	-3.43392046593
	a11	**a12**	**a13**		
	5.46055222409	1.08123669727	-0.575347246215		
K-Fold	10				
R	0.944891274743				
R Square	0.892819521086				
RMSE	0.00853442112782				
Probability Value	0.0				
The Result of K-fold Test Insignificant	Yes				

Dependent and Independent Variable

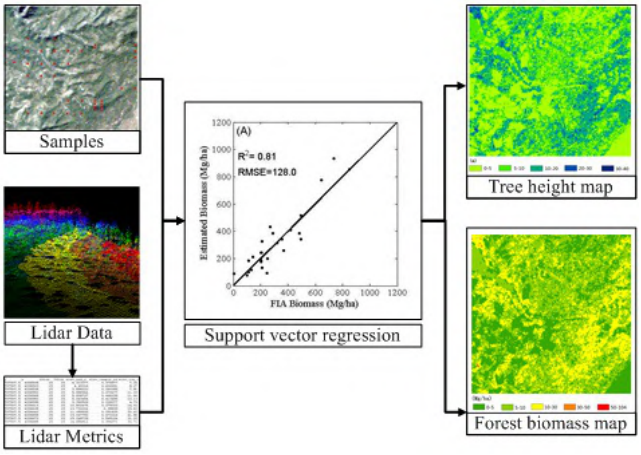
Dependent Variable	Biomass	
Independent Variable	elev_percentile_5th	elev_percentile_10th
	elev_percentile_20th	elev_percentile_25th
	elev_percentile_30th	elev_percentile_40th
	elev_percentile_50th	elev_percentile_60th
	elev_percentile_70th	elev_percentile_75th
	elev_percentile_80th	elev_percentile_90th
	elev_percentile_95th	

> 注意：导入的样本数据必须包含在导入的自变量数据范围中，自变量可以根据实际情况进行添加或者删除，最终结果文件是根据传入的自变量信息生成的。

支持向量机

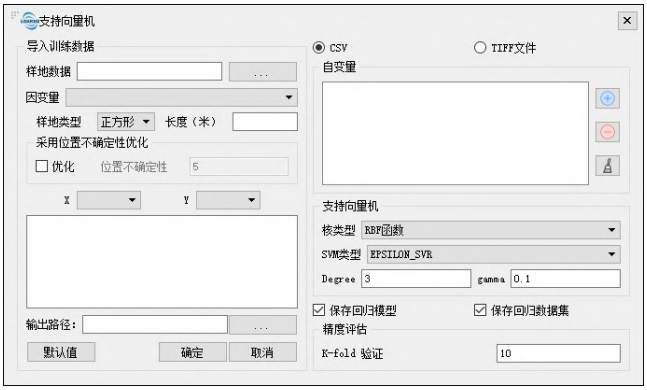
原理描述

本工具使用python语言包scikit-learn和NumPy建立支持向量机回归模型。



用法

点击机载林业 > 回归分析 > 支持向量机。



参数设置

- 导入训练数据：参考样本数据和自变量。
- 自变量：参考样本数据和自变量。
- 样地类型：正方形：选择样本临近的矩形区域内的点；圆形选择样本临近的圆形区域内的点。
- 长度：样地类型查询的半径。
- 采用位置不确定性优化：勾选优化后，位置不确定性变为可设置状态，该位置不确定性中的数值表示范围查询的精度值，模型内部根据该范围查询所有满足条件的样本点（样本点数如果超过50，会选择前50个点作为样本），然后根据这些样本点选择模型最优的点作为分析数据；不勾选优化，位置不确定性变为不可设置状态，模型内部会根据样本点选择最近点作为分析数据。
- 核类型：该参数定义了核函数类型。
  - 径向基函数（**RBF**，默认）：$\exp(-\gamma|x-x'|^2)$，其中γ>0。
  - 线性：$< x, x' >$
  - 多项式：$(\gamma < x, x' > +r)^{degree}$ 其中γ>0。
  - **Sigmoid**：$\tanh(\gamma < x, x' > +r)$
- **SVM**类型：
  - **EPSILON_SVR**（默认）：EPSILON SVR(εSVR)。

    - **NU_SVR**：NU SVR(vSVR)
- **Degree**（默认为**“3”**）：内核函数的参数。
- **Gamma**（默认为**“0.1”**）：内核函数的参数。
- 精度评价：采用K-Fold交叉评价模型，根据输入的K-Fold参数，将样板分为K类，依次取其中一份作为测试数据，其它作为训练数据进行模型训练，用测试数据进行测试，选择出误差最小的模型作为最佳模型进行使用，注意：K-Fold值必须大于等于2。
- 保存回归模型：选择框被勾选，程序成功运行后将会在输出路径输出(支持向量机.model)model模型。
- 保存回归数据集：选择框被勾选，程序成功运行后将会在输出路径输出(支持向量机.csv)训练数据模型csv格式文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录地址，在程序成功运行后，会生成相应的模型报告(支持向量机.html)文件，其中记录了模型的误差和相关值；生成相应的结果文件(支持向量机.tif)，该文件是根据模型计算出导入的tif或者csv文件的自变量值，预测出相应的因变量生成的结果；并根据勾选情况，选择生成回归模型和数据集。

Support Vector Regression Summary

Degree	3
Gama	0.10000000149
K-Fold	10
R	0.801855560156
R Square	0.642972339353
RMSE	0.0284289120661
Probability Value	0.0
The Result of K-fold Test Insignificant	No

Dependent and Independent Variable

Dependent Variable	Biomass	
Independent Variable	elev_percentile_1st	elev_percentile_5th
	elev_percentile_10th	elev_percentile_20th
	elev_percentile_25th	elev_percentile_30th
	elev_percentile_40th	elev_percentile_50th
	elev_percentile_60th	elev_percentile_70th
	elev_percentile_75th	elev_percentile_80th
	elev_percentile_90th	elev_percentile_95th
	elev_percentile_99th	

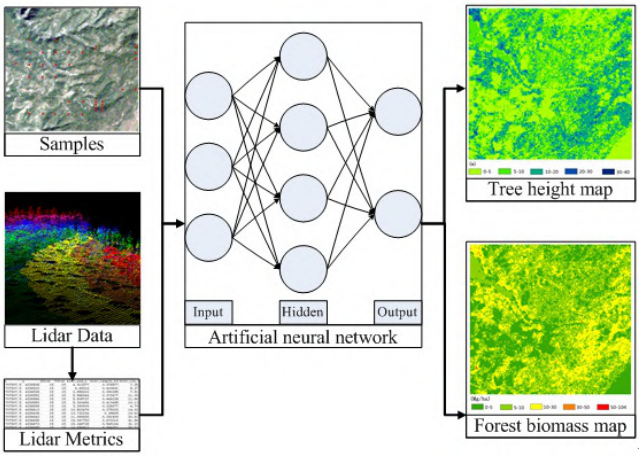
> 注意：导入的样本数据必须包含在导入的自变量数据范围中，自变量可以根据实际情况进行添加或者删除，最终结果文件是根据传入的自变量信息生成的。

```
@inproceedings{
    author={Chang C C and Lin C J},
    title={LIBSVM: A Library for Support Vector Machines},
    booktitle={ACM,2(3):1-27},
    year={2011}
}
```

快速人工神经网络

原理描述

本工具使用python语言包scikit-learn和NumPy建立人工神经网络回归模型。



用法

点击机载林业 > 回归分析 > 快速人工神经网络。

参数设置

- 导入训练数据：参考样本数据和自变量。
- 自变量：参考样本数据和自变量。
- 样地类型：正方形：选择样本临近的矩形区域内的点；圆形选择样本临近的圆形区域内的点。
- 长度：样地类型查询的半径。
- 采用位置不确定性优化：勾选优化后，位置不确定性变为可设置状态，该位置不确定性中的数值表示范围查询的精度值，模型内部根据该范围查询所有满足条件的样本点（样本点数如果超过50，会选择前50个点作为样本），然后根据这些样本点选择模型最优的点作为分析数据；不勾选优化，位置不确定性变为不可设置状态，模型内部会根据样本点选择最近点作为分析数据。
- 动量因子（默认为**“0.6”**）：将之前权重更新的分数动量m添加到当前权重更新中。
- 学习率（默认为**“0.7”**）：训练网络的全局学习率。
- 精度评价：采用K-Fold交叉评价模型，根据输入的K-Fold参数，将样板分为K类，依次取其中一份作为测试数据，其它作为训练数据进行模型训练，用测试数据进行测试，选择出误差最小的模型作为最佳模型进行使用，注意：K-Fold值必须大于等于2。
- 保存回归模型：选择框被勾选，程序成功运行后将会在输出路径输出(快速人工神经网络回归.model)model模型。
- 保存回归数据集：选择框被勾选，程序成功运行后将会在输出路径输出(快速人工神经网络回归.csv)训练数据模型csv格式文件。

- 输出路径：选择输出的文件目录地址，在程序成功运行后，会生成相应的模型报告(快速人工神经网络回归.html)文件，其中记录了模型的误差和相关值；生成相应的结果文件(快速人工神经网络回归.tif)，该文件是根据模型计算出导入的tif或者csv文件的自变量值，预测出相应的因变量生成的结果；并根据勾选情况，选择生成回归模型和数据集。

Artificial Neural Network Regression Summary

Learning Rate	0.699999988079
Momentum Rate	0.600000023842
K-Fold	10
R	0.89832207752
R Square	0.80698255496
RMSE	0.0153693301027
Probability Value	0.0
The Result of K-fold Test Insignificant	Yes

Dependent and Independent Variable

Dependent Variable		
Independent Variable	elev_max_z	elev_min_z
	elev_mean_z	elev_median_z
	elev_percentile_1st	elev_percentile_5th
	elev_percentile_10th	

> 注意：导入的样本数据必须包含在导入的自变量数据范围中，自变量可以根据实际情况进行添加或者删除，最终结果文件是根据传入的自变量信息生成的。

随机森林回归

原理描述

本工具使用python语言包scikit-learn和NumPy建立随机森林模型。

用法

点击机载林业 > 回归分析 > 随机森林。

参数设置

- 导入训练数据：参考样本数据和自变量。
- 自变量：参考样本数据和自变量。
- 样地类型：正方形：选择样本临近的矩形区域内的点；圆形选择样本临近的圆形区域内的点。
- 长度：样地类型查询的半径。
- 采用位置不确定性优化：勾选优化后，位置不确定性变为可设置状态，该位置不确定性中的数值表示范围查询的精度值，模型内部根据该范围查询所有满足条件的样本点（样本点数如果超过50，会选择前50个点作为样本），然后根据这些样本点选择模型最优的点作为分析数据；不勾选优化，位置不确定性变为不可设置状态，模型内部会根据样本点选择最近点作为分析数据。
- 随机森林：该参数定义了随机森林的参数值。
  - 树个数：随机森林模型中的树数量。
  - 最大深度：随机森林模型中最大深度。
  - 最小分割次数：随机森林模型中最小分割次数。
  - 最小叶子节点数：随机森林模型中最小叶子节点数量。
- 精度评价：采用K-Fold交叉评价模型，根据输入的K-Fold参数，将样本分为K类，依次取其中一份作为测试数据，其它作为训练数据进行模型训练，用测试数据进行测试，选择出误差最小的模型作为最佳模型进行使用，注意：K-Fold值必须大于等于2。
- 保存回归模型：选择框被勾选，程序成功运行后将会在输出路径输出(随机森林回归.model)model模型。
- 保存回归数据集：选择框被勾选，程序成功运行后将会在输出路径输出(随机森林回归.csv)训练数据模型csv格式文件。
- 输出路径：选择输出的文件目录地址，在程序成功运行后，会生成相应的模型报告(随机森林回归.html)文件，其中记录了模型的误差和相关值；生成相应的结果文件(随机森林回归.tif)，该文件是根据模型计算出导入的tif或者csv文件的自变量值，预测出相应的因变量生成的结果；并根据勾选情况，选择生成回归模型和数据集。
- 默认值：将参数恢复默认值。

Random Forest Regression Summary

Tree Num	10
Max Depth	3
Min Split	3
Min Leaf	2
K-Fold	10
R	0.965381896766
R Square	0.931962206603
RMSE	0.0054176207024
Probability Value	0.0
The Result of K-fold Test Insignificant	Yes

Dependent and Independent Variable

Dependent Variable	Biomass	
Independent Variable	elev_percentile_1st	elev_percentile_5th
	elev_percentile_10th	elev_percentile_20th
	elev_percentile_25th	elev_percentile_30th
	elev_percentile_40th	elev_percentile_50th
	elev_percentile_60th	elev_percentile_70th
	elev_percentile_75th	elev_percentile_80th
	elev_percentile_90th	elev_percentile_95th
	elev_percentile_99th	

> 注意：导入的样本数据必须包含在导入的自变量数据范围中，自变量可以根据实际情况进行添加或者删除，最终结果文件是根据传入的自变量信息生成的,最大深度和树个数要大于0。

回归预测

功能概述

利用已有回归模型对森林参数进行回归预测。

用法

点击机载林业 > 回归分析 > 回归预测。

导入模型文件

选择回归分析中，线性回归、支持向量机、快速人工神经网络或者随机森林回归等功能中生成的一组回归模型(*.model)文件。

导入自变量数据

导入CSV格式数据或者是TIF数据。其中CSV数据格式中必须包含X,Y，XSize，YSize四个字段信息，并且每列信息会作为自变量添加到列表中，注意的是只能添加一份CSV数据；而TIF数据可以添加多个，每个添加成功的TIF数据，都会以它的文件名作为自变量添加到列表中。其中导入自变量参数的个数，必须与模型对应的自变量参数一致。（了解每个自变量的更多信息，请参考高度变量、强度变量、郁闭度、叶面积指数和间隙率）。

参数设置

- 样地类型：该参数定义了样地类型，根据样地调查的实际情况进行选择。
  - 正方形（默认）：样地为正方形。
  - 圆形：样地为圆形。
- 长度（米）：当样地类型为正方形时，需设置样地的边长。
- 半径（米）：当样地类型为圆形时，需设置样地的半径。
- 输出路径：选择输入的目标文件夹路径，预测成功后会在该路径下，生成“回归预测.tif”文件和“回归预测.html”模型报告，其中TIF文件是模型预测的结果。

> 注意：导入的自变量数据一定要与导入的模型的自变量相一致，否则会导致预测失败或者误差较大。

单木分割

- 点云分割
- 基于树干单木分割
- 查看点云分割结果
- CHM生成种子点
- 基于种子点分割
- CHM分割
- 查看CHM分割结果
- CHM填坑
- 基于影像单木分割

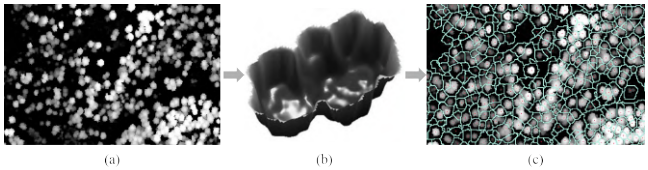
CHM分割

功能概述

CHM分割使用分水岭分割算法(Chen et al., 2006)识别和分割单棵树，获取单木位置、树高、冠幅直径、冠幅面积和树木边界。

原理描述

如果自下而上查看，CHM的高点处可以看做山峰，低点处可以看做山谷。如果用水填充，不同山谷的水将开始汇合。为了避免这种情况，在水汇合的地方建立屏障，这些屏障将决定分割的结果。



(a)CHM; (b)分水岭分割算法;(c)CHM分割结果

用法

点击机载林业 > 单木分割 > *CHM*分割。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个CHM文件，也可以是多个CHM文件，生成CHM的方法请参考冠层高度模型；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 最大树高（米）（默认为**“80”**）：分割单木的最大树高范围阈值，高于该值认为不是树木。
- 最小树高（米）（默认为**“2”**）：分割单木的最小树高范围阈值，小于该值认为不是树木。
- 缓冲区大小（**pix**）（默认为**“50”**）：当待分割数据的行列数超过1500时，会进行分块处理，该值是分块的缓冲区阈值，单位为像素数。可设置为待分割数据中最大冠幅直径除以栅格分辨率。
- 冠幅起算高度（米）（默认为**“0.8”**）：冠层范围的起算高度。合理设置起算高度可以使冠层边界和面积更加精确。设置起算高度后，冠层矢量边界将使用高于该值的像素生成，低于该值的栅格点将不参与分割。对于不同的树种、植被生长状况，用户应适当增减该值以得到最佳结果。
- 高斯平滑：是否进行高斯平滑，一般而言，建议勾选高斯平滑选项，去除噪点影响。
- **Sigma**（默认为**“1”**）：高斯平滑因子，该值越大，平滑程度越高，反之越低。平滑程度影响分割出的树木株数，如果出现欠分割，建议将该值调小（如：0.5），反之，如果出现过分割，建议将该值调大（如：1.5）；除了高斯平滑因子，CHM分割结果还受CHM分辨率影响。要调整CHM分辨率，需调整DEM和DSM分辨率。
- 半径（**pix**）（默认为**“5”**）：高斯平滑使用的窗口大小，该值为奇数；一般可设置为平均冠幅直径大小。

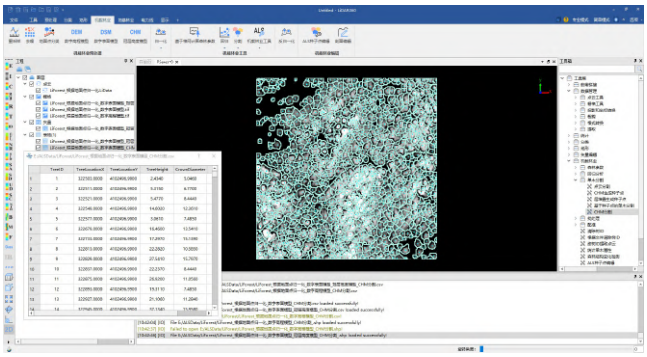
- 输出路径：输出路径，运行后，每个CHM将生成对应的分割结果，包含一个polygon类型的shp矢量文件及一个CSV表格文件或树属性文件。shp文件中包含每棵树的边界范围，属性表中包含每棵树的ID、x、y坐标位置、树高、树冠直径、南北冠径、东西冠径及树冠面积属性，可参考附录中的CHM分割结果文件格式。
- 默认值：将最大树高、最小树高、缓冲区大小、高斯平滑、Sigma和半径恢复为默认值。

> 注意：只有当软件中加载了栅格数据时，才能使用CHM分割功能，否则，软件会弹出“There is no raster data!”的提示信息。

```
@inproceedings{
    author={Chen Q, Baldocchi D, Gong P and Kelly M},
    title={ Isolating Individual Trees in a Savanna Woodland Using Small Footprint Lidar Data},
    booktitle={Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 72(8): 923-932},
    year={2006},
}
```

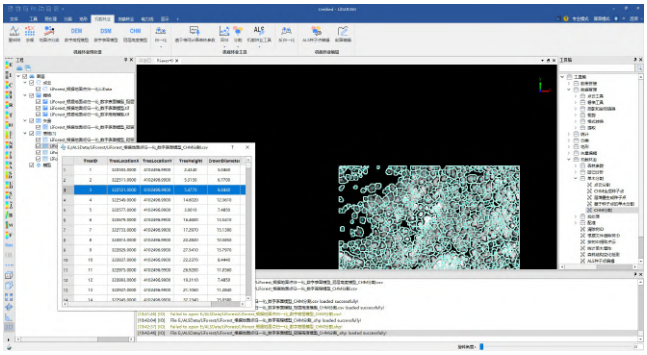
查看CHM分割结果

CHM分割完成后，每个输入的CHM数据将生成一个对应的CSV文件和SHP文件，可将CHM与CSV文件和shp文件叠加显示。分别将CHM、csv和shp文件加载到软件中。下图为CHM和shp数据的叠加显示效果，以及csv数据的属性表。



将csv文件按表格打开，如下图，分别选择X、Y、Z对应的列为CSV表格中的TreeLocationX、TreeLocationY和TreeHeight，并勾选显示标签（如果标签文字过多，遮挡其它数据，影响显示效果，可以先移除数据，再次打开的时候，不勾选显示标签），点击应用，可在软件中打开csv文件。

在CSV文件名上点击鼠标右键，选择打开属性表，可以查看单木属性信息，在每一行的任意位置双击鼠标左键，可以跳转到对应位置。下图显示了CHM数据和csv文件叠加显示的效果，打开csv文件的属性表，双击跳转到选中的行。

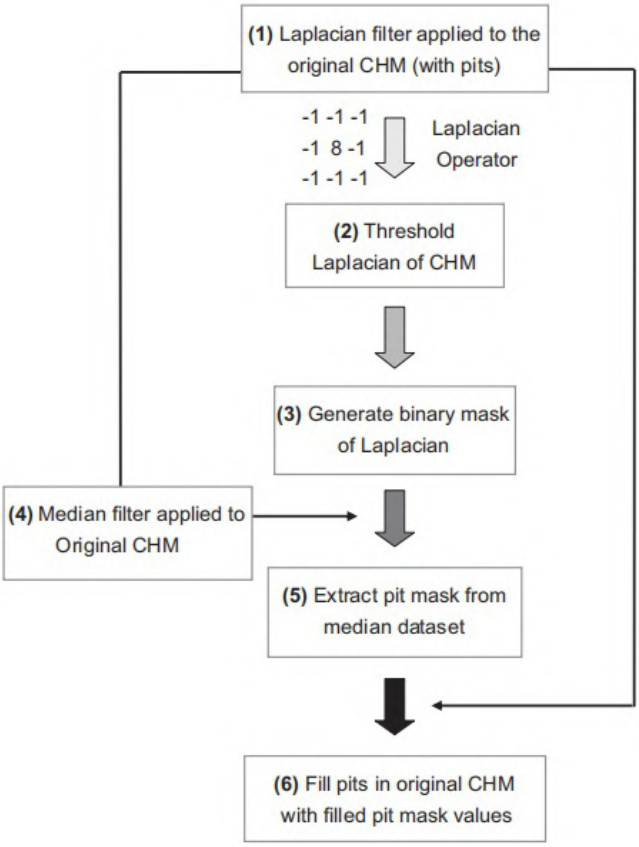


CHM填坑

激光雷达冠层高度模型（CHM）可能会显示出看起来不自然的洞或坑，即像素值字远低于其近邻的像素。这些坑洞可能是多种因素造成，包括从数据采集到后处理都可能造成坑洞，坑洞不仅影响CHM图像的视觉效果，也会影响半自动的树冠提取，并导致生物量估计的较大误差，因此有必要对CHM图像的坑洞进行有效填充。

原理描述

CHM填坑使用算法(Ben-Arie J R et al., 2009)识别和填充CHM图像坑洞。在填充坑洞的同时，对非坑洞值不做修改。



CHM填坑算法逻辑

1.对原始CHM图像应用拉普拉斯滤波器，得到拉普拉斯边缘检测图像。
2.对原始CHM图像进行中值滤波。
3.对拉普拉斯边缘检测图像构建累积直方图，对累积直方图应用算法参数进行分割，获取拉普拉斯图像二值化的阈值，小于该阈值为0，大于该阈值确定为坑洞。
4.对所有的坑洞位置，从中值滤波图像中提取像素值作为填坑值。
累积直方图分割的阈值参数一般在1%到30%，可采用不断调整参数，预览填坑效果的方式确定最终阈值参数。

用法

在工具箱中点击机载林业 > 单木分割 > *CHM*填坑。

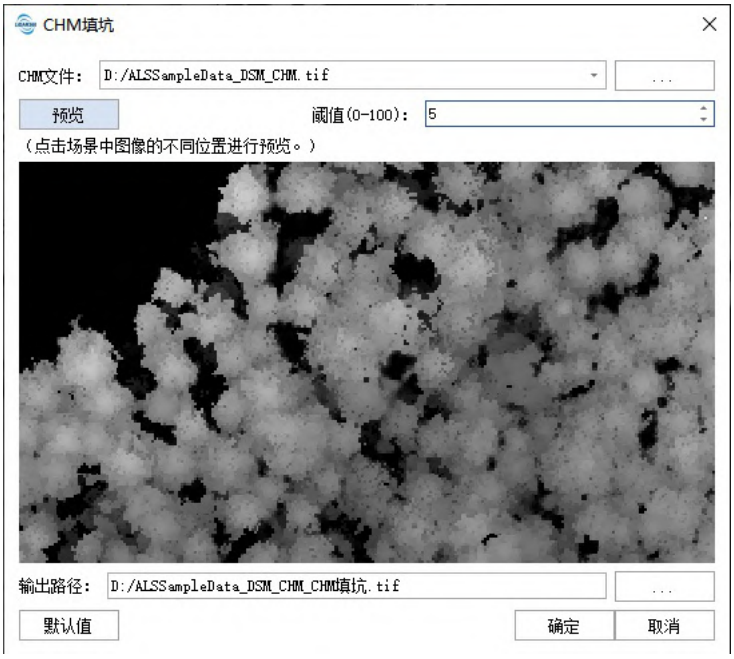
参数设置

- **CHM File**：当视图中有CHM数据时，会自动添加，也可从对话框添加。生成CHM的方法请参考冠层高度模型。
- 阈值：对拉普拉斯边缘检测图像构建累积直方图进行分割的参数，以该阈值对应的像素值作为拉普拉斯边缘检测图像二值化的阈值。该值一般在1%-30%之间，默认值为3%.
- 输出路径：填坑后的CHM图像路径，输出图像格式均为TIF格式。
- 默认值：点此按钮，恢复默认值3%.

预览

由于不同CHM图像坑洞的分布、大小可能不同，可使用局部预览功能检查当前阈值参数的适用性。预览时，调整参数，在视图内点击不同区域，查看填坑效果，若阈值参数对不同区域的填坑效果均较好，可作为最终阈值参数，对整个CHM图像进行填坑处理。

点击对话框中的预览按钮，启动预览功能。在视图中，点击待填坑图像，则对话框中将显示点击处周围512*512像素范围的填坑后的效果图像，可对预览图像进行移动、缩放检查填坑效果。



> 注意：
>
> 1.输入的CHM图像应为单通道图像。
> 2.CHM填坑可以重复操作，对填坑后的图像可以再次填坑。

```
    Ben-Arie J R , Hay G J , Powers R P ,et al.Development of a pit filling algorithm for LiDAR canopy height models[J].Computers & Geosciences, 2009(9).DOI:10.1016/J.CAGEO.2009.02.003.
```

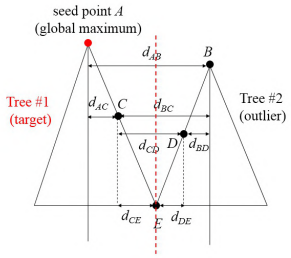
点云分割

功能概述

点云分割算法通过分析点的高程值以及与其他点间的距离，以确定待分割的单木，获取单木位置、树高、冠幅直径、冠幅面积、冠幅体积等属性信息。

原理描述

Li等(Li et al.,2012)开发出一种点云分割算法，将单棵树木从点云中一株一株地分割开。算法原理如下图所示：



该算法从种子点A（即全局极大值）开始，主要根据间距临界值和最小间距规则，通过对更低的点进行估计，将种子点A发展为一个树聚类。例如，点A是最高点，因此将点A视作一号树木的树顶（目标）。此时把低于A的点相继进行分类。首先，点B被分类成二号树木，因为间距dAB大于一个设定的临界值（该参数由用户决定）。然后我们设置点C，点C的间距dAC小于临界值。通过与点A和点B的比较，点C的类别被设定为一号树木，因为dAC小于dBC。通过与点B和点C的比较，点D被分类成二号树木；通过与点C和点D的比较，点E被分类成二号树木。 临界值应当与冠层半径相等。当设置的临界值太大或太小时，会出现分割不足和过度分割的情况。

用法

要使用点云分割算法识别单木，点击机载林业 > 单木分割 >点云分割。

参数设置

- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化或根据地面点归一化的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：参与点云分割的类别，默认选择点云数据含有的全类别。
- 格网大小（米）（默认为**“0.6”**）：识别树木位置使用的格网分辨率参数，一般设置为平均冠幅直径的五分之一，该参数通常范围在0.3~0.6米。
- 缓冲区大小（**pix**）（默认为**“50”**）：当待分割数据的长宽范围超过1500*格网大小时，会进行分块处理，该值是

分块的缓冲区阈值，单位为像素数。可设置为待分割数据中最大冠幅直径除以栅格分辨率。

- 最小树高（米）（默认为**“0”**）：分割单木的最小树高阈值，小于该高度的单木会被过滤掉。
- 离地面高度（米）（默认为**“2”**）：低于阈值的点，被认为不是树的一部分，在分割过程中将被忽略。
- 高斯平滑：是否进行高斯平滑，一般而言，建议勾选高斯平滑选项，去除噪点影响。
- **Sigma**（默认为**“1”**）：高斯平滑因子，该值越大，平滑程度越高，反之越低。平滑程度影响分割出的树木株数，如果出现欠分割，建议将该值调小（如：0.8），反之，如果出现过分割，建议将该值调大（如：1.2）；除了高斯平滑因子，CHM分割结果还受CHM分辨率影响。要调整CHM分辨率，需调整DEM和DSM分辨率。
- 半径（**pix**）（默认为**“5”**）：高斯平滑使用的窗口大小，该值为奇数；一般可设置为平均冠幅直径大小。
- **CHM**填坑（默认不勾选）：对CHM中间结果进行填坑处理，使得到的种子点位置置信度更高。
- 优化单木分割结果的显示配色（默认选中）：通过重新排列单木分割后的ID信息，能够极大程度解决相邻树木赋同一颜色问题。
- 输出文件类型：选择输出文件的类型，可选项包括CSV表格文件和树属性文件。
- 输出路径：输出路径，运行后，每个点云数据将生成对应的分割结果，分割结果是逗号分隔的CSV表格或树属性文件，其中包含树木ID、x、y坐标、树高、冠幅直径、冠幅面积和冠幅体积属性，可参考附录中的点云分割结果文件格式。
- 默认值：将距离阈值和离地面高度恢复为默认值。

> 注意：只有当软件中加载了点云数据时，才能使用该功能，否则，软件会弹出“There is no point cloud data meet the conditions of calculation!”的提示信息。如果点云的最大Z值大于200或者最大Z减去最小Z大于200时，认为数据是没有归一化的，软件会弹出提示信息，点击“YES”，这种类型的数据仍然参与运算，点击“NO”，这种类型的数据将不参与运算，用户可重新选择满足条件的数据。

```
@inproceedings{
    author={ Li W K, Guo Q H, Jakubowski M K and Kelly M},
    title={A new method for segmentation individual trees from the LiDAR point cloud},
    booktitle={ Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,78(1):75-84},
    year={2012}
}
```

基于树干单木分割

功能概述

此功能首先利用深度学习提取树干然后将树干作为种子点生长出枝叶。相较于ALS点云分割而言可以处理激光穿透性较强的设备所获取的带有树干点的点云数据，从而获取更加准确的树木棵树和位置。

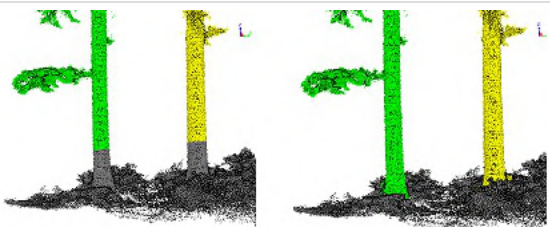
用法

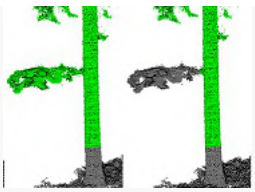
点击机载林业 > 基于树干的单木分割。

参数设置

- 输入数据：输入数据必须是归一化后的点云数据，归一化的方法请参考归一化或根据地面点归一化。输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：参与点云分割的起始类别，默认选择全类别。
- 树干类别（默认为**“23”**）：分割后的树干将被标记为此类别。
- 枝叶类别（默认为**“23”**）：分割后的树冠将被标记为此类别。
- 优先使用**GPU**：是否优先使用GPU进行计算。
- 高于地面点高度（米）（默认为**“0.3”**）：高于该值的点云才参与树干提取。该参数用于减弱地表点云厚度或杂草对单木分割效果的影响。该值设置过大，会影响探测树木杆径的准确度。
- 优化单木分割结果的显示配色（默认选中）：通过重新排列单木分割后的ID信息，能够极大程度解决相邻树木赋同一颜色问题。
- 输出路径：运行后，每个点云数据将生成对应的分割结果，分割结果是逗号分隔的CSV表格，其中包含树木ID、x、y坐标位置、树高、胸径、冠幅直径、冠幅面积、冠幅体积属性，可参考附录中的地基点云单木分割结果文件格式，查看分割结果的方法请参考查看点云分割结果。
- 默认值：将参数设置恢复为默认值。

参数对结果的影响：

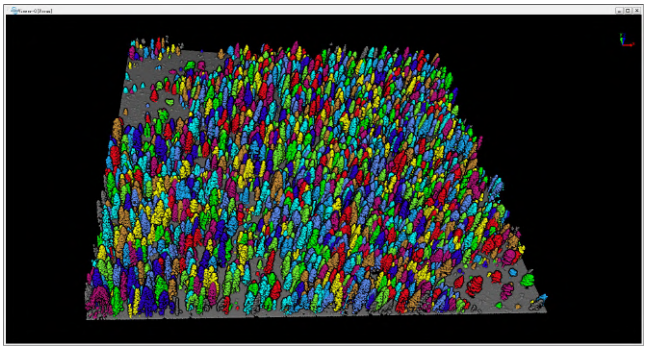
参数	效果
高于地面点高度	

起始分割高度	

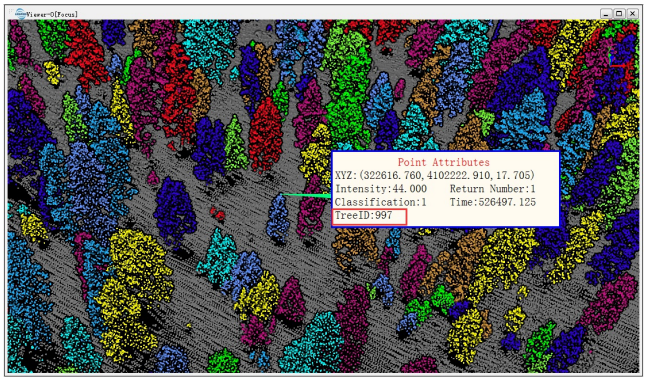
```
    @inproceedings{
        author={López Serrano et al., 2022 F.R. López Serrano, E. Rubio, F.A. García Morote, M. Andrés Abellán, M.I. Picazo Córdoba, F. García Saucedo, E. Martínez García, J.M. Sánchez García, J. Serena Innerarity, L. Carrasco Lucas, O. García González, J.C. García González},
        title={Artificial intelligence-based software (AID-FOREST) for tree detection: A new framework for fast and accurate forest inventorying using LiDAR point clouds},
        booktitle={Int J Appl Earth Obs Geoinf., 113 (2022), Article 103014},
        year={2022}
    }
```

查看点云分割结果

基于点云数据分割单木后，树木ID信息将保存在LiData文件中，可在窗口查看分割结果。将分割过的点云数据加载到3D窗口中，确保该窗口处于激活状态，并在颜色条工具栏中选择“按树ID显示”按钮，分割后的单木将被赋予随机的颜色，下图是单木分割效果显示。可以通过ALS编辑中的剖面图工具查看单木分割效果，并通过人工增加或删除种子点改善分割效果。

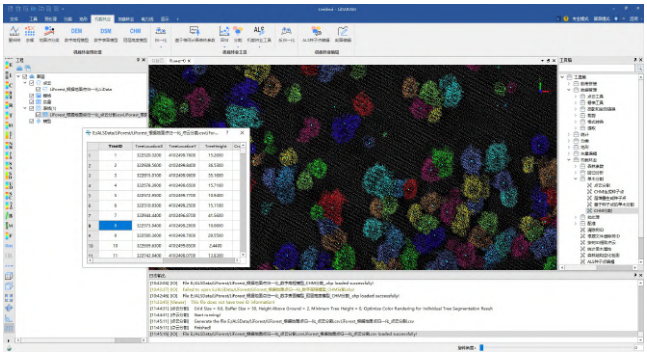


通过工具栏的单点选择工具（ ）可以查询每个点的树ID属性。



单木分割生成的CSV文件可以与点云叠加显示，将CSV文件按表格打开，如下图，分别选择X、Y、Z对应的列为CSV表格中的TreeLocationX、TreeLocationY、TreeHeight，并勾选显示标签（如果标签文字过多，遮挡其它数据，影响显示效果，可以先移除数据，再次打开的时候，不勾选显示标签），点击应用，可在软件中打开CSV文件。

在CSV文件名上点击鼠标右键，选择打开属性表，可以查看单木属性信息，在每一行的任意位置双击鼠标左键，可以跳转到对应位置。 下图显示了点云数据和CSV文件叠加显示的效果，打开CSV文件的属性表，双击跳转到选中的行。



CHM生成种子点

功能概述

基于CHM获取单棵树的位置信息，以这些信息作为种子点，对点云进行单木分割。可以通过ALS编辑工具，对种子点进行增加、删除等编辑操作，从而提高单木分割的准确性。

用法

点击机载林业 > 单木分割 > *CHM*生成种子点。

参数设置

- 输入数据：输入文件可以是单个CHM文件，也可以是多个CHM文件，生成CHM的方法请参考冠层高度模型；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 最大树高（米）（默认为**“80”**）：分割单木的最大树高范围阈值，高于该值认为不是树木。
- 最小树高（米）（默认为**“2”**）：分割单木的最小树高范围阈值，低于该值认为不是树木。
- 缓冲区大小（**pix**）（默认为**“50”**）：当待分割数据的行列数超过1500时，会进行分块处理，该值是分块的缓冲区阈值，单位为像素数。可设置为待分割数据中最大冠幅直径除以栅格分辨率。
- 高斯平滑：是否进行高斯平滑，一般而言，建议勾选高斯平滑选项，去除噪点影响。
- **Sigma**（默认为**“1”**）：高斯平滑因子，该值越大，平滑程度越高，反之越低。平滑程度影响分割出的树木株数，如果出现欠分割，建议将该值调小（如：0.5），反之，如果出现过分割，建议将该值调大（如：1.5）；除了高斯平滑因子，CHM分割结果还受CHM分辨率影响。要调整CHM分辨率，需调整DEM和DSM分辨率。
- 半径（**pix**）（默认为**“5”**）：高斯平滑使用的窗口大小，该值为奇数；一般可设置为平均冠幅直径大小。
- 输出文件类型：选择输出文件的类型，可选项包括CSV表格文件和树属性文件。
- 输出路径：输出路径，运行后，每个CHM将生成对应的种子点文件（CSV表格文件或树属性文件），包含树的ID和x、y、z坐标。
- 默认值：将最大树高、最小树高、缓冲区大小、高斯平滑、Sigma和半径恢复为默认值。

> 注意：只有当软件中加载了栅格数据时，才能使用CHM生成种子点的功能，否则，软件会弹出“There is no raster data!”的提示信息。CHM生成种子点的功能界面和参数设置与CHM分割完全相同，二者的区别在于：CHM分割之后将生成包括树木ID、树的X、Y坐标、树高、冠幅直径和冠幅面积等属性的CSV文件和包含树木边界与属性信息的shp文件，而CHM生成种子点只生成逗号分隔的CSV格式的种子点文件，而不生成shp文件，种子点文件格式请参阅附录中的种子点文件格式。

层堆叠生成种子点

功能概述

采用层堆叠算法从归一化的点云数据中提取单木位置，以这些信息作为种子点，对点云进行单木分割。可以通过ALS编辑工具，对种子点进行增加、删除等编辑操作，从而提高单木分割的准确性。

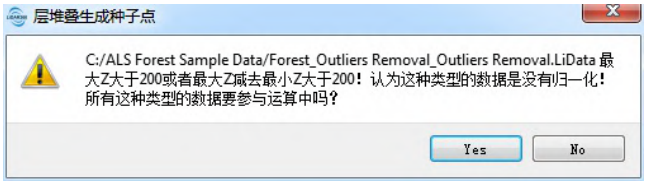
用法

点击机载林业 > 单木分割 > 层堆叠生成种子点。

参数设置

- 选择类别：参与点云分割的类别，默认选择点云数据含有的全类别。
- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- **XSize**（米）（默认为**“1”**）：格网分辨率，一般可设置为0.3 - 2m。
- **YSize**（米）（默认为**“1”**）：格网分辨率，一般可设置为0.3 - 2m。
- 离地面点高度（米）（默认为**“2”**）：高于该值的点云数据才进行单木分割，若想分割出低矮树木，需要设置该值小于要分割的最小树高。
- 层厚度（米）（默认为**“1”**）：切层厚度，用于进行层堆叠时切层使用的高度，该值一般设置为0.5 - 2.0m。
- 最小树间距（米）（默认为**“1”**）：当前数据最小树木间的间距，如种子点数据过多或过少可适当调节该参数重新生成。
- 缓冲区大小（**pix**）（默认为**“50”**）：当待分割数据的行列数超过1500时，会进行分块处理，该值是分块的缓冲区阈值，单位为像素数。可设置为待分割数据中最大冠幅直径除以栅格分辨率。
- 高斯平滑：是否进行高斯平滑，一般而言，建议勾选高斯平滑选项，去除噪点影响。
- **Sigma**（默认为**“1”**）：高斯平滑因子，该值越大，平滑程度越高，反之越低。平滑程度影响分割出的树木株数，如果出现欠分割，建议将该值调小（如：0.5），反之，如果出现过分割，建议将该值调大（如：1.5）；
- 半径（**pix**）（默认为**“5”**）：高斯平滑使用的窗口大小，该值为奇数；一般可设置为平均冠幅直径大小。
- 输出路径：输出路径，运行后，每个点云数据将生成对应的种子点文件，为逗号分隔的CSV文件，其中包含四列，依次为：树ID、X、Y、Z坐标。
- 默认值：将XSize、YSize、离地面点高度、层厚度、最小树间距、缓冲区大小、高斯平滑、Sigma和半径恢复为默认值。

> 注意：只有当软件中加载了点云数据时，才能使用支持层堆叠生成种子点功能，否则，软件会弹出“There is no point cloud data meet the conditions of calculation!”的提示信息。如果点云的最大Z值大于200或者最大Z减去最小Z大于200时，认为数据是没有归一化的，软件会弹出下图所示的提示信息，点击“YES”，这种类型的数据仍然参与运算，点击“NO”，这种类型的数据将不参与运算，用户可重新选择满足条件的数据。层堆叠生成种子点得到的种子点文件与CHM生成的种子点文件格式相同，请参阅附录中的种子点文件格式。


层堆叠生成种子点
C:/ALS Forest Sample Data/Forest_Outliers Removal_Outliers Removal.LiData 最大Z大于200或者最大Z减去最小Z大于200！认为这种类型的数据是没有归一化！所有这种类型的数据要参与运算中吗？
Yes
No

ALS基于种子点单木分割

功能概述

该功能支持多个文件批处理，输入数据为归一化的点云数据和对应的种子点文件，种子点文件生成请参考CHM生成种子点和层堆叠生成种子点。

用法

点击机载林业 > 单木分割 > 基于种子点分割。

参数设置

- 选择类：参与单木分割的起始类别，默认选择全类别。
- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化或根据地面点归一化的数据。
- 点云文件：点击 ...，选择待处理点云数据。支持一次性导入多个点云数据
- 种子点文件：点击 ...，选择点云数据对应的种子点文件。目前支持csv格式和treedb格式。可一次性导入多个种子点文件，并和已导入的点云文件自动匹配。
- ⊕：默认可以处理五个数据，点击⊕增加待处理文件数量。
- ⊖：删除选中的点云和对应的种子点文件。
- 🧹：清空文件列表。
- 离地面高度（米）（默认为**“2”**）：高于该值的点云数据才进行单木分割，若想分割出低矮树木，需要设置该值小于要分割的最小树高。
- 最小树高（米）（默认为**“0”**）：高度低于该值的树将不进行统计。
- 优化单木分割结果的显示配色（默认选中）：通过重新排列单木分割后的ID信息，能够极大程度解决相邻树木赋同一颜色问题。注：勾选优化配色后，新生成的单木分割csv文件中的ID与输入种子点ID不严格对应。
- 输出文件类型：选择输出文件的类型，可选项包括CSV表格文件和树属性文件。
- 输出路径：输出路径，运行后，每个点云数据将生成对应的分割结果，分割结果为CSV文件或树属性文件，其中包含树木ID、树的X、Y坐标位置、树高、树冠直径、树冠面积和树冠体积。
- 默认值：将离地面高度恢复为默认值。

> 查看分割结果的方法请参考查看点云分割结果。

查看方位角和距离

功能概述

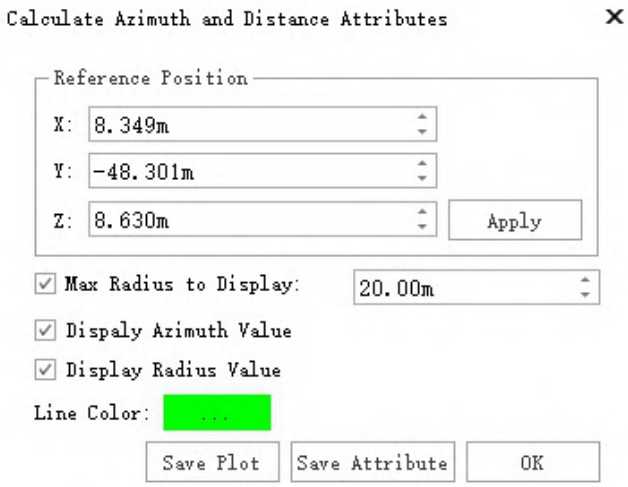
依据参考点，计算单木相对参考点的方位角和距离，进行显示，并保存计算结果。

用法

点击机载林业 > 查看方位角和距离 或者 地基林业 > 查看方位角和距离。

弹出选则文件界面，选择要进行计算的点云单木属性文件，单木属性文件格式请参考单木分割结果文件格式；

软件将在二维画布显示单木位置，并如下图显示方位角距离属性计算设置界面。



参数设置

- 参考位置：设置参考点位置信息，所有单木位置相对该参考点进行方位角和距离属性计算，点击"应用"更新参考点位置设置。
- 最大显示距离： 未勾选，在二维画布中显示所有单木与参考点位置的距离连线；勾选，按设置的最大距离，单木位置与参考点距离在最大距离内的将显示距离连线。
- 显示方位角：未勾选，在二维画布中不显示单木与参考点位置的方位角数值；勾选，则显示。
- 显示距离：未勾选，在二维画布中不显示单木与参考点位置的距离数值；勾选，则显示。
- 线颜色：设置单木与参考点距离连线的绘制颜色。
- 保存绘图：将二维画布当前绘图保存到本地图片格式。
- 保存属性：将计算后的方位角和距离保存到单木属性文件。

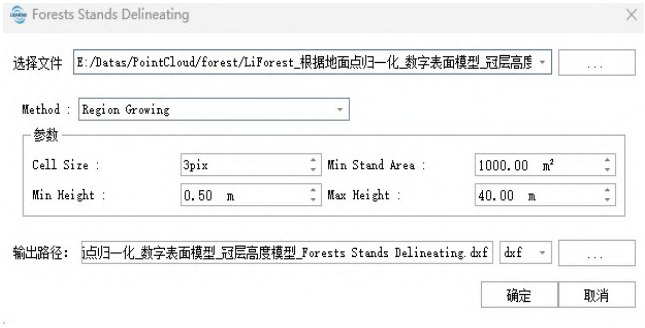
林分自动划定

功能概述

根据树木相似性，自动划分林分区域。

用法

点击机载林业 > 林分划定，启用功能。



参数设置

- 输入数据：冠层高度模型文件，使用CHM进行生成。
- 方法：基于生长方法，基于细胞自动机方法，后者较前者具有更多的分区。
- 细胞单元大小：初始细胞单元像素大小，一般设置单元越大，结果分区越小。
- 最小林分面积：最小林分面积，不满足面积条件的区域将过滤掉。
- 最小树高：区域内最小树高度。
- 最大树高：区域内最高树高度。
- 初始林分面积：仅在基于细胞自动机方法，越大生成的分区越少。

基于影像单木分割

功能概述

此功能利用深度学习提取图像中的树冠轮廓实现单木分割。该功能的输入必须是DOM（数字正射影像图）或使用航飞影像生产的正射影像图像等多通道彩色影像。不可以是DEM、DSM等单通道影像。输出结果为矢量文件，内部包含多个树冠轮廓，以及相应的单木属性文件。单木属性文件中的树木的位置采用轮廓点的平均值进行计算。

用法

点击机载林业 >单木分割> 基于影像单木分割。

参数设置

- 选择文件列表：从软件已打开或从文件夹中选取影像数据，当前支持8位、至少三波段的高分辨率（1-10厘米）tif格式影像。
- 重叠比（默认为**“0.7”**）：若两个轮廓的交并比超过该阈值，则保留其中置信度更高的轮廓。
- 置信阈值（默认为**“0.3”**）：仅保留树冠置信度高于此阈值的轮廓。
- 树种：根据树种类型选择合适的模型，目前有通用模型和棕榈树模型。
- 输出路径 ：输出轮廓矢量文件以及单木属性文件的保存路径。

模型架构

该模型基于Ultralytics包中的YOLO v8模型架构构建。模型的mAP（平均精度）为95%。

批处理

批处理模块包含提取森林参数的自动化工作流程，包括：统计、回归分析、点云分割、CHM分割以及执行这些操作所需的先决条件，具体包括：

1. 去噪
2. 分离地面点（滤波）
3. DEM
4. 归一化
5. 统计、点云分割或CHM分割

- 森林参数批处理
- 点云分割批处理
- CHM分割批处理

林业群体参数

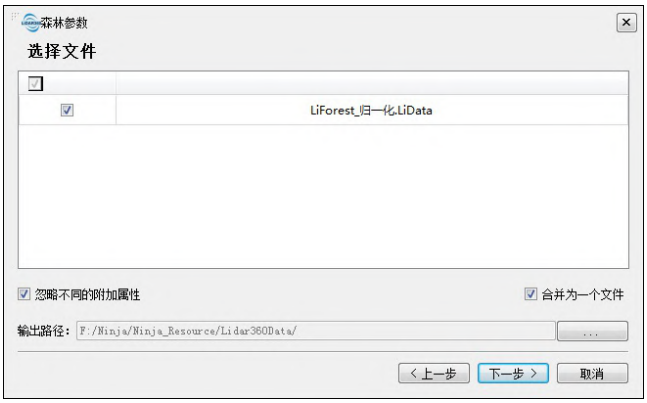
用法

点击机载林业 > 批处理 > 森林参数批处理，统计批处理是机载林业 > 森林参数 菜单下所有参数的自动化提取流程。

对话框里出现的第一个界面是批量提取森林参数要遵循的一系列步骤。

如果有的步骤已经完成，则此次处理可以忽略该步骤，点击Next，软件会出现下图所示的提示框“确定未选中的步骤是已经完成的吗？”，如果确定，则可以点击OK进入下一步设置。

待处理文件列表为软件中打开的所有点云数据，通过数据名称前面的复选框决定数据是否参与运算。默认情况下，每个点云数据将分开处理，如果勾选“合并为一个文件”，则软件会先将参与运算的点云数据合并为一个文件，再进行后续处理。

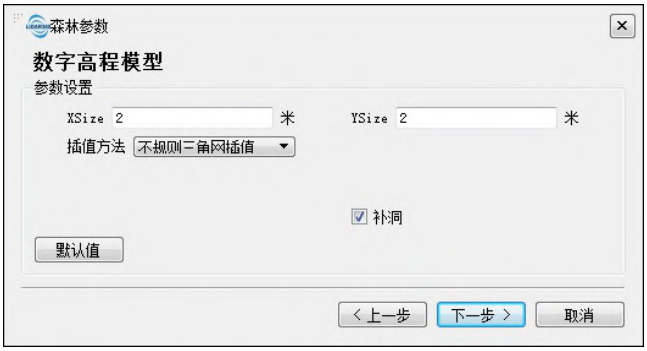


单击“下一步”，为批处理过程中涉及的所有步骤输入适当参数。

“去噪”步骤的参数设置请参考去噪。

“地面点分类”步骤参数设置请参考地面点分类。

“数字高程模型”步骤参数设置请参考数字高程模型。



在“输入数字高程模型文件”步骤中，可以使用上一步生成的数字高程模型文件，或者人工选择已有的数字高程模型文件。

点击“下一步”，选择要提取的“参数类型”。根据选择的类型，设置相应的参数。关于每个统计参数的说明，请参考森林参数。

点击“完成”开始批量处理。

点云分割批处理

用法

点击机载林业 > 批处理 > 点云分割批处理，点云分割批处理工具用于机载激光雷达点云数据自动化分割处理。

本过程涉及的步骤与森林参数批处理的步骤相似。有关机载激光雷达点云分割的描述，请参考点云分割。

CHM分割批处理

用法

点击机载林业 > 批处理 > *CHM*分割批处理，CHM分割批处理工具用于冠层高度模型自动化分割处理。

本过程中涉及的步骤与森林参数批处理的步骤相似。有关CHM分割的描述，请参考CHM分割。

配准

针对林业数据的配准方法。

- 基于树木位置的自动配准

基于树木位置自动配准

功能概述

此功能利用两块点云的树木位置进行自动配准(Guan H , Su Y , Hu T , et al., 2019)。树木位置储存在一个逗号分隔的CSV表格文件中，该文件需要包含至少两个字段：TreeLocationX 和 TreeLocationY，该文件格式可参考CHM分割结果文件格式。配准矩阵的求解将分解为水平方向和垂直方向。对于水平方向配准，将利用各个单木的x、y坐标建立特征描述子，进而寻找匹配点，最后基于匹配点求解水平方向旋转矩阵；对于垂直方向配准，首先取得单木邻域范围内的点云，然后利用点云中的最大值或最小值寻找Z方向的偏移量。 配准的成功率取决于待配准点云与配准点云相应的单木位置的匹配程度，匹配程度越高，则算法成功率越高。单木匹配程度取决于数据重叠度、位置精确程度等。

用法

点击 机载林业 > 配准 >基于树木位置自动配准

参数设置

- 参考点云：参考点云数据。经配准后，待配准点云将被配准到参考点云坐标系下。
- 待配准点云：待配准点云。配准后，旋转平移矩阵将应用到待配准点云上，并生成配准后的新文件。
- 点位误差（米）（默认为**“0.5”**）：GPS点与实际树木位置的相对偏移误差。此值越小，则配准精度越高，但可能出现找不到匹配对的情况；此值过大时会增加错误匹配的概率。
- 平移**Z**值（默认采用**“**最小值**”**）：Z方向配准方法有两种，分别为“最大值”和“最小值”。此值描述的是，对单木位置进行半径搜索后，取邻域内点云的“最大/小值”作为真实匹配点，用于计算最终的Z方向平移量。使用“最大值”时，需保证单木附近的树梢点云不存在缺失或扭曲，否则将无法从点云中提取出准确的匹配点。使用“最小值”时，需保证单木附近有足够地面点，否则将导致Z方向匹配失败。

```
   @inproceedings{
       author={Guan H , Su Y , Hu T , et al.},
       title={ A Novel Framework to Automatically Fuse Multiplatform LiDAR Data in Forest Environments Based on Tree
Locations},
       booktitle={IEEE Transactions on Geoence and Remote Sensing},
       year={2019},
   }
```

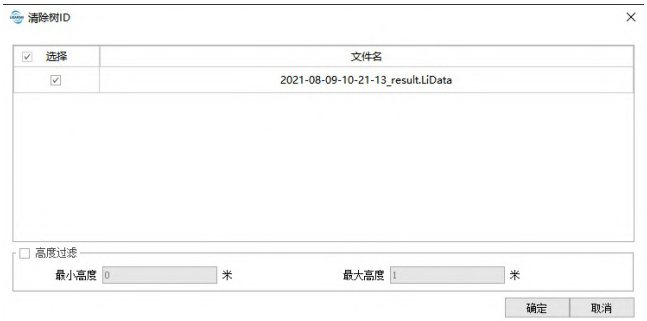
清除树**ID**

功能概述

点云分割之后，树木ID信息将保存在LiData文件中，如果需要再次对点云进行分割，需要先清除树ID信息。

用法

点击机载林业 > 清除树*ID*。



选择待处理的点云数据，点击确定。

参数设置

- 按高度过滤：是否按高度过滤，若勾选此选项，则会清除最小高度和最大高度之间的点的树ID信息，若不勾选此选项，则会清除所有点的树ID信息。
- 最小值（默认为**“0”**）：清除树ID的最小高程。
- 最大值（默认为**“1”**）：清除树ID的最大高程。

> 注意： 勾选高度过滤后，并不重新统计点云的树ID信息，只是删除高度范围内的点的树ID属性。若要重新进行点云分隔，需不勾选按高度过滤选项。

根据文件清除树**ID**

功能概述

点云分割之后，可能存在错误分割的树，错分树木对应的ID可通过CSV文件进行记录，然后利用该CSV文件清除点云中错分的树木。

用法

点击机载林业 > 清除树*ID*文件清除树*ID*。

选择待处理的点云数据，点击确定。

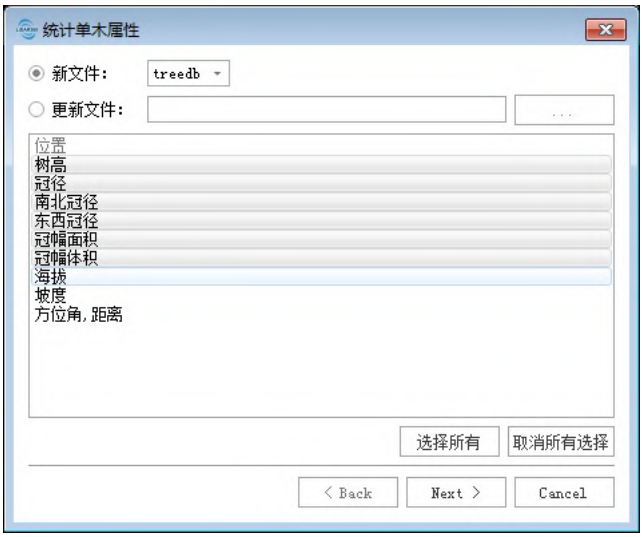
统计单木属性

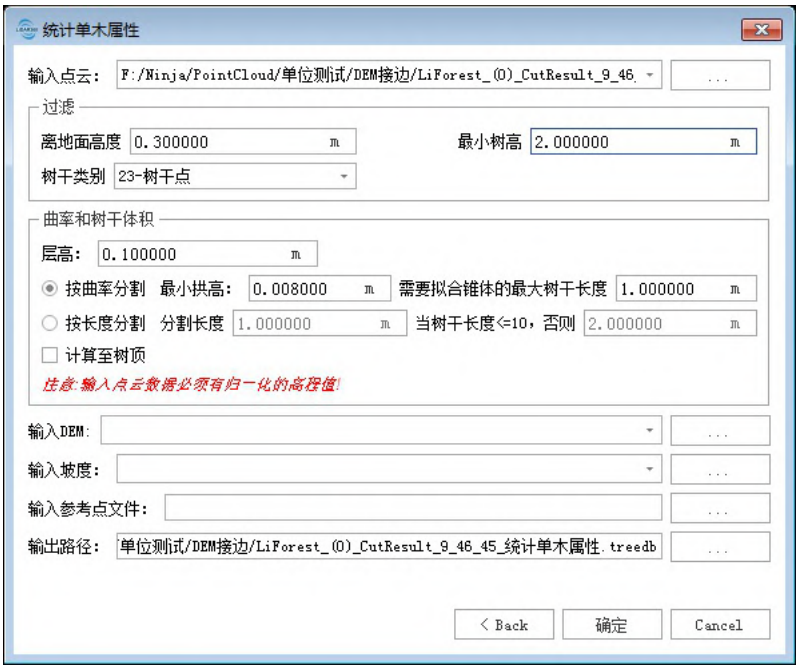
功能概述

该功能主要用于对已经执行过归一化和单木分割的点云进行属性统计和属性扩展并生成单木属性文件。可以生成新文件或更新已有文件。

用法

点击机载林业 > 统计单木属性。





参数设置

该参数分成两页，第一页选择目标文件和需要统计的属性，第二页对具体的统计参数进行设置。

- 第一页
  - 新文件：生成新的单木属性文件，具体文件格式可参考地基点云单木分割结果文件格式。
  - 更新文件：对已有的单木属性文件进行更新，与“新文件互斥”。若属性文件中不含有所选属性则会进行额外添

加。
    - 属性选择：需至少选择一个需要统计的单木属性。
- 第二页
    - 打开点云： 选择需要进行统计的点云，该点云需要执行过单木分割。
    - 高于地面点高度（米）（默认为**“0.3”**）：只统计高于此高度的点云。
    - 最小树高：只统计树高大于此值的单木。
    - 输入**DEM**（可选）：选择了“高程”统计项时出现此项。
    - 参考点文件：参考点文件是逗号分隔的文本文件，共有两行，包含三个字段：X,Y,Radius；X、Y为参考点位置，Radius为半径。若输入参考点文件，则计算以参考点为中心，一定半径范围内的树木的方位角（Azimuth）和距离（Distance），然后作为扩展属性添加到单木属性文件中。
    - 坡度文件：选择了“坡度”时出现此项。坡度文件是tiff格式的文件。若输入坡度文件，则从该文件中取得树木位置所在的坡度，并作为扩展属性添加到单木属性文件中。
    - **DEM**文件：选择了“高程”时出现此项。DEM文件是tiff格式的文件。若输入DEM文件，则从该文件中取得树木位置所在的地面点高度值，并作为扩展属性添加到单木属性文件中。

下表为参考点文件示例：

```
X,Y,Radius
322716.24,4102494.69,15.0
```

下表为单木属性文件示例：

```
TreeID, TreeLocationX, TreeLocationY
1, 322716.24, 4102494.69
2, 322751.21, 4102499.9
3, 322519.35, 4102499.3
```

下表为输入了“参考点文件”并执行统计后的单木属性文件示例（以csv为例）：

```
TreeID, TreeLocationX, TreeLocationY, Azimuth, Distance
1, 322716.24, 4102494.69, 36.165, 8.982
2, 322751.21, 4102499.9, 41.282, 4.491
3, 322519.35, 4102499.3, 32.008, 4.708
```

树模型管理

- 树模型入库：
  - 树模型： 选择要更新或删除的树模型。选择“添加自定义树模型”来新增树模型。
  - 模型名称： 设置要新增的树模型的名称。在树模型下拉框选择“添加自定义树模型”时出现。
  - 影像文件： 设置该模型中远景显示时使用的影像文件。远看时，树木以该影像文件十字交叉的模式显示。
  - 模型文件： 设置该模型近景显示时使用的精细模型文件。近看时，树木使用该模型进行精细展示。注意：模型的Y方向为树高的方向，且模型原点在树木根颈处。
  - 移除： 移除当前选择的树木模型。
  - 增加/更新： 增加当前设置的树模型。同名模型存在时，更新该树模型。

单木建模

功能概述

对单木分割或单木属性编辑后的结果，进行真实的树木模型构建。为单木属性信息提供更直观真实的模型展示形式，方便用户对单木分割处理结果进行快速检查和浏览，同时高精度、高保真的树木模型，为数字化城市、林地等场景增强真实感和沉浸感。

用法

点击机载/地基林业 > 树木建模。

参数设置

- 单木属性文件：选择单木属性文件，单木属性文件格式可参考单木分割结果文件格式；单木属性文件也可以来自于树种标识后带有树种信息的单木属性文件。
- 树种模型：根据选择文件里包含的树种信息，在树模型下拉框中对应选择显示该树种的树模型。
- 添加模型：根据需要添加模型，设置模型对应的远景展示的影像文件以及近景模型对象。树模型设置参考选项 > 林业设置 > 树模型设置。
- 输出路径：输出路径，设置生成的树木建模文件对应的存储路径。在该路径下生成一个建模文件的同名文件夹，用于保存树木建模文件使用的资源文件。进行树木建模文件拷贝时，需要将同名的资源文件夹进行同步拷贝。

按树**ID**提取点云

功能概述

该功能用于从已分割过的点云中提取部分或所有点云，以供其它软件使用。提取到一个文件中，可选的数据格式包括LiData、CSV和LAS数据格式，提取到多个文件仅支持CSV数据格式。

用法

点击机载林业 > 按树*ID*提取点云。

参数设置

- 选择文件：从选择文件的下拉列表中选择要提取树ID信息的点云数据；每次只能选择一个文件；该文件需要已经在LiDAR360软件中打开。
- 最小值（默认为**“0”**）：提取树ID的最小值，默认为0。
- 最大值：提取树ID的最大值，默认为点云中的树木棵数；如果点云未被分割过，则树木ID的最小值和最大值均为0。
- 按范围提取/通过**CSV**文件提取：提取所选treeID范围内的点云。treedID的范围来源可以是手动输入或从单木属性文件中读取。
- 取到一个/多个文件（默认一个）：将点云提取到一个文件中，文件格式可以选择CSV、Las和LiData。导出的信息包含X、Y、Z坐标、树ID信息及其他属性信息。
- 输出路径：按树ID提取的点云存放路径。

森林结构变化检测

功能概述

森林结构变化检测是利用激光雷达数据的剖面面积变化（PAC）量测作为一种简单而完整的方法在多尺度上量化森林结构变化。森林结构变化检测的设计假设森林变化效应的模式具有内在的异质性，在不同的高度层导致不同的生物量损失，这些损失改变了冠层的结构，进而改变了激光雷达数据的垂直分布。该方法有利于评价森林火灾引起的环境和经济损失，为森林恢复设计提供有用的信息。

原理描述

首先，根据用户设置的XSize和YSize将点云空间划分成不同的网格，对于每个网格，将其内部所有点的高度归一化到0-1之间，按高度进行排序并计算其累积高度百分位数，统计的累积高度百分位数包含100个，即每一统计单元内0~99%的点所在的累积高度。然后将这100个累积高度百分位数拟合到剖面曲线中，并计算百分位剖面曲线和X轴所划定的面积PA。最后，计算好变化前和变化后的曲线面积PA值后，使用变换后的PA减去变换前的PA值，即为PAC值。

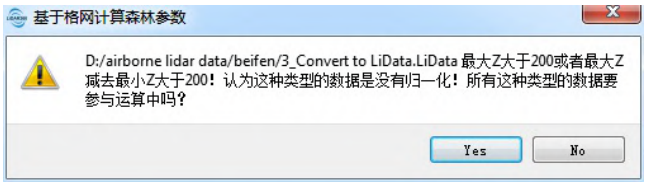
用法

点击机载林业 > 森林结构变化检测

参数设置

- 输入数据：输入变化前及变化后的归一化归一化的点云数据；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- **XSize**（米）（默认为**“30”**）：栅格尺寸的长，该值应大于单木冠幅，对于大多数森林类型而言，栅格尺寸应大于15米。
- **YSize**（米）（默认为**“30”**）：栅格尺寸的宽，该值应大于单木冠幅，对于大多数森林类型而言，栅格尺寸应大于15米。
- 高度阈值（米）（默认为**“0.5”**）：将点云分成不同层的阈值，高度超过该阈值的点才参与运算，默认值为0.5米。
- 输出路径：输出路径，运行后，结果文件包括变化前及变化后的PA图像，以及PAC影像，还包括报告文件。
- 默认值：将XSize、YSize和高度阈值恢复为默认值。

> 注意：请确定选择的数据为归一化后的ALS点云数据。




```
    @inproceedings{
        author={Tianyu Hu,Qin Ma,Yanjun Su,John J.Battles,Brandon M.Collins,Scott L.Stephens,Maggi Kelly,Qinghua Guo}
,
        title={A simple and integrated approach for fire severity assessment using bitemporal airborne LiDAR data},
        booktitle={Int J Appl Earth Obs Geoinformation,78(2019): 25-38},
        year={2019}
    }
```

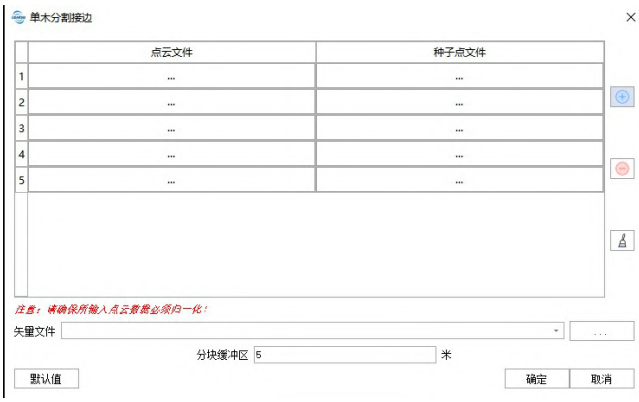
单木分割接边

功能概述

当需要进行点云分割或者需要精细的树木分割的数据区域较大时，需要将点云分成多块，分发给多个数据处理人员协作完成。使用按范围分块或者按多边形分块工具对点云数据进行分块时，不可避免的，会出现处于分块边界区域的同一颗树被分成2部分或者多个部分的情况。为了提高整体点云分割后数据的准确性，在分块时，根据数据的实际情况设置缓冲区参数，对每块数据进行单木分割后，使用该功能，可以去重相邻点云数据缓冲区区域相同的相同树。

用法

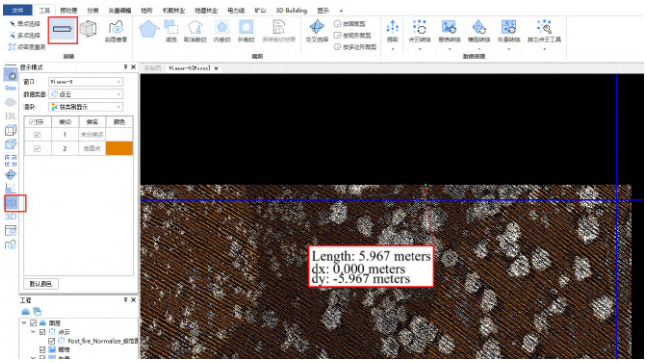
点击机载林业 > 单木分割接边，进行点云分割后的成果整理。



参数设置

- 缓冲区：该参数是为了给每个点云数据找到矢量数据中最匹配的多边形信息，需确保值是对的，否则会影响成果整理结果的正确性。该值需要与按范围分块或者按多边形分块功能中设置的缓冲区参数保持一致。
- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是点云分割后的数据。
- 点云文件：点击 ...，选择待处理点云数据。
- 种子点文件：点击 ...，选择点云数据对应的种子点文件。
- ⊕：默认可以处理五个数据，点击⊕增加待处理文件数量。
- ⊖：删除选中的点云和对应的种子点文件。
- 🧹：清空文件列表。

> 注意：点云文件和种子点文件必须一一对应。当不确定分块时缓冲区的大小时，可以将分块后的点云和矢量数据加载到软件中，设置视图以2D显示，使用软件里距离量测进行量测。



ALS种子点编辑

功能概述

ALS种子点编辑工具用于对单木分割的结果进行检查，同时，可对种子点进行增加、删除等人工交互编辑，并基于编辑后的种子点再次对点云进行分割，提高单木分割的准确性。自v3.2版本起，支持右键快捷菜单。

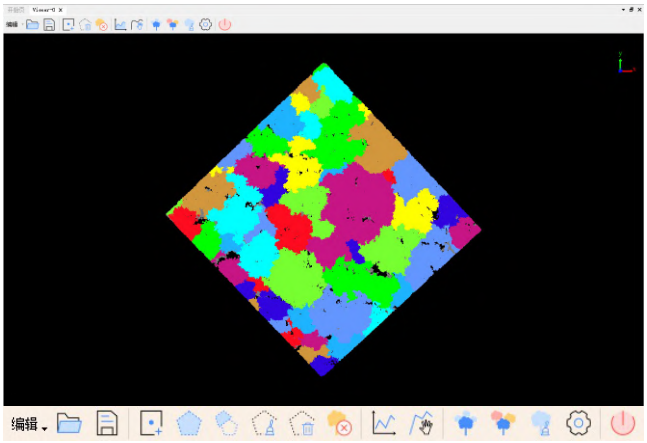
ALS种子点编辑快捷键

快捷键	描述
shift + mouse left	剖面平移
↑	向上平移剖面
↓	向下平移剖面
→	向右平移剖面
←	向左平移剖面
Ctrl + z	撤销种子点编辑
Ctrl + y	重做种子点编辑

用法

将要编辑的点云数据加载到窗口中，并以该窗口为激活窗口。

点击机载林业 > *ALS*种子点编辑，当前激活窗口将出现ALS种子点编辑工具条。



ALS种子点编辑工具条，从左到右依次为：开始/结束编辑、打开种子点文件、保存种子点文件、添加种子点、删除选择种子点、清除所有种子点、剖面、单木筛选、基于种子点的单木分割、清除树ID、种子点设置、退出。

开始/结束编辑

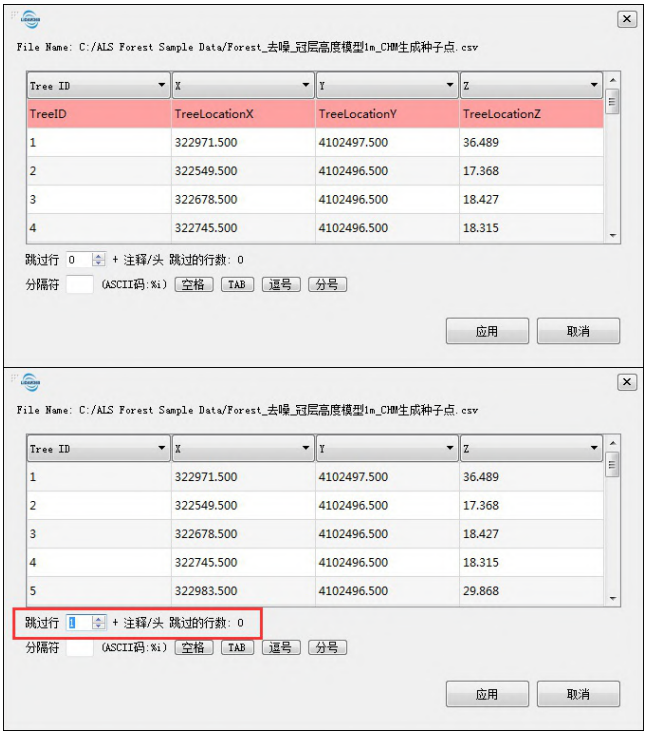
点击编辑 > 开始编辑，

选择要编辑的数据，点击“确定”，ALS种子点编辑工具条其它功能会被激活。

在编辑的过程中，被选择的数据不能从窗口中移除。编辑完成后，点击结束编辑，结束此次编辑，ALS种子点编辑工具条其它功能将变灰。

打开种子点文件

功能描述：点击此按钮，选择种子点文件，种子点文件格式请参考附录中的种子点文件格式，将会出现下图所示的窗口，需要注意的是：种子点文件有一行表头，在打开时需要选择跳过第一行表头。从文件打开的种子点可以参与过滤。



保存种子点文件

功能描述：种子点编辑完成后，可以保存为新的CSV文件或树属性文件(*.tatt)，而不会覆盖原始文件。

添加种子点

功能描述：对于欠分割的地方，人工添加种子点，可以在编辑窗口和剖面窗口添加种子点，一般建议选择树顶点或者靠近树顶点的位置为种子点。手动新添加的种子点采用黄色显示，这些种子点不参与过滤。

删除选择的种子点

功能描述：删除选择的种子点。点击此按钮，弹出选择工具对话框，用户根据需求，选择适合的选择工具（多边形选择、圆形选择、矩形选择工具），并在场景中拾取合适的区域，即可将区域内的种子点删除。

> 注意：自5.0版本起，修改之前删除种子点的流程，将选择种子点与删除种子点简化为一个操作，即选择种子点后，选中的种子点会被立即删除。

清除所有种子点

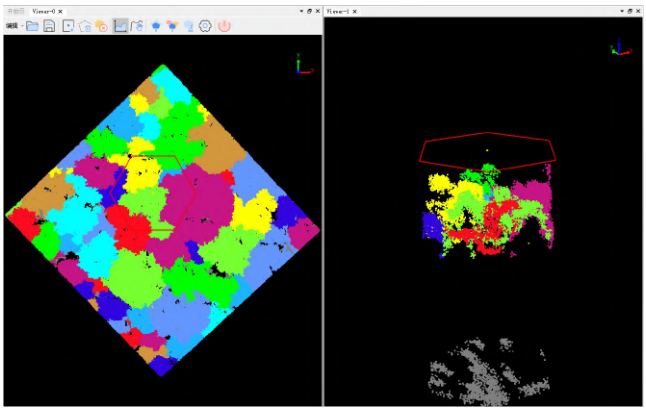
功能描述：清除窗口中所有的种子点。

功能描述：清除窗口中所有的种子点。

剖面图

功能描述：打开ALS种子点编辑工具条之后，点云所在窗口将变成2D模式，点击剖面图按钮，开启剖面窗口，在点云所在窗口中绘制一个六边形区域，可实时在剖面窗口中查看选择区域的点云和种子点。

> 注意：自5.0版本起，绘制剖面区域的方式修改为：按下鼠标左键、拖动、松开鼠标，即可完成剖面区域的绘制。

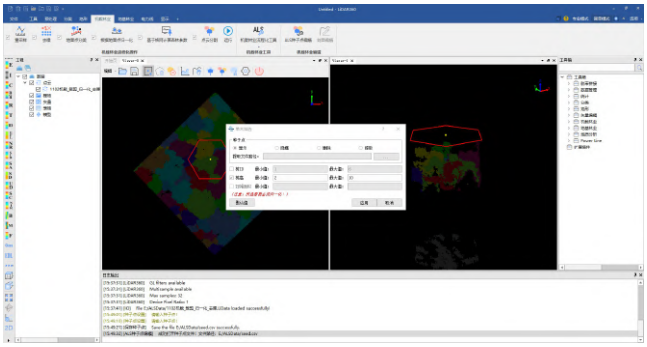


平移剖面区域

功能描述：在主窗口中绘制剖面后，点击该工具可平移剖面位置，实时查看剖面数据。

单木筛选

功能描述：当点云数据被分割之后，可获取树高、树冠面积等属性，使用单木筛选工具可以查看（高亮显示）、隐藏、删除和导出指定属性范围内的单木结果，如设定查看一定树高范围的单木，或查看树冠面积较大或较小的单木用于检查单木分割结果（树冠面积较大可能存在欠分割，树冠面积较小一般是枯木或者过分割造成）。要使用该功能，必须将分割后的点云和分割结果加载到软件中。如下图：按树高筛选点云，设置最小值和最大值分别为2.01和10米，位于该范围内的点云将高亮显示。



基于种子点单木分割

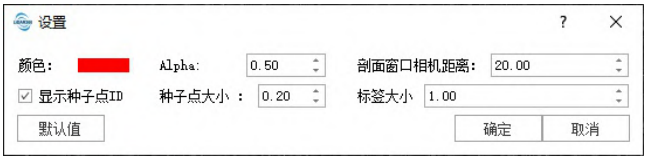
功能描述：基于编辑后的种子点再次对点云进行分割。请参考基于种子点单木分割。单木分割时，所有来自文件的种子点和手动添加的种子点全部参与单木分割，分割后全部种子点将重新加载为来自文件的种子点。这些种子点可以参与过滤。

清除树ID

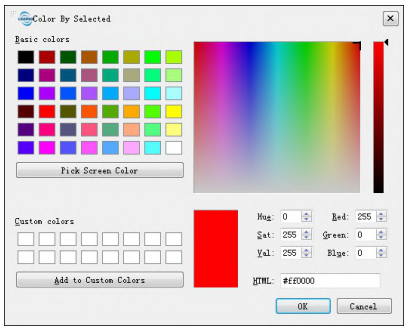
功能描述：如果点云已经被分割过，再次分割之前，需要先清除树ID。请参考清除树ID。

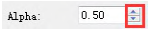
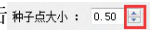
种子点设置

功能描述：设置种子点的颜色、种子点大小和透明度（Alpha），是否显示种子点ID以及种子点ID的字体大小、剖面视点距离。



- 颜色（默认为**“红色”**）：点击 ，将弹出如下所示选择颜色的界面，可选择任意颜色为种子点的颜色。



- **Alpha**（默认为**“0.5”**）：种子点的透明度，取值范围为0~1， 0表示完全透明，1表示不透明。默认值为0.5，点击  ，该值将以0.1为ke步长递增或递减，也可以直接输入特定的值。
- 剖面窗口相机距离（默认为**“20”**）：绘制剖面时，观察点到剖面窗口显示区域的距离，方便用户根据作业需要，按距离查看编辑区域或者编辑效果。
- 显示种子点**ID**：通过复选框决定是否在窗口中显示种子点ID。
- 种子点大小（默认为**“0.5”**）：种子点大小，取值范围为[0, 100)。点击  ，该值将以0.1为步长递增或递减，也可以直接输入特定的值。
- 标签大小（默认为**“1”**）：显示种子点ID的标签大小，取值范围为[0, 100)。点击 ，该值将以1为步长递增或递减，也可以直接输入特定的值。

退出

功能描述：点击该按钮，会弹出下图所示的提示窗口，点击Yes，将关闭ALS种子点编辑工具条。点击No，返回编辑窗口。

> 注意：如果点云已经被分割过，再次分割前需要先清除树ID，否则，软件会弹出“All files have been segmented, please clear treeID first!”的提示信息。

撤销、重做

功能描述：在种子点编辑过程中，如有编辑错误或误操作，按下【ctrl+z】撤销操作，按下【ctrl+y】恢复操作。

> 注意：在一个种子点编辑中，撤销和重做功能，限制次数分别为20次。

单木点云编辑

功能概述

单木点云编辑可提取大数据点云中的单木并进行编辑，可以快速定位和过滤出用户所关心的单木，主要用于解决过分割、欠分割和漏分割等情况，还能对林下树干进行精修。

用法

将要编辑的点云数据加载到窗口中，并以该窗口为激活窗口。

点击 地基林业>单木点云编辑 ，或者机载林业>单木点云编辑 ,当前激活窗口将出现单木点云编辑工具条。不同模块下部分功能会有区别。

单木点云编辑工具条，从左到右依次为：开始/结束编辑、剖面图、打开单木属性文件、单木过滤、设置、退出。

需要注意的是，若无特殊需要，请将待编辑点云进行归一化，归一化的方法请参考归一化。待编辑完成后，可用反归一化恢复为原始点云。剖面窗口以Z值为0的平面作为基准面，对于归一化点云，基准面即为地面；对于未归一化点云，点云受高程影响距离基准面比较远，这可能会导致点云和裁切多边形都不在剖面视图中。因此，归一化后的点云数据可以更好地进行编辑，此外，该模块下的移除支撑杆、重新分割等功能需要归一化的点云才能得到正确的结果。

开始/结束编辑

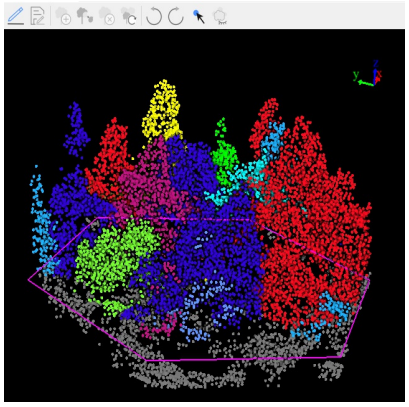
点击 编辑>开始编辑

选择要编辑的数据，点击“确定”，将点云渲染成按树id显示，单木点云编辑工具条的其他功能将变成可用状态。

在编辑的过程中，被选择的数据不能从窗口中移除。编辑完成后，点击结束编辑，结束此次编辑。

剖面图

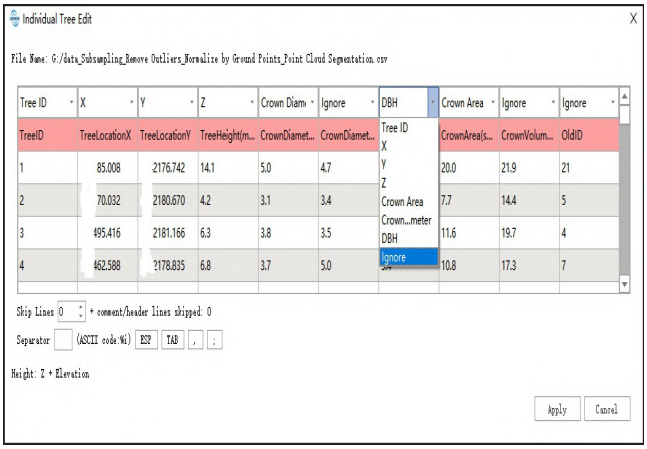
功能描述：点击“剖面图”按钮，开启剖面窗口，在点云所在窗口绘制一个六边形区域，该区域即为将要被编辑的单木点云区域。在剖面窗口上方出现单木点云编辑工具条，从左到右依次为：加载/移除编辑区域、保存、创建单木、合并单木、删除单木、重新分割/移除支撑杆、回退、重做、选择点、隐藏单木。



> 注意：1.在拾取六边形区域时请注意单木边界，截取不完整部分可能对结果造成影响，或者在编辑时尽量避免对边界进行修改。该模块下的编辑功能均不会对隐藏的单木产生效果，因此可以通过隐藏不想编辑的树，以避免对结果造成影响。 2.自5.0版本起，绘制剖面区域的方式修改为：单击鼠标左键、拖动、松开鼠标，即可完成剖面区域的绘制。

打开单木属性文件

功能描述：单木属性文件是单木分割后生成的CSV格式文件。需要注意的是，该功能默认识别并跳过表表头的若干行，若有需要也可以自行调整，在点击应用前应确保表头字段与CSV文件对应的列一致。

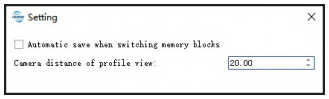


单木过滤

功能描述:在进行单木过滤操作前，需要先打开单木属性文件。该功能可以根据设置的参数范围，快速筛选出感兴趣单木。当启动过滤器时，编辑器主窗口会将场景内的被滤除的单木颜色设置为透明，而剖面窗口也会自动应用过滤器使编辑区域内的相应单木隐藏。目前有两种过滤模式，显示模式下符合筛选范围的树将保留显示，其他树会隐藏，隐藏模式下则效果相反。

设置

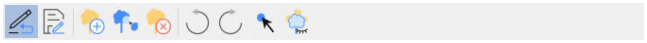
功能描述:包括剖面距离、自动保存等设置。



- 剖面距离：绘制剖面时，观察点到剖面窗口显示区域的距离，方便用户根据作业需要，按距离查看编辑区域或者编辑效果。例如对于机载林业，剖面距离可设置为数百米，而地基林业可设置为数十米。
- 自动保存:切换剖面区域时，是否自动保存编辑过的数据。

加载/移除编辑区域

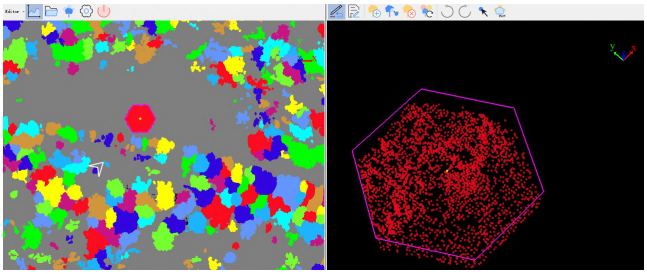
功能描述:点击“加载编辑区域”按钮，将六边形标定区域设定为待编辑区域。本次单木点云编辑操作所针对的数据即为该区域内数据。剖面窗口所有编辑工具为可用状态。此时，进入编辑状态，再次在主窗口中选择剖面区域，自动将选择区域内的数据，作为新的编辑数据。



点击“移除编辑区域”按钮，如果没有操作过单木点云，直接退出；如果操作过单木点云，提示用户是否保存点云数据，用户选择是将点云数据保存到文件中，同时可看到主窗口大数据点云已经相应修改，选择否直接退出正在编辑的单木点云，不做保存。

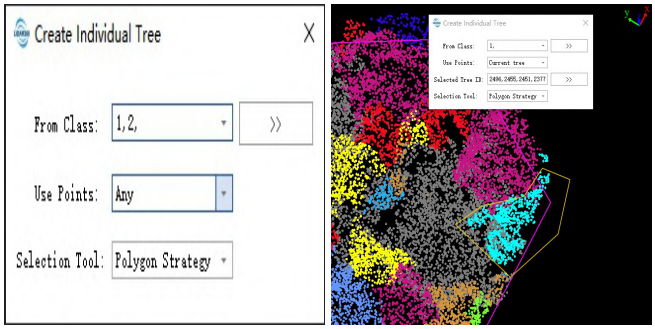
保存

功能描述：点击“保存”按钮，将修改后的单木点云数据保存到文件中，同时可看到主窗口大数据点云已经相应修改。保存后无法恢复，如有需要请先做好数据备份。



创建单木

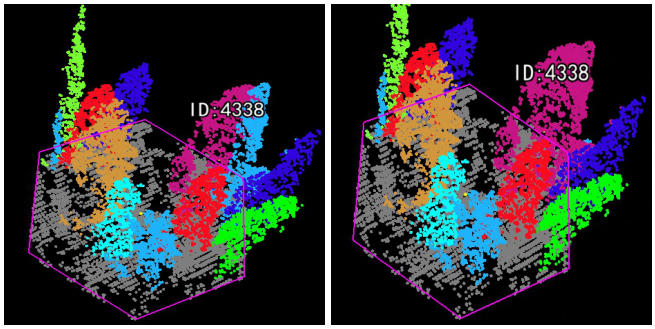
功能描述：该功能该功能可有效提取选择的点云，并设置为新的树ID。点击“创建单木”按钮，将会出现下图所示的窗口。类别下拉列表框选择将要创建单木点的类别，从过滤点下拉列表框选择参与点云分割的起始类别，默认选择全类别，从选择工具选择场景作业工具，默认为多边形选择，然后在剖面窗口选择区域，双击结束，可看到被选中的区域颜色发生变化，即为创建单木。该功能常常结合其他功能使用，例如为某一高度下的点创建新树ID再删除以移除地面部分，或者将选取内的单木创建为新的单木并使用针对于该单木的重新分割。



- 使用类别：只使用特定类别的点，可用于过滤地面点、建筑物点等。需要注意的是，树ID与类别无关，并不是分类为树木才有树ID。
- 使用点集：只使用特定树ID的点，避免对其他单木进行修改。有以下三个选项：
  - 任意：对所有可见点生效。
  - 当前单木：仅对列表里面选择的树ID对应的点云生效。选择该选项时，激活点选工具可拾取窗口中的树ID到输入列表，拾取完成后勾选“拾取种子点”切换回该功能。
  - 无树ID：仅对树ID为0的点生效。
- 选择工具：切换不同的选择工具选择区域内的点。

合并单木

功能描述：用于手动解决过分割问题。点击“合并单木”按钮，用鼠标在剖面窗口拾取，如果拾取到树ID不为0的树，在鼠标位置标记该树ID，此时，再拾取其他树，拾取到的其他树将被合并为第一次拾取到的单木，可看到在剖面窗口，这些被拾取到的单木的颜色将变为第一次拾取到的单木的颜色，鼠标右键结束拾取。

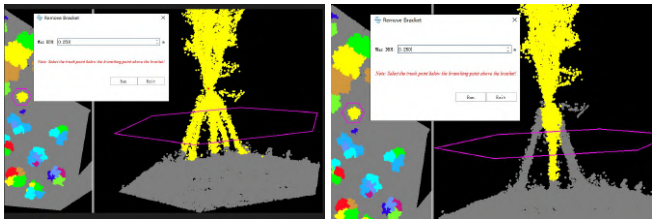


删除单木

功能描述：点击“删除单木”按钮，用鼠标在剖面窗口拾取，如果拾取到树ID不为0的树，将该树的ID标记为0，将该单木删除。

移除支撑杆

功能描述:该功能仅在地基林业下的单木点云编辑中，通过半自动交互移除树干的支撑杆。通过鼠标左键点击选择支撑杆以上分枝点以下的树干上的一个点作为参考点，对当前单木该点高度以下的点云进行处理，将支撑杆对应的点云的树ID设置为0。算法原理是主干和支干按高度同时生长，再移除生长的支干，因此，当支撑杆最低点高度和树干最低点高度一致时结果会更好。

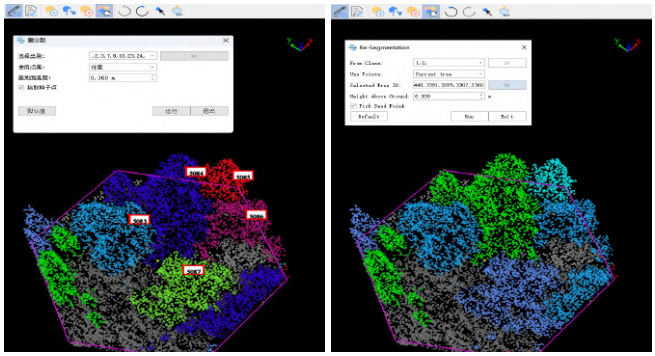


- 最大**DBH**：提取的树干的最大DBH，合适的DBH设置可更好地提取树干，该值偏小则提取的树干较细，该值偏大则支撑杆点云保留较多。当打开单木属性文件时，点击参考点时，输入框上显示的DBH会自动更新为文件中对应树的DBH略大的值。

重分割

功能描述:该功能仅在机载林业下的单木点云编辑中，通过半自动交互解决编辑区域内树木过分割、欠分割的问题。算法基于视图中拾取的种子点对点云进行空间搜索，一个种子点至多生成一棵单木。对于过分割，可拾取空间特征明显（和其他单木有一定距离且容易区分开，一般取树顶）的一个点作为种子点，空间上和该点联系密切的点将被归类为一棵新的单木。对于欠分割，则需要拾取多个种子点，在各个种子点位置通过同样的算法生成多棵单木。

点击“重分割”按钮后，会弹出功能对话框，设置相应参数后，在剖面视图用鼠标左键单击拾取点作为种子点，点击“执行”对编辑区域内的点云进行重新分割，分割后的单木树ID为大数据点云最大树ID顺次往上，该功能分割的单木不会保存到单木属性文件中。在使用该功能前可隐藏掉不需要分割的单木、设置使用类别和设置使用点集以获得更高精度的分割效果。



- 源类别：只使用特定类别的点，可用于过滤地面点、建筑物点等。需要注意的是，树ID与类别无关，并不是分类为树木才有树ID。
- 使用点集：根据选择的树ID的点集进行针对性编辑，常用于针对单个单木的欠分割或者针对多个单木的欠分割。使用点集有以下三个选项：
  - 任意：对所有可见点生效。
  - 无树**ID**：仅对树ID为0的点生效。
  - 当前单木：仅对列表里面选择的树ID对应的点云生效。选择该选项时，激活点选工具可拾取窗口中的树ID到输入列表，拾取完成后勾选“拾取种子点”切换回该功能。
- 最低高度：过滤最低高度以下的点，防止将地面上的点分割。当单木点云和地面低矮草丛灌木参差交错时，算法生成的单木会向下向外生长导致分割错误。将该参数设置为地面低矮草丛灌木高度以上时可有效避免这种现象。
- 拾取种子点: 在勾选状态下可拾取种子点，若切换“点选”、“量测”等工具时，该勾选框会自动取消勾选，此时可以在不退出该功能的情况下使用这些工具，若手动勾选可切换回拾取种子点模式。

回退

功能描述：点击“回退”按钮，撤销操作，系统支持最大撤销操作次数为20次，如果操作次数超过最大撤销次数，前面的操作将无法撤销。

重做

功能描述：点击“重做”按钮，重做操作，系统支持最大重做操作次数为20次，如果操作次数超过最大重做次数，前面的操作将无法重做。

点选

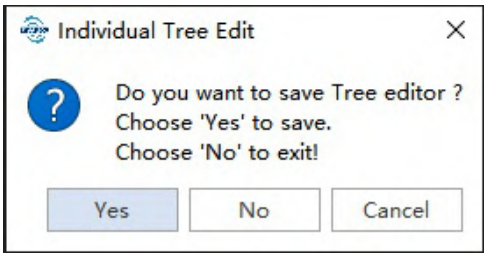
功能描述:点击“选择点”按钮，用鼠标在剖面窗口拾取点云，会显示该点的属性信息。

隐藏单木

功能描述:点击“隐藏单木”按钮，用鼠标在剖面窗口拾取点云，将该点对应的树ID的单木在场景中隐藏，被隐藏的单木可避免被修改。

退出

功能描述:点击“退出”按钮，如果没有操作过编辑区域，关闭剖面窗口，直接退出单木点云编辑功能；如果操作过编辑区域，提示用户是否保存数据，用户选择“是”将编辑区域数据保存到文件中，同时可看到主窗口大数据点云已经相应修改，选择“否”直接退出正在编辑的区域，不做保存；同时，关闭剖面窗口，退出单木点云编辑功能。



地基林业

地基林业模块用于地基或者背包激光雷达点云数据处理。

- 林业群体参数
  - 基于格网计算林业群体参数
  - 基于多边形计算林业群体参数
  - 按林分计算林业群体参数
  - 空间结构量化
  - 覆盖度原理
  - 孔隙率原理
  - 叶面积指数原理
- 点云分割
- 基于树干的单木分割
- 基于树枝和树干的单木分割
- 查看点云分割结果
- 基于种子点的单木分割
- 清除树ID
- 根据文件清除树ID
- 单木分割接边
- 按树ID提取点云
- 单木属性统计
- 单木报告
- 单木建模
- 树模型管理
- 提取树干（TLS）
- 生物量估算
- 生物量模型管理
- 匹配树位置
- TLS种子点编辑
- TLS单木点云编辑
- DBH量测
- 查看方位角和距离
- 林分分析与报告

林业群体参数

森林参数菜单包含基于格网计算林业群体参数、基于多边形计算林业群体参数和按林分计算林业群体参数，森林参数根据归一化的点云数据计算的，包括高度变量、强度变量、郁闭度、叶面积指数和间隙率。

- 基于格网计算林业群体参数
- 空间结构量化

基于格网计算森林群体参数（TLS）

功能概述

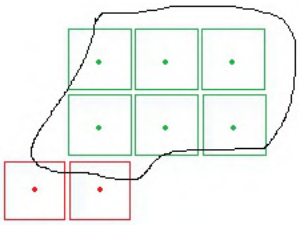
计算每个点云数据的森林参数，可计算孔隙率、覆盖度以及叶面积指数。每个点云数据都能生成一个CSV文件或tiff文件。

用法

点击地基林业 > 按格网计算森林参数

参数设置

- 兴趣范围（可选）：输入兴趣范围后，兴趣区域外的网格将不会进行输出。对tiff成果而言，兴趣区域外的网格将被赋值为NODATA值（空值）。如下图所示，假如黑色线条为兴趣区域，则红色格子将会被赋值为nodata，绿色格子将会被保留，因为红色格子的中心没在兴趣区域范围内。所有绿色格子的边界将会以矢量文件的形式输出到成果中。



- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 选择森林参数：支持间隙率、郁闭度以及叶面积指数。
- **XSize**（米）（默认为**“5”**）：X方向划分的格网大小。
- **YSize**（米）（默认为**“5”**）：Y方向划分的格网大小。
- 高度范围（米）（默认不勾选，**2**米至**25**米）：z值范围在此区间内的点云才参与运算，只有当勾选了覆盖度时生效。
- 格网大小设置：
  - 格网大小（米）（默认为**“0.25”**）：将统计单元内的点云划分三维网格的网格大小。
  - 系数（默认为**“2”**）：根据点云平均间距，自动计算统计单元内三维网格大小的系数因子。
- 输出路径：输出路径，运行后，每一个输入的点云数据文件都会生成一个对应TIFF文件或csv文件，可以在回归分析中作为自变量。

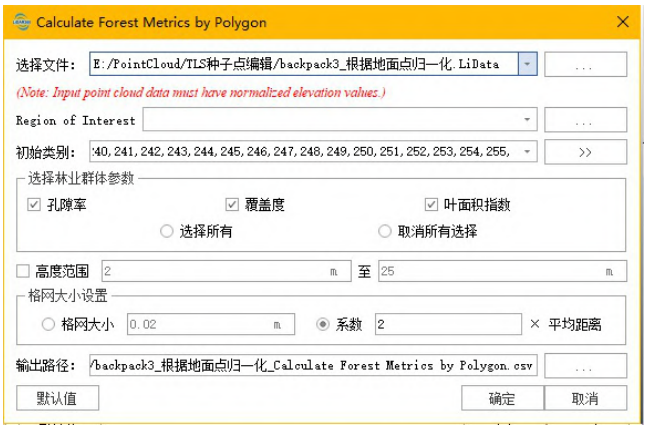
基于多边形计算格网计算森林群体参数（**TLS**）

功能概述

在多边形范围内计算点云数据的森林参数，可计算孔隙率、覆盖度以及叶面积指数，只会生成一个CSV文件。

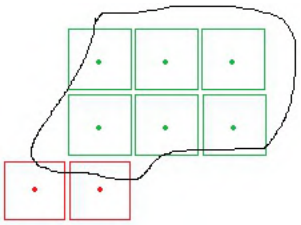
用法

点击地基林业 > 按多边形计算格网计算森林参数



参数设置

- 兴趣范围（必选）：输入兴趣范围后，格网中心在兴趣区域外的将不会进行计算。如下图所示，假如黑色线条为兴趣区域，则红色格子将不会被计算，绿色格子将会被计算，因为红色格子的中心没在兴趣区域范围内。



- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 选择森林参数：支持间隙率、郁闭度以及叶面积指数。
- 高度范围（米）（默认不勾选，**2**米至**25**米）：z值范围在此区间内的点云才参与运算，只有当勾选了覆盖度时生效。
- 格网大小设置：
  - 格网大小（米）（默认为**“0.25”**）：将统计单元内的点云划分三维网格的网格大小。
  - 系数（默认为**“2”**）：根据点云平均间距，自动计算统计单元内三维网格大小的系数因子。计算方式为：（格网大小 = 系数因子 * 点云平均间距）
- 输出路径：输出路径，运行后生成一个csv文件。CSV文件中包含点云的位置、点云名称以及计算出的森林参数。

按林分计算格网计算森林群体参数（TLS）

功能概述

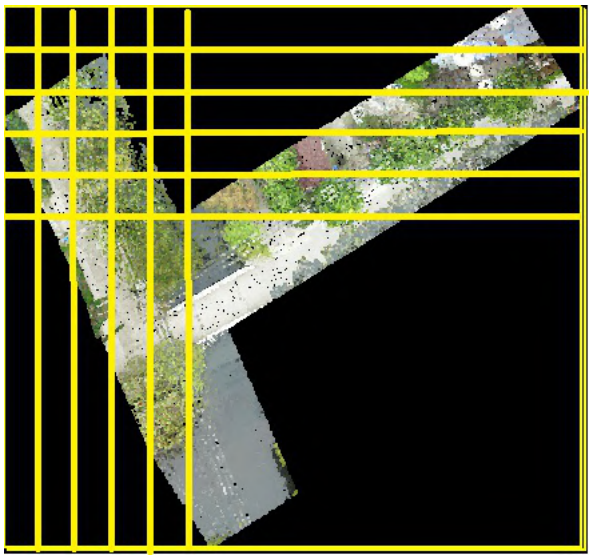
在林分范围内计算点云数据的森林参数，可计算孔隙率、覆盖度以及叶面积指数，只会生成一个CSV文件。

用法

点击地基林业 > 按林分计算格网计算森林参数

如图所示，每个点云都会沿着XYZ方向上被黄色格网进行划分（未显示Z方向），其中有的格子含有点云而有的格子中不含点云，但二者都会参与统计，因为空格子也算是此数据锁代表的林分的一部分。

参数设置



- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 选择森林参数：支持间隙率、郁闭度以及叶面积指数。

- 高度范围（米）（默认不勾选，**2**米至**25**米）：z值范围在此区间内的点云才参与运算，只对覆盖度生效。
- 格网大小设置：
  - 格网大小（米）（默认为**“0.25”**）：将统计单元内的点云划分三维网格的网格大小。
  - 系数（默认为**“2”**）：根据点云平均间距，自动计算统计单元内三维网格大小的系数因子。计算方式为：（格网大小 = 系数因子 * 点云平均间距）
- 输出路径：输出路径，运行后生成一个csv文件。CSV文件中包含点云的位置、点云名称以及计算出的森林参数。

空间结构量化

功能概述

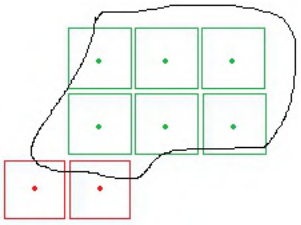
计算每个点云数据目标区域植被的三维空间结构。以已经间隔对三维点云结构进行格网，然后根据每个横切面的面积占比或者点数占比来表征植被空间配置结构的优劣。

用法

点击地基林业 > 空间结构量化

参数设置

- 兴趣范围（可选）：输入兴趣范围后，兴趣区域外的网格将不会进行输出。对tiff成果而言，兴趣区域外的网格将被赋值为NODATA值（空值）。如下图所示，假如黑色线条为兴趣区域，则红色格子将会被赋值为nodata，绿色格子将会被保留，因为红色格子的中心没在兴趣区域范围内。所有绿色格子的边界将会以矢量文件的形式输出到成果中。



- 输入数据：请确保每一个输入的点云数据都是归一化的数据；输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：选择哪些类别参与计算。
- **XSize**（米）（默认为**“5”**）：X方向划分的格网大小。
- **YSize**（米）（默认为**“5”**）：Y方向划分的格网大小。
- 垂直步长（米）（默认为**“0.2”**）：将统计单元内的点云划分三维网格的网格大小。
- 方法：
  - 面积（默认为**“平均值”**）：统计每个垂直切面中植被的面积占比，根据植被面积占比的大小，对每个切面进行0-1的赋值，比如植被占比0%、0%-20%、20%-40%、40%-60%、60%-80%、80%-100%分别赋值0、0.2、0.4、0.6、0.8、1。最所有赋值进行加和或者算所有赋值的平均值。
  - 点数：统计每个垂直切面中植被的点数占比进行赋值。

- 输出路径：可以选择tiff或者csv作为输出。运行后，每一个输入的点云数据文件都会生成多个对应TIFF文件或者一个csv文件。

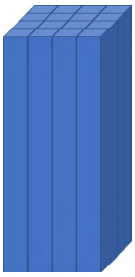
覆盖度

功能描述

覆盖度也叫“植被覆盖度”，指植被在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比。植被覆盖度是衡量地表植被状况的一个重要指标，是描述生态系统的重要基础数据，也是区域生态系统环境变化的重要指示，对水文、生态、区域变化等研究都具有重要意义。

原理描述

对于每一统计单元，首先根据设置的格网间距构建三维体柱。然后根据构建的体柱，统计体柱的总数及包含高度大于某一阈值激光点的体柱数量，计算覆盖度。



$$C = N/N_{total}$$

其中，C 为覆盖率，N 为体柱中最高点云高度高于 一个阈值的体柱个数，N_{total} 为总的体柱个数。

孔隙率

功能描述

孔隙率是光线透过冠层未被拦截到达地表的概率，是描述冠层结构和生物量空间分布的关键变量。 冠层分布越密集，孔隙率越小。孔隙率的范围在0.0~1.0之间。

原理描述

对于每一统计单元，首先根据设置的格网间距构建三维网格。然后根据构建的三维网格，统计每一层内三维网格的总数及包含激光点的网格数量，计算每一层激光点的频率。

$$N(s) = \frac{n_I(s)}{n_T(s)}$$

其中，$N(s)$为第 *s* 层激光点频率，$n_I(s)$为第 *s* 层包含激光点的格网总数，$n_T(s)$ 为第 *s* 层的三维格网总数 然后计算第 *s* 层的孔隙率：

$$G(s) = 1 - N(s)$$

最后，将各层的孔隙率累加，得到整个统计单元内的孔隙率：

$$G = \sum_{s=1}^{n} G(s) = \sum_{s=1}^{n} \left(1 - \frac{n_I(s)}{n_T(s)}\right)$$

叶面积指数

功能描述

叶面积指数是表征植被冠层结构最基本的参量之一，定义为单位地表面积上所有叶片面积。

原理描述

根据Li等(Li et al.,2016)开发的算法，对于每一统计单元，首先根据点云的平均点间距，以1.5倍点云平均点间距构建三维网格。然后根据构建的三维网格，统计每一层内三维网格的总数及包含激光点的网格数量，计算每一层激光点的频率。

$$\mathrm{N}(s) = \frac{n_I(s)}{n_T(s)}$$

其中， $\mathrm{N}(s)$ 为第s层激光点频率， $n_I(s)$ 为第s层包含激光点的格网总数， $n_T(s)$ 为第s层的三维格网总数 然后计算第s层的叶面积指数：

$$\mathrm{l}(s) = \alpha(\theta)\mathrm{N}(s)$$

其中， $\alpha(\theta)$ 为叶片倾斜度改正因子，通常设为1.1。 最后，将各层的叶面积指数进行累加，得到整个统计单元内的叶面积指数

$$\mathrm{LAI} = \sum_{s-1}^{n} l(s) = 1.1 * \sum_{s-1}^{n} \frac{n_I(s)}{n_T(s)}$$

点云分割

功能概述

不同于机载激光雷达点云自上而下的分割方法，地面激光雷达点云通常是从冠层下面获取的，因此可以清晰地识别树干，并以此分割出单木(Tao et al., 2015)。在这种情况下，可以测量出单木胸径这一属性。

用法

点击地基林业 > 点云分割。

参数设置

- 输入数据：输入数据必须是归一化后的点云数据，归一化的方法请参考归一化或根据地面点归一化。输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 选择类：参与点云分割的起始类别，默认选择全类别。
- 聚类阈值（米）（默认为**“0.2”**）：用户通过调节该参数可控制单木分割效率和精度。该值控制单木 探测与单木冠层点云生长。聚类阈值越大，单木分割效率越高，但过大会影响分割效果。
- 最小聚类点数（默认为**“500”**）：该值主要影响单木冠层点云生长。设置点数越小，分割效果越好，速度越慢，反之亦然。
- 高于地面点高度（米）（默认为**“0.3”**）：高于该值的点云才参与单木分割。该参数用于减弱地表点云厚度或杂草对单木分割效果的影响。该值设置过大，会影响探测树木杆径的准确度。
- 最小树高（米）（默认为**“2”**）：参数可根据当地树木的长势所定，可用来过滤小树。
- 树干高度（米）（默认为**“1.6”**）：算法会截取 高于地面点高度 到 树干高度 范围内的点云进行树干探测，作为树木生长的起始点云。建议该参数设置在枝下高位置。
- 优化单木分割结果的显示配色（默认选中）：通过重新排列单木分割后的ID信息，能够极大程度解决相邻树木赋同一颜色问题。
- 输出文件类型：选择输出文件的类型，可选项包括CSV表格文件和树属性文件。
- 输出路径：运行后，每个点云数据将生成对应的分割结果，分割结果是逗号分隔的CSV表格或树属性文件，其中包含树木ID、x、y坐标位置、树高、胸径、冠幅直径、冠幅面积、冠幅体积属性，可参考附录中的地基点云单木分割结果文件格式，查看分割结果的方法请参考查看点云分割结果。
- 默认值：将参数设置恢复为默认值。

```
   @inproceedings{
       author={Tao S L, Wu F F, Guo Q H, Wang Y C, Li W K, Xue B L, Hu X Y, Li P, Tian D, Li C,Yao H, Li Y M, Xu G C
and Fang J Y},
       title={Segmentation tree crowns from terrestrial and mobile LiDAR data by exploring ecological theories},
       booktitle={ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,110:66-76},
```

```
        year={2015}
    }
```

基于树干的单木分割

功能概述

不同于点云分割，此功能将点云分割分为“树干提取”和“点云分割”两个步骤分别进行。第一步利用深度学习提取树干。(López Serrano et al., 2022)。第二步将树干作为种子点生长出其余树冠。相较于TLS点云分割而言此方法受到灌丛的影响更小，提取出的树干颗数更准确。针对DBH在10CM以上的人工林提取效果最好。

用法

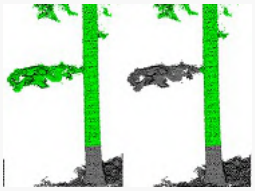
点击地基林业 > 基于树干的单木分割。

参数设置

- 输入数据：输入数据必须是归一化后的点云数据，归一化的方法请参考归一化或根据地面点归一化。输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：参与点云分割的起始类别，默认选择全类别。
- 树干提取：树干提取时必须进行的步骤。
  - 目标类别（默认为**“23”**）：分割后的树干将被标记为此类别。
  - 高于地面点高度（米）（默认为**“0.3”**）：高于该值的点云才参与树干提取。该参数用于减弱地表点云厚度或杂草对单木分割效果的影响。该值设置过大，会影响探测树木杆径的准确度。
- 分割（默认为**“勾选”**）：勾选分割后，树干将只会分割至5.0m。
  - 目标类别（默认为**“24”**）：分割后的树冠将被标记为此类别。
  - 聚类阈值（米）（默认为**“0.2”**）：用户通过调节该参数可控制单木分割效率和精度。该值控制单木 探测与单木冠层点云生长。聚类阈值越大，单木分割效率越高，但过大会影响分割效果。
  - 起始分割高度（米）（默认为**“1.0”**）：高于该值的点云才参与树冠分割。这一高度以下的树干点仍然保留。该参数用于进一步减弱点云厚度或杂草对单木分割效果的影响。该值设置过大，则低矮的树冠无法参与分割，这将影响枝下高的判别。若设置过小，则无法有效减弱灌丛对分割结果的影响。
- 优化单木分割结果的显示配色（默认选中）：通过重新排列单木分割后的ID信息，能够极大程度解决相邻树木赋同一颜色问题。

- 输出路径：运行后，每个点云数据将生成对应的分割结果，分割结果是逗号分隔的CSV表格，其中包含树木ID、x、y坐标位置、树高、胸径、冠幅直径、冠幅面积、冠幅体积属性，可参考附录中的地基点云单木分割结果文件格式，查看分割结果的方法请参考查看点云分割结果。
- 默认值：将参数设置恢复为默认值。

参数对结果的影响：

参数	效果
高于地面点高度	
起始分割高度	

```
    @inproceedings{
        author={López Serrano et al., 2022 F.R. López Serrano, E. Rubio, F.A. García Morote, M. Andrés Abellán, M.I. Picazo Córdoba, F. García Saucedo, E. Martínez García, J.M. Sánchez García, J. Serena Innerarity, L. Carrasco Lucas, O. García González, J.C. García González},
        title={Artificial intelligence-based software (AID-FOREST) for tree detection: A new framework for fast and accurate forest inventorying using LiDAR point clouds},
        booktitle={Int J Appl Earth Obs Geoinf., 113 (2022), Article 103014},
        year={2022}
    }
```

基于树枝和树干的单木分割

功能概述

此功能在基于树干单木分割的基础上进一步分出了树枝。[基于树干单木分割]只提取树干到目标类别；此功能提取树干和树枝到目标类别， 适用于树木主干不清晰的南方树种。

用法

点击地基林业 > 基于树枝和树干的单木分割。

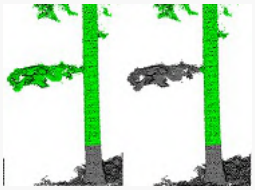
参数设置

- 输入数据：输入数据必须是归一化后的点云数据，归一化的方法请参考归一化或根据地面点归一化。输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 初始类别：参与点云分割的起始类别，默认选择全类别。
- 树干提取：树干提取时必须进行的步骤。
  - 目标类别（默认为**“23”**）：分割后的树干和树枝将被标记为此类别。
  - 高于地面点高度（米）（默认为**“0.3”**）：高于该值的点云才参与树干提取。该参数用于减弱地表点云厚度或杂草对单木分割效果的影响。该值设置过大，会影响探测树木杆径的准确度。
- 分割（默认为**“**勾选**”**）：勾选分割后，树干将只会分割至5.0m。
  - 目标类别（默认为**“23”**）：分割后的树冠将被标记为此类别。
  - 聚类阈值（米）（默认为**“0.2”**）：用户通过调节该参数可控制单木分割效率和精度。该值控制单木 探测与单木冠层点云生长。聚类阈值越大，单木分割效率越高，但过大会影响分割效果。
  - 起始分割高度（米）（默认为**“1.0”**）：高于该值的点云才参与树冠分割。这一高度以下的树干点仍然保留。该参数用于进一步减弱点云厚度或杂草对单木分割效果的影响。该值设置过大，则低矮的树冠无法参与分割，这将影响枝下高的判别。若设置过小，则无法有效减弱灌丛对分割结果的影响。
- 优化单木分割结果的显示配色（默认选中）：通过重新排列单木分割后的ID信息，能够极大程度解决相邻树木赋同一颜色问题。
- 输出路径：运行后，每个点云数据将生成对应的分割结果，分割结果是逗号分隔的CSV表格，其中包含树木ID、

x、y坐标位置、树高、胸径、冠幅直径、冠幅面积、冠幅体积属性，可参考附录中的地基点云单木分割结果文件格式，查看分割结果的方法请参考查看点云分割结果。

- 默认值：将参数设置恢复为默认值。

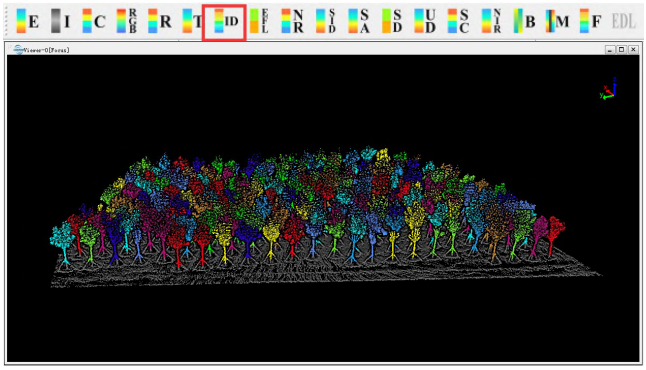
参数对结果的影响：

参数	效果
高于地面点高度	
起始分割高度	

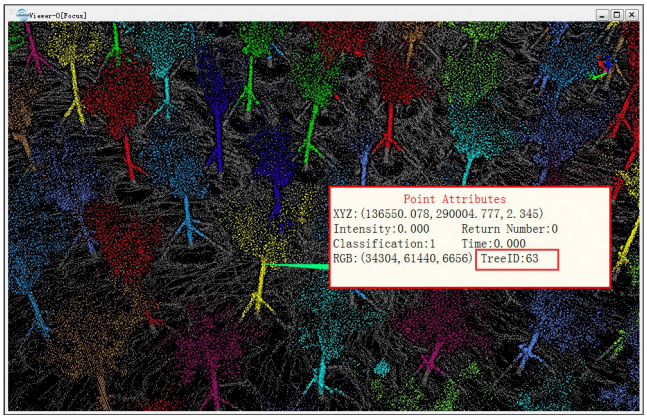
```
    @inproceedings{
        author={López Serrano et al., 2022 F.R. López Serrano, E. Rubio, F.A. García Morote, M. Andrés Abellán, M.I. Picazo Córdoba, F. García Saucedo, E. Martínez García, J.M. Sánchez García, J. Serena Innerarity, L. Carrasco Lucas, O. García González, J.C. García González},
        title={Artificial intelligence-based software (AID-FOREST) for tree detection: A new framework for fast and accurate forest inventorying using LiDAR point clouds},
        booktitle={Int J Appl Earth Obs Geoinf., 113 (2022), Article 103014},
        year={2022}
    }
```

查看点云分割结果

基于点云数据分割单木后，树木ID信息将保存在LiData文件中，可在窗口查看分割结果。将分割过的点云数据加载到3D窗口中，确保该窗口处于激活状态，并在颜色条工具栏中选择“按树ID显示”按钮，分割后的单木将被赋予随机的颜色，下图是单木分割效果显示。可以通过TLS编辑中的剖面图工具查看单木分割效果，并通过人工增加或删除种子点改善分割效果。

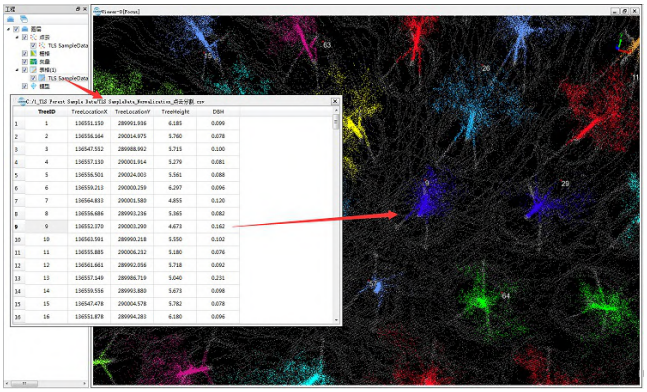


通过工具栏的单点选择工具（ ）可以查询每个点的树ID属性。



单木分割生成的CSV文件可以与点云叠加显示，将CSV文件按表格打开，如下图，分别选择X、Y、Z对应的列为CSV表格中的TreeLocationX、TreeLocationY、TreeHeight，并勾选显示标签（如果标签文字过多，遮挡其它数据，影响显示效果，可以先移除数据，再次打开的时候，不勾选显示标签），点击应用，可在软件中打开CSV文件。 为了查看胸径提取效果，也可以选择将CSV按圆显示，并选择DBH为圆的直径。

在CSV文件名上点击鼠标右键，选择打开属性表，可以查看单木属性信息，在每一行的任意位置双击鼠标左键，可以跳转到对应位置。



TLS基于种子点的单木分割

功能概述

该功能支持多个文件批处理，输入数据为归一化的点云数据和对应的种子点文件，地基数据归一化的方法与机载数据归一化的方法相同，请参考归一化或根据地面点归一化。种子点文件可以通过TLS编辑部分的批量提取DBH工具获取。需要注意的是，不同于ALS基于种子点单木分割，TLS基于种子点单木分割会利用到种子点DBH值，算法会根据种子点的三维坐标搜索DBH半径范围内的点或最近的点作为初始的种子点簇进行后续分割。此若没有DBH值，请在对应字段设置为0。格式参考TLS种子点文件格式。

用法

地基林业 >基于种子点的单木分割

参数设置

- 选择类：参与单木分割的起始类别，默认选择全类别。
- 点云文件：点击 ... ，选择待处理点云数据。
- 种子点文件：点击 ... ，选择点云数据对应的种子点文件。
- ：默认可以处理五个数据，点击 增加待处理文件数量。
- ：删除选中的点云和对应的种子点文件。
- ：清空文件列表。
- 聚类阈值（米）（默认为**“0.2”**）：用户通过调节该参数可控制单木分割效率和精度。聚类阈值越大，单木分割效率越高，但过大会影响分割效果。
- 最小聚类点数（默认为**“500”**）：该值主要影响单木冠层点云生长。设置点数越小，分割效果越好，速度越慢，反之亦然。
- 高于地面点高度（米）（默认为**“0.3”**）：高于该值的点云才参与单木分割。该参数用于减弱地表点云厚度或杂草对单木分割效果的影响。该值设置过大，会影响探测树木杆径的准确度。
- 最小树高（米）（默认为**“2”**）：参数可根据当地树木的长势所定，可用来过滤小树。
- 优化单木分割结果的显示配色（默认选中）：通过重新排列单木分割后的ID信息，能够极大程度解决相邻树木赋同一颜色问题。注：勾选优化配色后，新生成的单木分割csv文件中的ID与输入种子点ID不严格对应。
- 输出文件类型：选择输出文件的类型，可选项包括CSV表格文件和树属性文件。
- 输出路径：输出路径，运行后，每个点云数据将生成对应的分割结果，分割结果是逗号分隔的CSV表格或树属性文

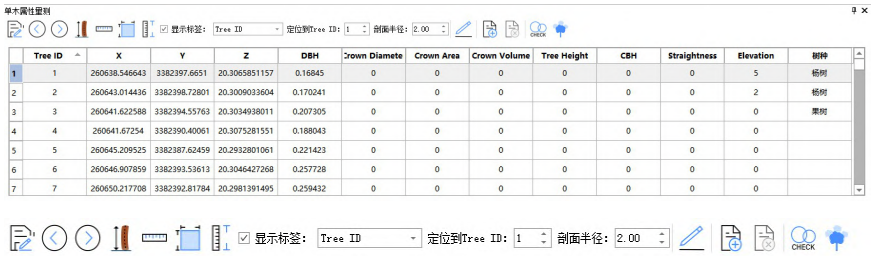
件，其中包含树木ID、x、y坐标位置、树高、胸径、冠幅直径、冠幅面积、冠幅体积属性，可参考附录中的地基点云单木分割结果文件格式，查看分割结果的方法请参考查看点云分割结果。

- 默认值：将参数设置恢复为默认值。

单木属性量测

功能概述

功能描述：点击此按钮，可以开启剖面窗口对单木属性进行量测，包括树高、枝下高及树木直度等属性，并可保存编辑后的单木属性信息文件。当开启单木属性编辑状态时，窗口种子点发生改变时，单木属性表信息不发生更新，如需更新，应关闭再重新打开。当打开全景窗口时，双击种子点的所在的行头，支持跳转到对应的种子点，同时全景视口朝向种子点。



	Tree ID	X	Y	Z	DBH	Crown Diamete	Crown Area	Crown Volume	Tree Height	CBH	Straightness	Elevation	树种
1	1	260638.546643	3382397.6651	20.3065851157	0.16845	0	0	0	0	0	0	5	杨树
2	2	260643.014436	3382398.72801	20.3009033604	0.170241	0	0	0	0	0	0	2	杨树
3	3	260641.622588	3382394.55763	20.3034938011	0.207305	0	0	0	0	0	0	0	果树
4	4	260641.67254	3382390.40061	20.3075281551	0.188043	0	0	0	0	0	0	0	
5	5	260645.209525	3382387.62459	20.2932801061	0.221423	0	0	0	0	0	0	0	
6	6	260646.907859	3382393.53613	20.3046427268	0.257728	0	0	0	0	0	0	0	
7	7	260650.217708	3382392.81784	20.2981391495	0.259432	0	0	0	0	0	0	0	

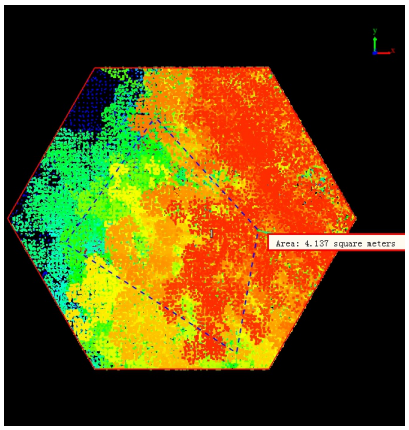
：点击此按钮，对所编辑的单木属性信息保存成csv格式文件。

：此工具需要在剖面窗口模式下使用，跳转到当前双击所选单木信息条目的前一单木信息，剖面窗口同时显示所跳转的单木点云，也可使用快捷键←向前跳转。

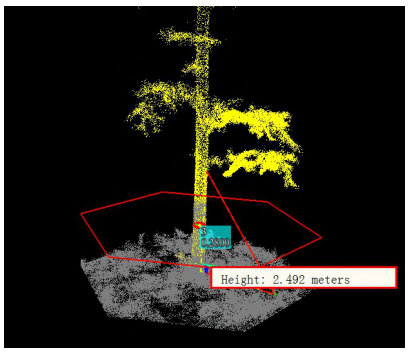
：此工具需要在剖面窗口模式下使用，跳转到当前双击所选单木信息条目的后一单木信息，剖面窗口同时显示所跳转的单木点云，也可使用→快捷键向后跳转。

：长度量测工具，在剖面窗口可量测树高等相关信息。

：面积量测工具，在剖面窗口可量测树冠面积，树冠直径等相关信息。树冠直径的获取可以通过先量测树冠面积，再利用面积量测公式$S=\pi r^2$，求出树冠直径$2r$。



：高度量测工具，在剖面窗口可量测树高，枝下高等相关信息。



：开始编辑，开始编辑后可对支持编辑的字段进行编辑，同时支持选中后单击右键进行统一编辑。

：添加字段，在属性表中增加扩展字段，支持整数、实数、文本、日期、枚举等类型。

：删除字段，删除增加的扩展字段。

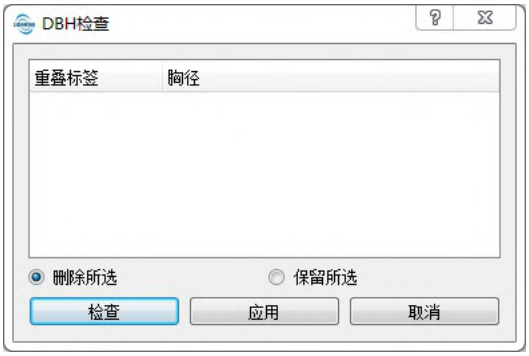
- 剖面半径：对剖面窗口内六边形半径进行调节。
- 显示标签：对显示的种子点标识进行调整，可以在场景中显示单数属性量测中的任何一列信息，同时控制种子点标识是否显示。
- 定位到树**ID**：跳转到对应树ID的种子点位置，如打开剖面则剖面点云跳转到对应种子点附近，打开全景窗口时，跳转到对应的全景照片。

> 注意：进行单木属性量测之前，需要保证窗口内包含种子点。另外对表格相关数据没有刷新现象，可以采用选中单元格右键或者利用F5快捷键刷新相关表格数据。

DBH检查

CHECK 功能描述：DBH检查工具用于检查DBH是否存在交叉或重叠情况。用户可通过双击或右键查看检查出的DBH，通过右键或选中删除错误的DBH。

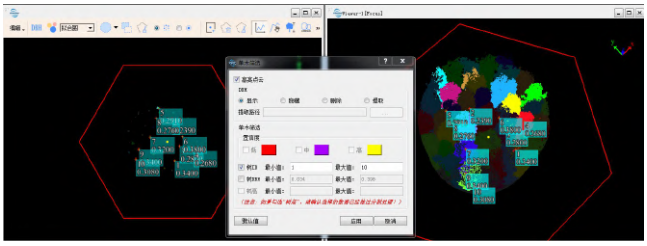
该功能开启后如下图：



单木筛选

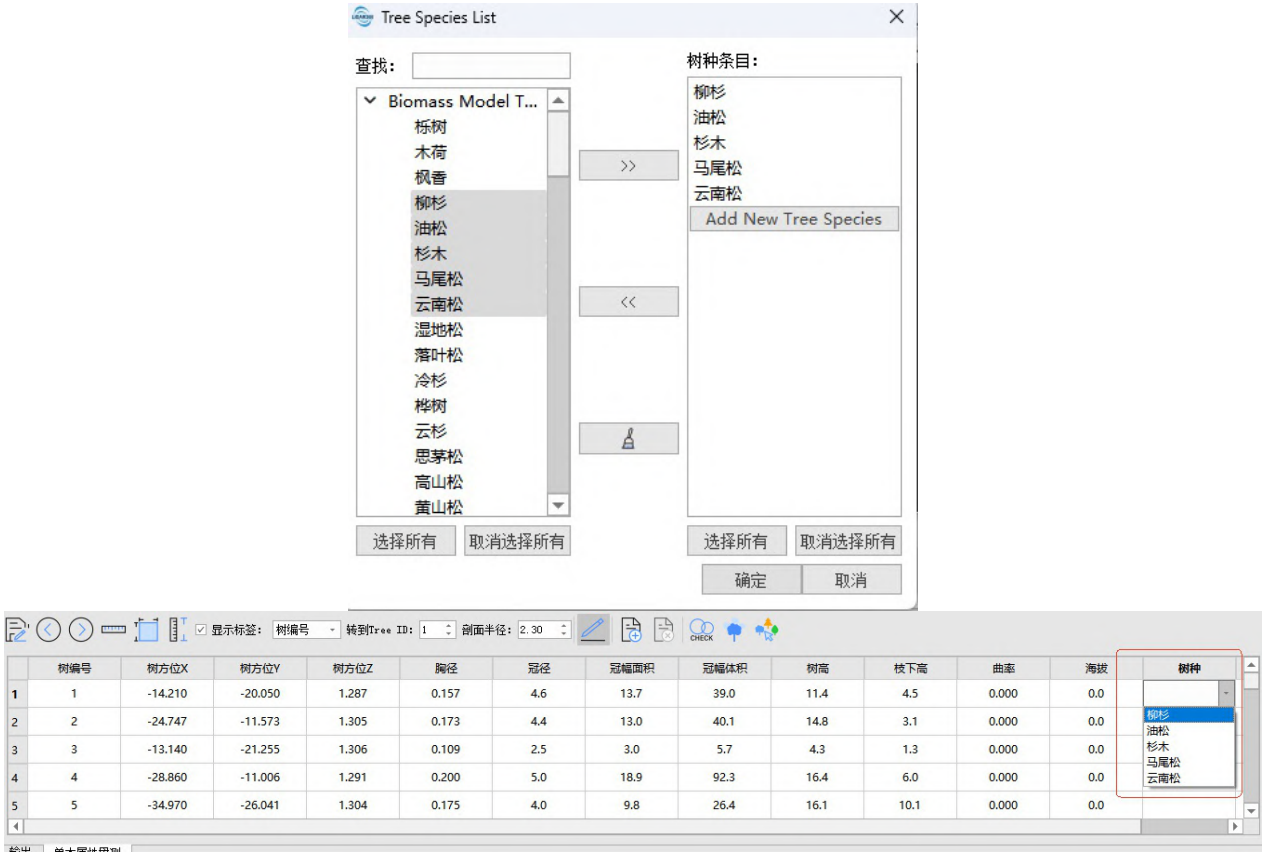
功能描述：单木筛选工具用于对DBH拟合结果或单木分割结果进行检查与编辑。根据筛选范围可对DBH拟合结果进行显示、隐藏、删除与提取操作，对单木分割后的点云进行高亮显示操作。筛选操作包括：按置信度筛选、按树ID范围筛选、树木DBH筛选以及按树高范围筛选等操作。其中，按置信度筛选只适用于批量拟合DBH后；按树高筛选只适用于单木分割操作后。

如下图：点云数据进行单木分割后，按树ID筛选点云，设置最小值和最大值分别为1和10，位于该范围内的点云将高亮显示。



树种列表

功能描述：树种列表工具用于对候选树种进行编辑。候选树种可以用于在编辑树种的时直接下拉菜单进行选择。例如经过下图编辑了树种列表后，就能在编辑树种时方便进行选择。



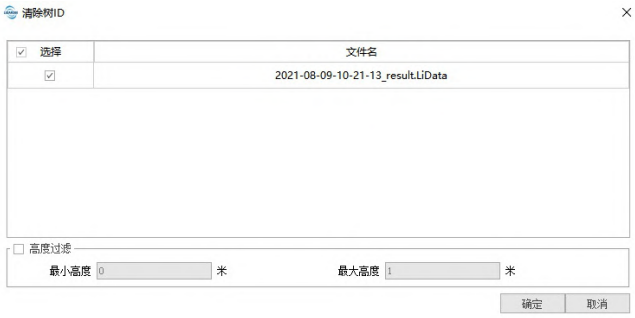
清除树**ID**

功能概述

点云分割之后，树木ID信息将保存在LiData文件中，如果需要再次对点云进行分割，需要先清除树ID信息。

用法

点击地基林业 > 清除树*ID*。



选择待处理的点云数据，点击确定。

参数设置

- 按高度过滤：是否按高度过滤，若勾选此选项，则会清除最小高度和最大高度之间的点的树ID信息，若不勾选此选项，则会清除所有点的树ID信息。
- 最小值（默认为**“0”**）：清除树ID的最小高程。
- 最大值（默认为**“1”**）：清除树ID的最大高程。

注意

勾选高度过滤后，并不重新统计点云的树ID信息，只是删除高度范围内的点的树ID属性。若要重新进行点云分隔，需不勾选按高度过滤选项。

根据文件清除树**ID**

功能概述

点云分割之后，可能存在错误分割的树，错分树木对应的ID可通过CSV文件进行记录，然后利用该CSV文件清除点云中错分的树木。

用法

点击地基林业 > 根据文件清除树*ID*。

选择待处理的点云数据，点击确定。

按树**ID**提取点云

功能概述

该功能用于从已分割过的点云中提取部分或所有点云，以供其它软件使用。提取到一个文件中，可选的数据格式包括LiData、CSV和LAS数据格式，提取到多个文件仅支持CSV数据格式。

用法

点击地基林业 > 按树*ID*提取点云。

参数设置

- 选择文件：从选择文件的下拉列表中选择要提取树ID信息的点云数据；每次只能选择一个文件；该文件需要已经在LiDAR360软件中打开。
- 最小值（默认为**“0”**）：提取树ID的最小值，默认为0。
- 最大值：提取树ID的最大值，默认为点云中的树木棵数；如果点云未被分割过，则树木ID的最小值和最大值均为0。
- 按范围提取**/**通过**CSV**文件提取：提取所选treeID范围内的点云。treedID的范围来源可以是手动输入或从单木属性文件中读取。
- 取到一个**/**多个文件（默认一个）：将点云提取到一个文件中，文件格式可以选择CSV、Las和LiData。导出的信息包含X、Y、Z坐标、树ID信息及其他属性信息。
- 输出路径：按树ID提取的点云存放路径。

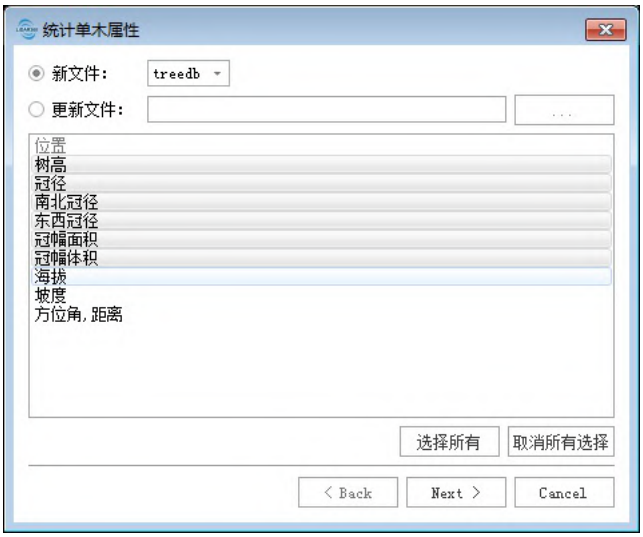
统计单木属性

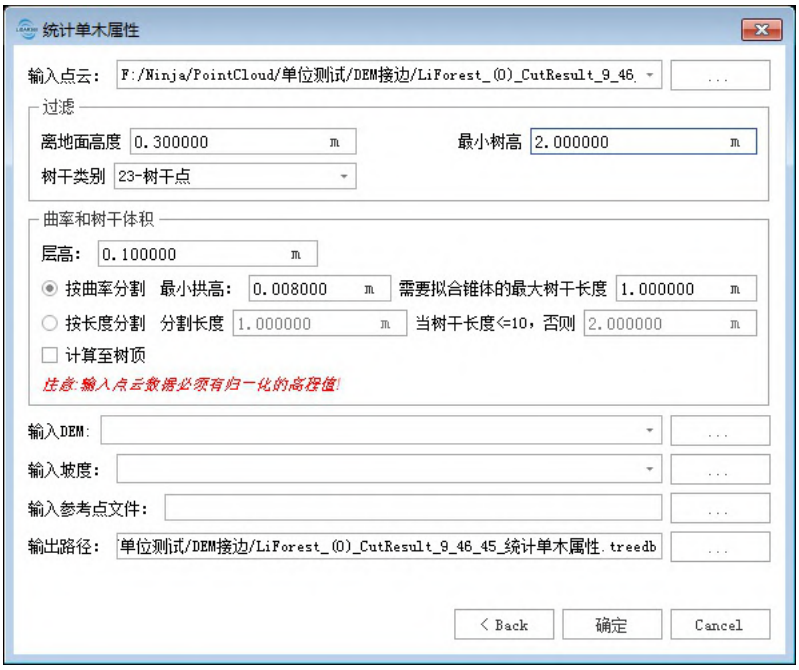
功能概述

该功能主要用于对已经执行过归一化和单木分割的点云进行属性统计和属性扩展并生成单木属性文件。可以生成新文件或更新已有文件。

用法

点击地基林业 > 统计单木属性。





参数设置

该参数分成两页，第一页选择目标文件和需要统计的属性，第二页对具体的统计参数进行设置。

- 第一页
  - 新文件：生成新的单木属性文件，具体文件格式可参考地基点云单木分割结果文件格式。
  - 更新文件：对已有的单木属性文件进行更新，与“新文件互斥”。若属性文件中不含有所选属性则会进行额外添

加。
    - 属性选择：需至少选择一个需要统计的单木属性。
- 第二页
    - 打开点云： 选择需要进行统计的点云，该点云需要执行过单木分割。
    - 高于地面点高度（米）（默认为**“0.3”**）：只统计高于此高度的点云。
    - 最小树高：只统计树高大于此值的单木。
    - 曲率和树干体积：只有当选择了树干弯曲度、切割分析、树干体积的时候才会显示此项。参数可参考树干弯曲度计算。
    - 输入**DEM**（可选）：选择了“高程”统计项时出现此项。
    - 参考点文件：参考点文件是逗号分隔的文本文件，共有两行，包含三个字段：X,Y,Radius；X、Y为参考点位置，Radius为半径。若输入参考点文件，则计算以参考点为中心，一定半径范围内的树木的方位角（Azimuth）和距离（Distance），然后作为扩展属性添加到单木属性文件中。
    - 坡度文件：选择了“坡度”时出现此项。坡度文件是tiff格式的文件。若输入坡度文件，则从该文件中取得树木位置所在的坡度，并作为扩展属性添加到单木属性文件中。
    - **DEM**文件：选择了“高程”时出现此项。DEM文件是tiff格式的文件。若输入DEM文件，则从该文件中取得树木位置所在的地面点高度值，并作为扩展属性添加到单木属性文件中。

下表为参考点文件示例：

```
X,Y,Radius
322716.24,4102494.69,15.0
```

下表为单木属性文件示例：

```
TreeID, TreeLocationX, TreeLocationY
1, 322716.24, 4102494.69
2, 322751.21, 4102499.9
3, 322519.35, 4102499.3
```

下表为输入了“参考点文件”并执行统计后的单木属性文件示例（以csv为例）：

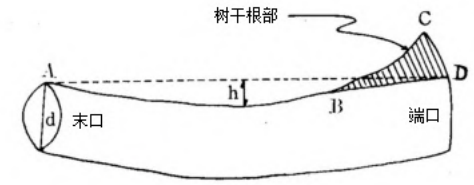
```
TreeID, TreeLocationX, TreeLocationY, Azimuth, Distance
1, 322716.24, 4102494.69, 36.165, 8.982
2, 322751.21, 4102499.9, 41.282, 4.491
3, 322519.35, 4102499.3, 32.008, 4.708
```

树干弯曲度计算

功能概述

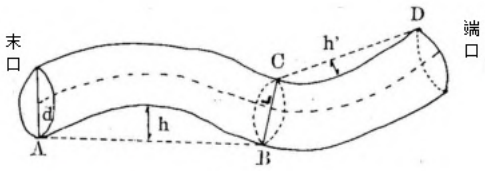
该功能计算单木树干弯曲度。此功能首先按照层高将树干形态简化为一条B样条曲线，然后按照拐点或者指定长度将树干进行切分（切割分析），最后将各个部分整合然后进行体积计算。输出成果包含弯曲度、体积和各个切割段。弯曲度计算公式来源参考《製材原木の曲がりについて》

单段立木弯曲度计算原理如下图所示，弯曲度为该段立木的最大矢高与末口的dbh之比。端口为靠近树干根部的切割位置，末口为靠近树梢的切割位置。



$$\text{弯曲度}\% = \frac{h}{d} \times 100$$

多弯曲立木的弯曲度计算原理如下图所示：树干中的虚线表示树干曲线，CB为拐点处切割线。AB为最大内曲弦，通常是连接该段树干表面的末口和端口形成的。CD同理，为另一段树干的最大内曲弦。同一棵树可能含有一个或多个最大内曲弦。则弯曲度由下面公式计算。



$$\text{弯曲度}\% = \frac{h+h'}{d} \times 1.5 \times 100$$

参数设置

- 输入数据：输入数据必须是归一化且单木分割后的点云数据，归一化的方法请参考归一化或根据地面点归一化。输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 单木属性文件：输入数据为相应点云的单木属性文件，支持treedb或csv。csv文件是逗号分隔的CSV表格，须至少包含两个字段：TreeLocationX、TreeLocationY,具体文件格式可参考地基点云单木分割结果文件格式。
- 树干类别（默认为**“23”**）：点云中所含有的树干的类别。算法首先会按照该类别提取树干。
- 高于地面点高度（米）（默认为**“0.3”**）：只统计高于此高度的点云。
- 层高：根据层高对树干进行切层并将树干形态简化为一条B样条曲线。
- 最小矢高（米）（默认为**“0.008”**）：矢高小于此值将被认为是噪声。实际操作时，用该阈值对树干形成的B样条曲线形态进行道格拉斯简化。
  - 切分方式：
  - 自动切分：将拟合好的树干曲线的拐点作为切分点进行自动切割。
  - 按长度切分：将拟合好的树干曲线按照指定长度进行切分。 注：运行结束后，弯曲度（CBH）、体积以及各个切割段的计算结果将添加至末尾列。此列倘若已经存在将被覆盖。

单木报告

功能概述

该功能用于依据单木属性文件，从已进行单木分割的地基点云中生成单木点云影像。将单木点云影像和单木属性信息以html或pdf报告方式展示给用户，便于用户快速检查和存档单木属性结果。

用法

点击地基林业 > 单木报告。

参数设置

- 选择文件：选择要生成单木报告的点云数据，每次只能选择一个文件，该文件需要已经在LiDAR360软件中打开且进行了单木分割。
- 单木属性文件：选择点云单木属性文件，单木属性文件格式请参考单木分割结果文件格式；
- 按树**ID**过滤：勾选时生成报告的树ID范围为设置的最小数ID~最大树ID，且树ID能在选择的单木属性文件中查询到。
- 最小树**ID**：生成报告的树ID的最小值，默认为1。
- 最大树**ID**：生成报告的树ID的最大值，默认为点云中树ID的最大值。
- 渲染颜色：选择生成单木点云影像的渲染方式，可以选择按点云RGB渲染（点云有RGB属性时可选）、按树ID渲染以及按高程渲染三种方式。
- 影像属性：选择绘制到单木点云影像上的属性信息，属性信息来源于选择的单木分割结果文件。
- 渲染视图：选择生成影像的视图方式，可以使前视图、左视图以及两种视图同时显示。
- 报告属性：选择在报告中展示的属性信息，属性信息来源于选择的单木属性文件。
- 描述信息：用户在报告中展示的自定义描述信息。
- 全景列表文件：用户在报告中依赖的全景影像列表文件。
- 全景影像文件夹：用户在报告中依赖的全景影像存储文件夹位置。
- 输出路径：生成的报告存放路径。

> 注意： 本功能仅适用于单木分割后的地基点云数据，机载点云可能由于点云稀疏导致报告中单木点云影像无法直观展示单木形态。 勾选了全景，会依据导入的全景影像文件，自动查询全景影像中与单木匹配的影像照片，截取单木在照片中的影像图片，将单木影像截图显示在报告中。

单木建模

功能概述

对单木分割或单木属性编辑后的结果，进行真实的树木模型构建。为单木属性信息提供更直观真实的模型展示形式，方便用户对单木分割处理结果进行快速检查和浏览，同时高精度、高保真的树木模型，为数字化城市、林地等场景增强真实感和沉浸感。

用法

点击机载/地基林业 > 单木建模。

参数设置

- 单木属性文件：选择单木属性文件，单木属性文件格式可参考单木分割结果文件格式；单木属性文件也可以来自于树种标识后带有树种信息的单木属性文件。
- 树种模型：根据选择文件里包含的树种信息，在树模型下拉框中对应选择显示该树种的树模型。
- 添加模型：根据需要添加模型，设置模型对应的远景展示的影像文件以及近景模型对象。树模型设置参考选项 > 林业设置 > 树模型设置。
- 输出路径：输出路径，设置生成的树木建模文件对应的存储路径。在该路径下生成一个建模文件的同名文件夹，用于保存树木建模文件使用的资源文件。进行树木建模文件拷贝时，需要将同名的资源文件夹进行同步拷贝。

树模型管理

- 树模型入库：
  - 树模型： 选择要更新或删除的树模型。选择“添加自定义树模型”来新增树模型。
  - 模型名称： 设置要新增的树模型的名称。在树模型下拉框选择“添加自定义树模型”时出现。
  - 影像文件： 设置该模型中远景显示时使用的影像文件。远看时，树木以该影像文件十字交叉的模式显示。
  - 模型文件： 设置该模型近景显示时使用的精细模型文件。近看时，树木使用该模型进行精细展示。注意：模型的Y方向为树高的方向，且模型原点在树木根颈处。
  - 移除： 移除当前选择的树木模型。
  - 增加/更新： 增加当前设置的树模型。同名模型存在时，更新该树模型。

提取树干(TLS)

功能概述

此功能用于从站载点云数据中提取出树干，属于同一树干的点云将被赋予唯一的树ID。此功能主要针对高精度的站扫式获取的点云数据，解决林地地面植被复杂的问题，提取出的树干的DBH最小能到达0.1m。此算法不适用于机载（ALS）和背包等获取方式获取的点云，因为这些点云的树干表面法向一致性不强。

用法

点击地基林业 > 提取树干*(TLS)*。

参数设置

- 输入数据：输入数据必须是归一化后的点云数据，归一化的方法请参考归一化或根据地面点归一化。输入文件可以是单个点云数据文件，也可以是点云数据集；待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 高于地面点高度（米）（默认为**“0.5”**）：z值低于此值的点将被视为低矮林下植被，不参与树干提取。该参数用于减弱低矮林下植被对单木分割效果的影响。对于大部分林地数据，该值设置为0.5-0.8m 最佳。
- 最大树干高（米）（默认为**“4.0”**）：树干的最大高度。高于该值的点将不参与树干提取。此值设置过大时会影响树干提取的准确度，降低运算效率。例如对于雨林数据而言，树木彼此之间的高度差可能到达20到30米，因此只取公共部分高度（4.0米以下）的点云进行树干提取，然后再计算DBH和其它森林参数。
- 最小树干高（米）（默认为**“1.5”**）：树干的最小高度。该林地内最矮的树木的高度。此高度主要影响低矮树干的检测结果。此值需大于“高于地面点高度”且小于“最大树干高”。高度达到此值0.8倍的低矮树干将会被探测出来。
- 缓冲区（米）（默认为**“2.0”**）：获取数据的缓冲区，用于解决算法内部相邻数据块的接边问题。此值需设置为略大于场景中树木的最大DBH（胸径）。设置过大会降低计算效率，设置过小会导致部分树干过分割。2.0米适用于大多数TLS数据。
- 最大树干倾角（度）（默认为**“15”**）：树干与竖直方向形成最大倾角。倾角小于于此值的树干点将作为候选点参与后续计算。此值设置越大，提取出的树干点数量更多，但准确度下降。反之，此值设置越小，则树干点数量更少，精度更高。10~15°适用于大多数数据。
- 体素抽稀（米）（默认为**“0.02”**）：体素抽稀格网大小。原始TLS数据需要进行体素抽稀以降低计算负担。当此阈值大于点云的平均点密度（算法内部自动计算）时，将会根据此阈值进行格网抽稀，反之则不会进行抽稀。若数据已经重采样，可以将此值设置为默认值。

```
   @inproceedings{
       author={Shengli Tao, Nicolas Labrière, Kim Calders ,Fabian Jörg Fischer, E-Ping Rau,Laetitia Plaisance, Jérôme
Chave},
```

```
        title={Mapping forest disturbances across the Southwestern Amazon: tradeoffs between open-source, Landsat-bas
ed algorithms},
        booktitle={Environmental Research Communications, 3(9):091001(13pp)},
        year={2021}
    }
```

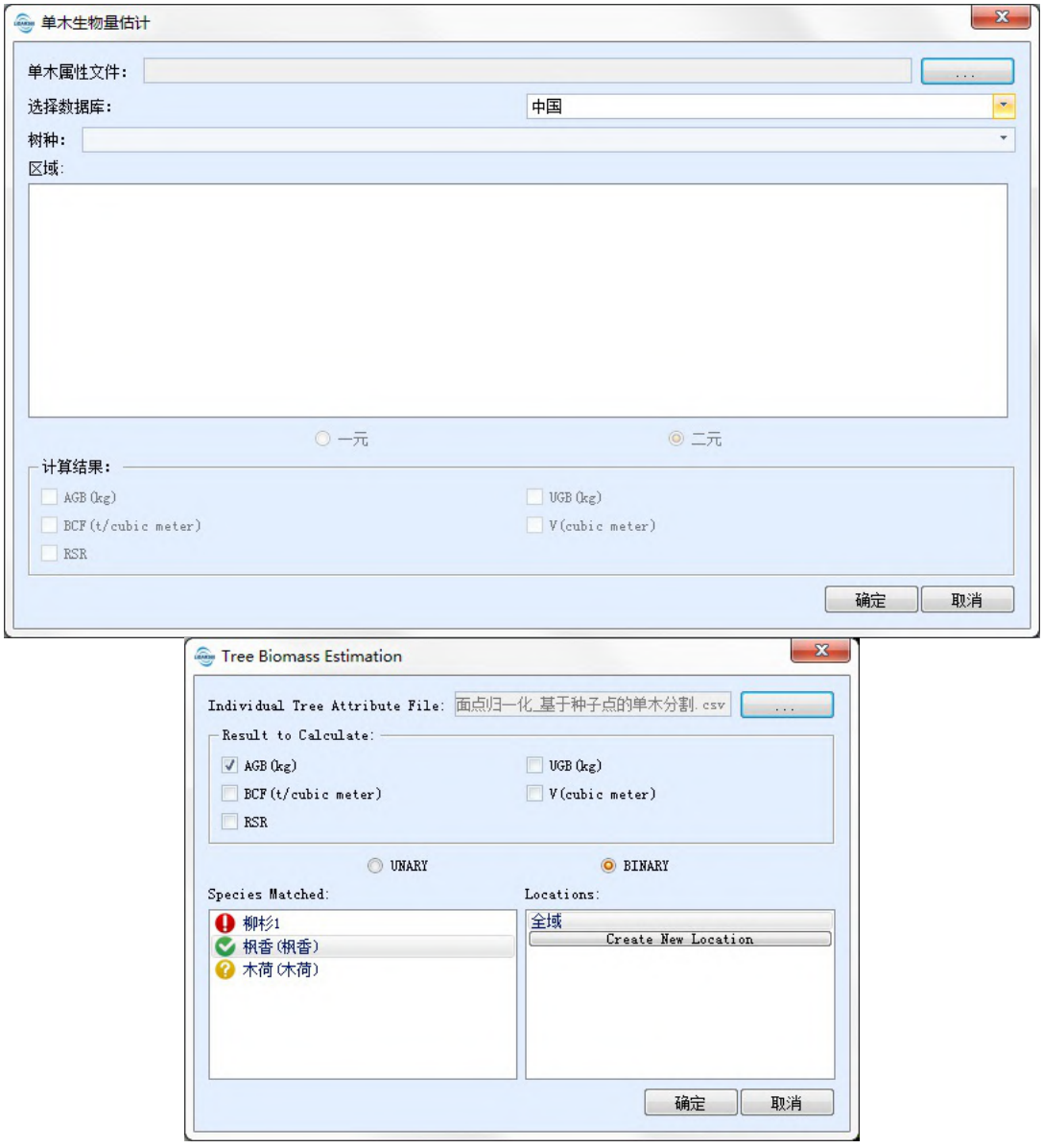
生物量估算

功能概述

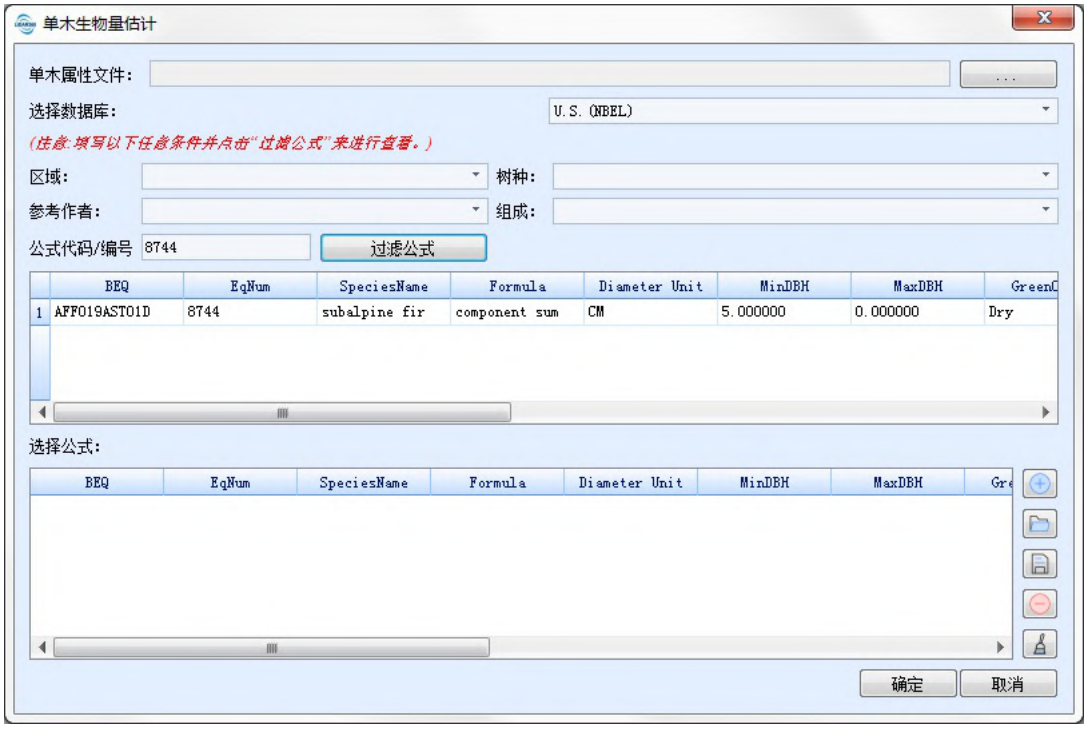
此功能利用生物量模型对区域的生物量进行估算。生物量模型的介绍可参考生物量模型管理的功能概述。此功能的输入为单木属性文件，该文件的来源可以是单木分割后的结果，也可以是自定义的CSV文件，后者需要包含树种（非必须）、胸径（必须）、树高（必须）字段。可参考附录中的地基点云单木分割结果文件格式

用法

点击地基林业 > 生物量估算。



北美数据库界面：



参数设置

- 输入单木属性文件： 可参考附录中的地基点云单木分割结果文件格式。根据输入数据是否包含“树种”字段。可分为两种界面。程序执行后会按列将计算结果追加至文件末尾。
- 数据库选择：目前支持三种数据库，分别为中文数据库、北美数据库、定制数据库。非中文环境下将不显示中文数据库。
  - 中文数据库：包含中国范围内的十几种树种模型，模型参考行业标准：LYT 2657~2661—2016，以及LYT 2260~2264-2014。
    - 输入文件不包含树种时：当未选择树种时，认为文件中所有单木均为同一树种。首先选择数据库中已有的树种 。倘若没有想要的树种，可以使用生物量模型管理定义树种和区域。然后选择地域。选择该树种下的某一区域和模型类型。最后选择计算结果：目前支持五种计算结果。可以选择一个或多个结果。
    - 输入文件包含树种时：当选择树种时，需要为各个树种单独选择区域、计算结果和模型类型。当数据库中包含该树种时，该树种前的图标显示为。当选择了地域之后图标将变为，只有当图标显示为此状态时，该树种的生物量才能被正确计算和输出。当数据库中不包含该树种时，图标将显示为，此时必须为该树种定义生物量模型。否则该树种的生物量将不被计算。
  - **NBEL**北美数据库：包含北美区域的7000+生物量公式，参考美国农业部 。切换到北美数据库时，用户可根据需求输入一个或多个筛选条件，过滤出想要的公式然后执行计算。
    - 筛选公式：用户可以从“区域”、“树种”、“作者”、“部位”以及“公式编号\序号”中选择一个或多个条件，然后点击“过滤公式按钮”。筛选出的公式将会排列在下方的筛选表中。表格中的每一行都代表一条公式，每一列代表公式的详细信息。
    - 添加、导出、保存、删除公式：双击筛选表中的一行，或者单击筛选表中的公式然后点击左边的添加按钮可以将公式添加到待计算公式表中；导出按钮可以将待计算公式表中的公式保存，导入按钮可以导入上次保存的公式后直接执行计算；删除和清除按钮可以减少待计算公式表中的公式。
    - 计算结果：待计算公式表中的每一个公式都会作为新的列添加到单木属性文件中。
  - 定制数据库：包含全部用户自定义公式。切换到定制数据库中时，可直接按顺序选择树种-地域-公式然后执行计算。
- 确定：执行计算。生物量的计算结果会作为新的列添加到单木属性文件中。

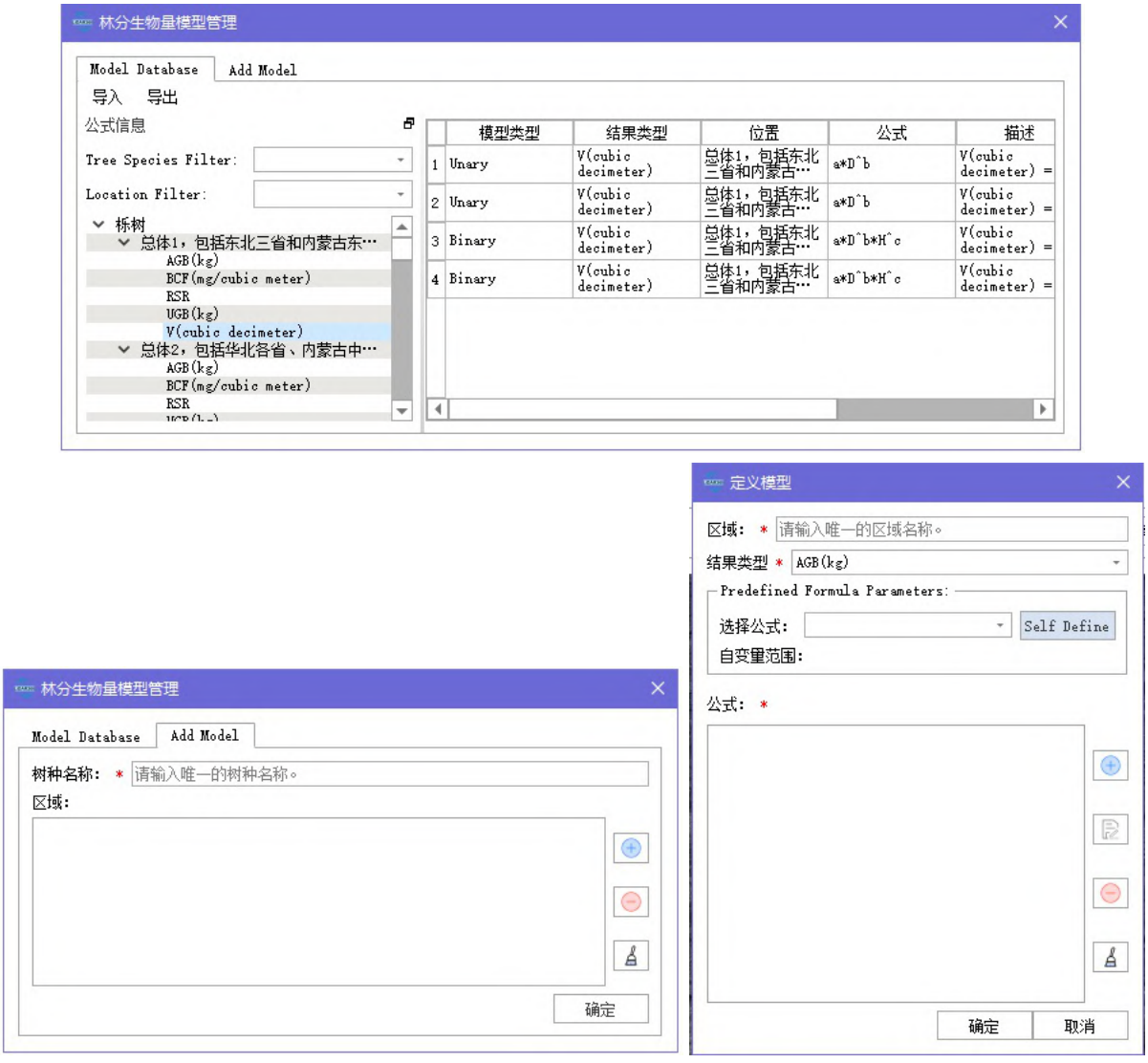
生物量模型管理

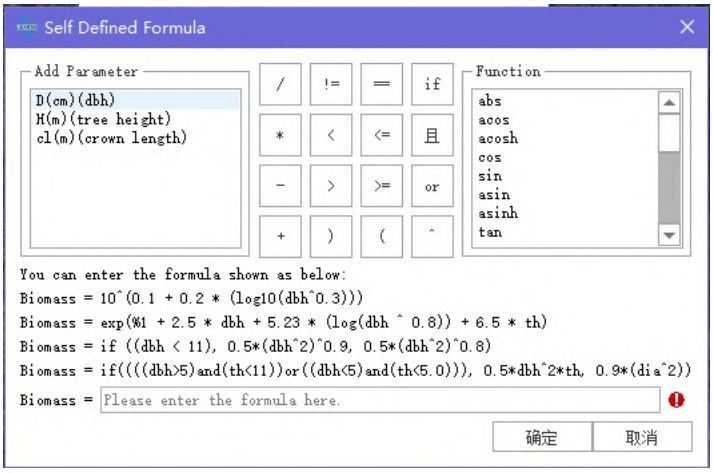
功能概述

生物量是生态学术语是指某一时刻单位面积内实存生活的有机物质干重总量。通常以千克每平方米（kg/㎡）或吨每公顷（t/h㎡）表示。生物量通常的测定方法为将单位面积内样地的全部物质进行收获然后分别将各个部位进行烘干称重。对于碳储量统计而言，需要收获的部位包括地上部分（树干、叶、花）和地下部分（土壤、枯死物、枯落物等）。实际操作时，地下部分生物量不易统计，且样地收获的方法工作量大，对环境破坏较严重，因此通常采用回归公式计算的方式统计单位面积样地内的总生物量，然后通过森林面积求得林分尺度的生物量。考虑到样地内含有的树种各不相同，且同一物种受到的光照、湿度的影响，其生长曲线也不尽相同，因此必须为不同的树种构建不同的生物量反演模型。研究者们针对不同物种的生物量模型公式做了大量研究，大多以树高（H）和胸径（D）作为基本反演参数。此功能以中国林业生物量计算行业标准作为基础，支持数十种树种模型的录入、删除、查询和修改。

用法

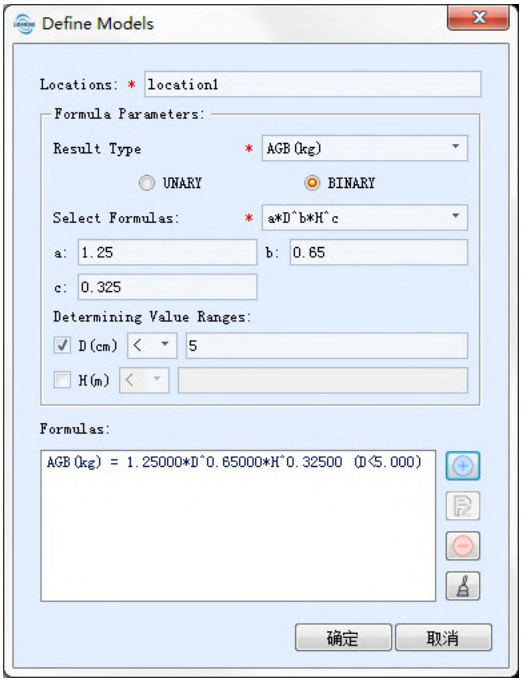
点击地基林业 > 生物量模型管理。



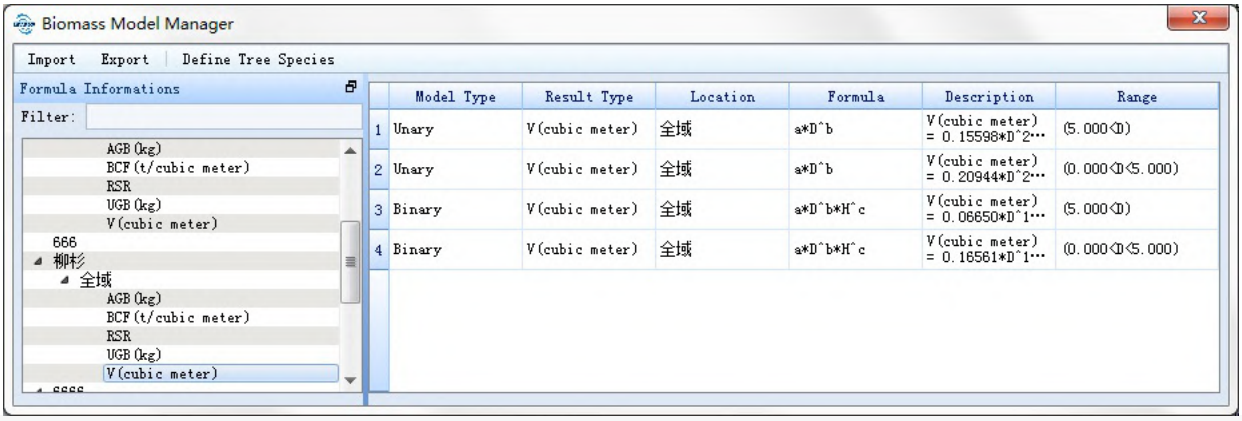


参数设置

- 导入数据：可以导入自定义的数据库文件。该数据库文件的来源只能是经由此功能导出的生物量模型数据库文件。
- 导出数据：可将数据导出为数据库文件。
- 定义树种：打开自定义树种功能。该功能可以将自定义的树种模型录入到定制数据库中。
- 树种名称：输入自定义树种名称，该名称不可与数据库中的其它树种名称重复。
- 区域：每个树种可支持录入多个地域。每个树种在各个地域的生物量模型各不相同。点击右侧的添加按钮就能添加一个地域以及相应的生物量模型
  - 区域名称（必填）：输入区域名称。
  - 结果类型（必填）：输入目标参数。包含AGB（地上生物量）、UGB（地下生物量）、BCF（生物量转化因子）、V（体积）以及SRS（根茎比）。
  - 预定义公式（必填）：选择计算公式。目前支持若干预定义公式以及自定义公式。预定义公式需要选择公式模板并手动输入公式系数、参数范围（可选）；自定义公式可以直接定义任意模板类型的公式。
  - 自定义公式：点击自定义按钮可以开启自定义公式界面。可以根据需要自行填写公式。左侧为参数列表，目前只支持三种参数，分别为胸径DBH（cm）、树高TreeHeight（m）和冠幅直径cl（m），用户可以在这三个公式参数中选择一个或多个进行组合。右侧面板为一些常见的公式函数可供选择。下方面板罗列了一些常见的公式示例用于辅助用户输入。用户输入公式后，若右侧按钮变为绿色对钩则表示公式可用并可以被添加到列表中。
  - 公式参数（必填）：只适用于预定义公式。根据所选的公式不同，公式参数的个数会发生变化，最多不超过三个。
  - 公式范围（非必填）：只适用于预定义公式。由于树木在不同的生长周期其生物量积累的速度各不相同，因此可能需要树干高度对生物量公式进行分段处理。比如需要对胸径在5cm以下的树干进行单独处理：则如下图所示。此时需要勾选想要设定范围的参数然后输入范围值即可。



- 模型的管理：生物量公式录入完毕后可以在模型管理界面中进行查看和管理。点击树种可以查看地域信息；点击地域可以查看到当前所支持的全部公式。表格中展示了各个公式的详细信息，包括公式类型、参数、结果类型、适用范围等

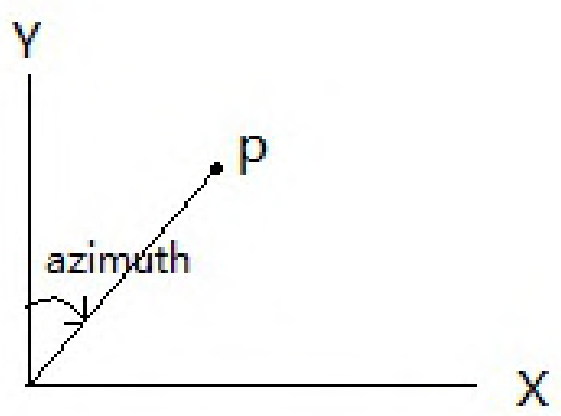



```
@inproceedings{
    LY/T 2654-2016
    LY/T 2657-2016
    LY/T 2659-2016
    LY/T 2656-2016
    LY/T 2661-2016
}
```

匹配树木位置

功能概述

匹配树木位置功能可以对单木属性文件中的树木位置与其它坐标系的树木位置进行XY平面上的配准。其坐标数量可以不一一对应。其他坐标系可以是GPS投影坐标系或自定义的空间直角坐标系，还可以是极坐标系。对于直角坐标系而言需要输入X和Y，对于极坐标系需要输入方位角（度）和距离。方位角的定义如下图所示。单木属性文件可参考附录中的地基点云单木分割结果文件格式。



参数设置

- 单木属性文件：具体文件格式可参考地基点云单木分割结果文件格式。
- **GPS**点（**X**、**Y**）或极坐标（方位角、距离）：对于直角坐标系而言需要输入X和Y，对于极坐标系需要输入方位角（度）和距离，二者只能取其一，同时输入时优先使用GPS点。
- 点位误差（米）（默认为**“0.5”**）：GPS点与实际树木位置的相对偏移误差。此值越小，则配准精度越高，但可能出现找不到匹配对的情况；此值过大时会增加错误匹配的概率。
- 输出路径：输出结果是一个CSV文件，在原CSV文件的基础上增加了配准后的每一行坐标所对应的的全部单木属性以及配准点位误差。

TLS种子点编辑

功能概述

TLS种子点编辑工具可对地基单木分割结果进行查看，同时包含提取单个树木胸径、批量提取树木胸径，对种子点进行增加、删除等编辑操作、基于编辑后的种子点对点云进行分割、量测单木属性信息以及树种标识等功能。自v3.2版本起，支持右键快捷菜单。

注意：原树种标识功能已移入本功能模块。

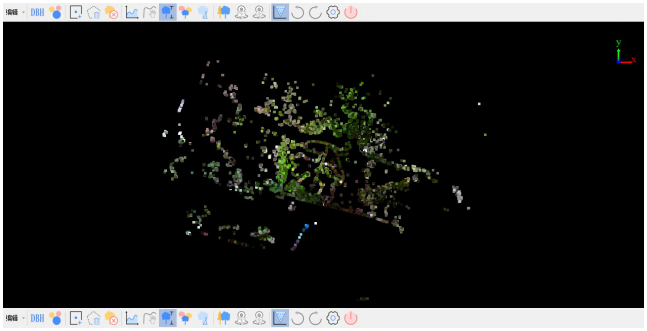
TLS种子点编辑快捷键

快捷键	描述
shift + mouse left	剖面平移
↑	向上平移剖面
↓	向下平移剖面
→	向右平移剖面/剖面平移到单木属性表中下一棵树
←	向左平移剖面/剖面平移到单木属性表中上一棵树
Ctrl + z	撤销种子点编辑
Ctrl + y	重做种子点编辑

用法

将要编辑的点云数据加载到窗口中，并以该窗口为激活窗口。

点击地基林业>*TLS*种子点编辑 ,当前激活窗口将出现TLS种子点编辑工具条。

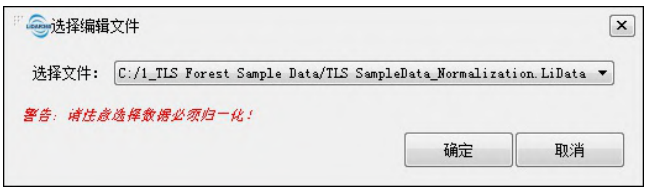


TLS种子点编辑工具条，从左到右依次为：开始/结束编辑/打开种子点文件/保存种子点文件、拟合DBH、批量提取DBH、添加种子点、删除选择的种子点、清除所有种子点、剖面、单木属性信息量测、单木筛选、基于种子点的单木分割、清除树ID、树种标识、打开全景窗口、选择帧、按高程过滤、回退、重做、种子点设置、退出。

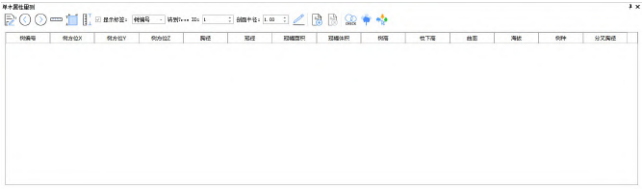
开始/结束编辑

点击编辑>开始编辑

选择要编辑的数据，点击“确定”。TLS种子点编辑工具条的其它功能将变成可用状态。



如果选择的点云数据关联了一个种子点数据（树属性文件），则开启种子点编辑后，会直接使用该数据作为编辑数据，并自动将该数据作为种子点显示到“单木属性量测“窗口，后续新增、删除、修改也都是基于该数据进行。



在编辑的过程中，被选择的数据不能从窗口中移除。编辑完成后，点击结束编辑，结束此次编辑，TLS种子点编辑工具条其它功能将变灰。

打开种子点文件

功能描述：点击此按钮选择种子点文件，种子点文件格式请参考附录中的种子点文件格式，将会出现下图所示的窗口。若忽略Z值，种子点显示Z值会使用“设置->显示点云高度”设置的均值代替,种子点范围和点云不匹配时，会提示加载失败。

导入的种子点数据和点云一样，都应该是归一化的数据，否则在场景中可以看出高度上两者不匹配。 ### 保存种子点文件 ###

功能描述：将种子点保存为CSV文件或树属性文件(*.tatt)。

加载轨迹文件

功能描述：加载轨迹文件，支持.traj、.out格式的轨迹数据，也支持LiBackpack背包系列产品输出轨迹文件格式（*.xyz）。

关闭轨迹文件

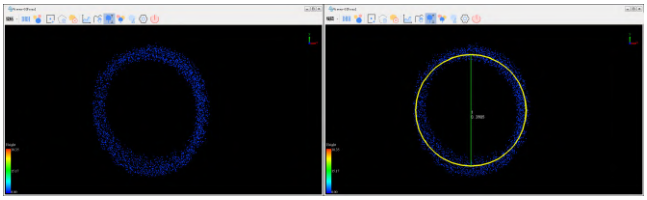
功能描述：关闭已加载的轨迹文件。

拟合DBH

功能描述：选择单个树木胸径位置的点云数据，拟合DBH。

DBH 功能描述：选择单个树木胸径位置的点云数据，拟合DBH。

下图左边为选中单木胸径位置点云数据的效果，右图为拟合结果，1表示ID号，0.2805为拟合得到的胸径值，单位为米。



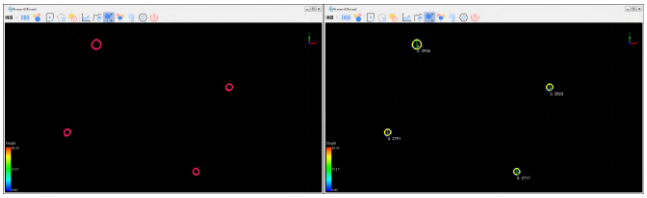
批量提取**DBH**

功能描述：选择多棵树木胸径位置的点云数据，根据用户设定的参数自动对每棵树进行聚类并拟合对应的DBH,默认选择窗口内显示的全部点云数据进行批量拟合，也可通过勾选只拟合选择区域点云。若不希望某一类别参与拟合，可隐藏该类别。

- 最小点数（默认为**“10”**）：用户设置的最小点簇个数，当小于该阈值时，不认为是一棵树，不进行胸径拟合。
- 拟合方法：可通过设置选择显示点云高度在二维窗口选择点云或者结合利用剖面窗口灵活选择点云以拟合DBH。拟合DBH的方法包括拟合圆、拟合圆柱和拟合椭圆，一般情况下，采用拟合圆的方法即可，如果树木倾斜生长，可选择拟合圆柱的方法。

> 拟合圆（默认）：使用输入点云数据的平面坐标拟合二维圆，使用最小二乘方法。 拟合圆柱：使用输入点云数据拟合三维圆柱，圆柱的直径即树木胸径。 拟合椭圆：考虑树木杆径有时表现为椭圆形式，可使用点云数据的平面坐标拟合二维椭圆，使用直接最小二乘方法。树木胸径 = 2 × sqrt（椭圆长半轴 × 椭圆短半轴)。

下图左边为选中多棵树木胸径位置点云数据的效果，右图为拟合结果，1、2、3、4表示树木ID号，0.2791、0.2717、0.2820、0.3936为拟合得到的胸径值，单位为米。



链接临时矢量文件（属于 胸径围/轮廓提取工具）

功能描述：创建一个临时矢量文件，后续的胸径围和轮廓提取工具所生成的轮廓矢量将会写入到此文件中。

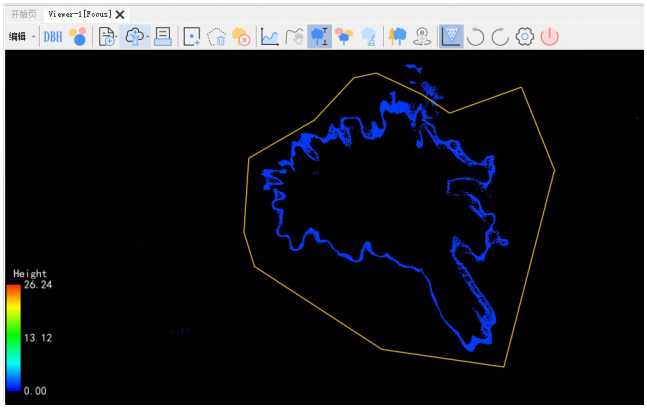
打开矢量文件（属于 胸径围/轮廓提取工具）

功能描述：打开并显示一个临时矢量文件，后续的胸径围和轮廓提取工具所生成的轮廓矢量将会写入到此矢量文件中。

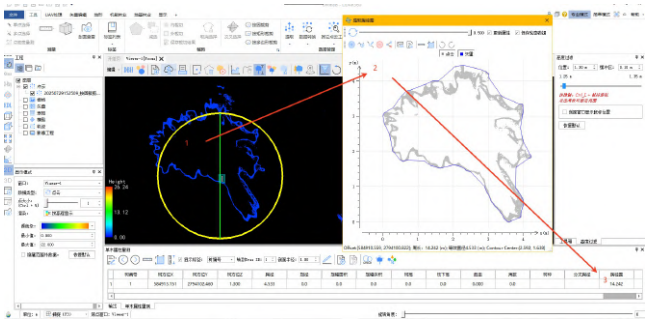
提取胸径围

功能描述：此功能主要用提取任意高度位置的胸径围或者不规则的树冠轮廓。主要用于对不规则的无法用正圆拟合的树干提取其等效胸径和轮廓点。

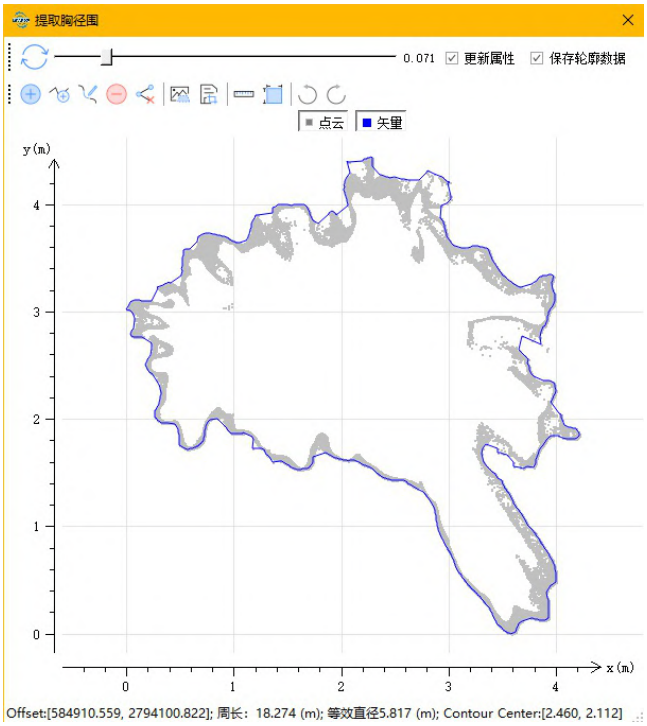
1.开启功能后，先用鼠标左键框选感兴趣的点云数据。



2.自动弹出胸径围编辑对话框，同时自动添加一个种子点。图片中1处黄圈为等效胸径，2为胸径围编辑界面，3为表格处所添加的胸径围。



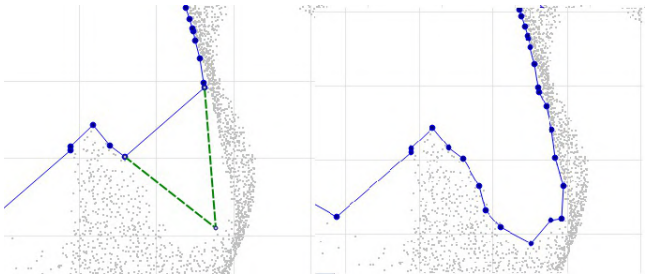
3.胸径维编辑工具。可以利用一系列工具对轮廓点（蓝色线段）进行编辑。状态栏中的周长、等效胸径等信息会实时进行更新。种子点列表中的周长属性只会在关闭界面或者开启其它功能后才会进行刷新。 - **刷新**：将轮廓恢复为初始状态。 - **滑动条**：拖动滑动条可以改变轮廓的细节。滑动条的值越小，轮廓细节更丰富。下图展示了拖动滑动条后的结果。



- 更新数据/保存轮廓数据：勾选更新属性之后将会把轮廓的周长值更新到种子点表格中的“胸径围”属性字段中；同样

的，勾选保存轮廓数据后，将会把轮廓点更新到矢量文件中。倘若没有链接矢量文件，即使勾选了也不会保存轮廓点。这些数据的更新只有在关闭此界面的时候才会进行。

- 添加节点
  ：用于在轮廓的相邻两点连线上添加单个节点。
- 添加附加节点
  ：用于在轮廓的相邻两点连线上添加多个节点。将鼠标位置移动到轮廓细节不够的位置，将会自动在轮廓两点间形成绿色的临时线段，点击鼠标，即可自动补全该处轮廓。



- 编辑轮廓点
  ：可以直接用鼠标对轮廓点进行拖放。
- 删除节点
  ：在轮廓点上直接点击即可删除节点。
- 删除线
  ：可以批量删除轮廓线段上的点。使用鼠标左键在画布上点击进行多边形范围绘制，双击结束后将多边形范围所包含的所有轮廓点删除。
- 保存图像
  ：将当前画布上的内容保存为图片。
- 保存矢量
  ：单独将当前画布上的轮廓保存为矢量文件。
- 距离量测
  ：通过在画布上单击鼠标左键绘制多段线进行距离量测，双击结束绘制。
- 回退/重做：可以回退和重做上一步的内容，最多可以回溯20步。

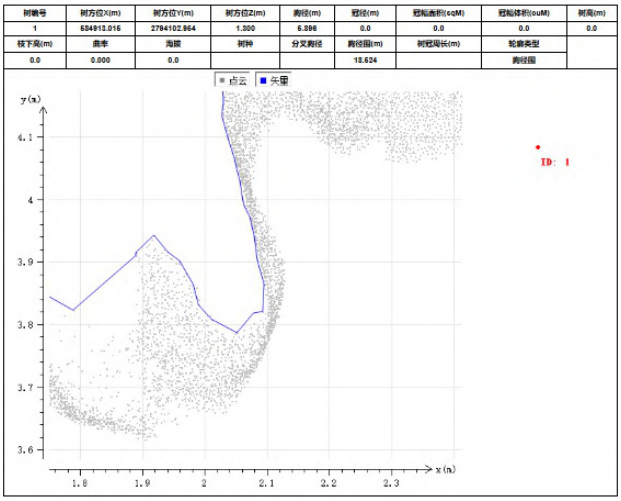
提取树冠轮廓

其功能主要操作和“提取胸径围”大致相同，区别在于更新数据/保存轮廓数据时，将会把轮廓的周长值更新到种子点表格中的“树冠周长”属性字段中。

生成轮廓报告

经过 提取胸径围 以及 提取树冠轮廓 所获取的轮廓信息可以生成报告。界面如下图所示。左侧为经过经过 提取胸径围 以及 提取树冠轮廓 所获取的树ID信息。右侧可以选择导出的属性。树编号以及树的XYZ位置是必选的，其它均为可选。

所生成的报告中第一页为每木落图，包含全部轮廓中心点的坐落位置，其它页为每个轮廓的属性信息表格以及轮廓点图片，效果如下图所示。



添加种子点

功能描述：交互式人工添加种子点，支持在编辑窗口和剖面窗口添加种子点。

删除种子点

功能描述：删除选中的种子点数据。点击此按钮，弹出选择工具对话框，用户根据需求，选择适合的选择工具（多边形选择、圆形选择、矩形选择工具），并在场景中拾取合适的区域，即可将区域内的种子点删除。

> 注意：自5.0版本起，修改之前删除种子点的流程，将选择种子点与删除种子点简化为一个操作，选择种子点后，选中的种子点会被立即删除。

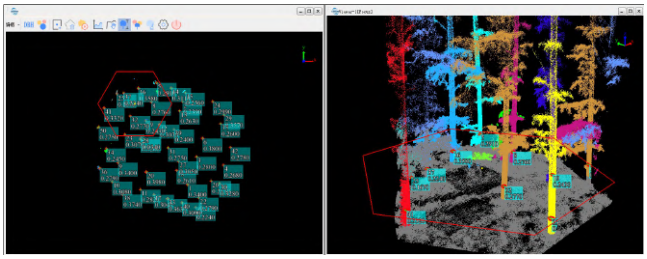
清除所有种子点

功能描述：清除窗口中所有的种子点。

剖面图

功能描述：打开TLS种子点编辑工具条之后，点云所在窗口将变成2D模式，点击剖面图按钮，开启剖面窗口，选择剖面选择方式，绘制剖面范围，实时在剖面窗口中查看选择区域的点云和种子点。 > 矩形选择： 在点云所在窗口中三点绘制矩形，前两个点确定矩形的中线，第三点确定矩形的宽度，双击完成选择。 > 六边形选择： 在点云所在窗口中绘制一个六边形区域，单击鼠标左键、拖动、松开鼠标，即可完成剖面区域的绘制。

> 注意：自5.0版本起，六边形绘制剖面区域的方式修改为：单击鼠标左键、拖动、松开鼠标，即可完成剖面区域的绘制



平移剖面区域

功能描述：在主窗口中绘制剖面后，点击该工具可平移剖面位置，实时查看剖面数据。

单木属性量测

功能描述

点击*单木属性窗口开关* 按钮，控制单木属性窗口是否显示。

> 有关单木属性量测的描述，请参考单木属性量测。

基于种子点单木分割

功能描述：基于种子点对点云进行分割。请参考基于种子点单木分割，分割之后会更新重新计算的树木高度。

清除树ID

功能描述：如果点云已经被分割过，再次分割之前，需要先清除树ID。请参考清除树ID。

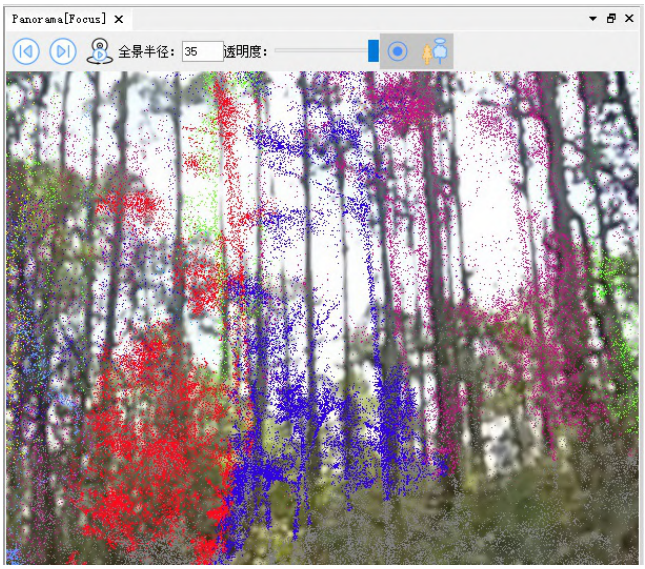
树种标识

功能描述：树种标识根据全景照片叠加点云和种子点，确定树的种类并记录的对应的种子点文件中。开启树种标识功能后，会根据点云信息计算原始高程信息，并更新已有种子点数据的高程属性，用于在全景窗口中显示点云和种子点。计算完成后，弹出选择全景文件对话框，选择文件后导入数据即可开始进行树种标识。

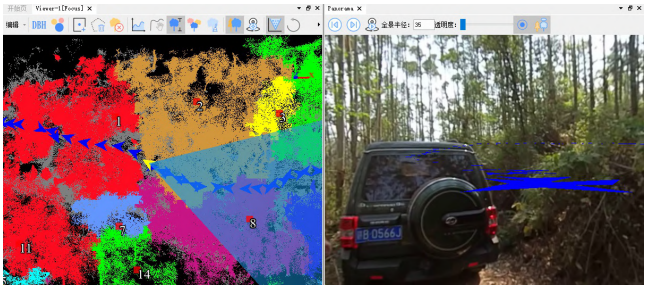
打开全景窗口

功能描述：打开树种标识要求选择全景文件，并自动开启全景窗口。如果全景窗口被关闭后，可点击该按钮重新选择文件并开启窗口。在全景窗口上方出现全景工具条，从左到右依次为：上一帧、下一帧、全景漫游、全

新选择文件并开启窗口。在全景窗口上方出现全景工具条，从左到右依次为：上一帧、下一帧、全景漫游、全景点云锥形显示半径、点云透明度。



上一帧



功能描述

点击*上一帧* 按钮，全景跳转到上一帧。

下一帧

功能描述

点击*下一帧*按钮，全景跳转到下一帧。

自动漫游

功能描述

点击*自动漫游*按钮，全景从当前帧按照一定的时间间隔浏览接下来的所有帧，直到最后一帧停止，或再点击*自动漫游*按钮，停止漫游。

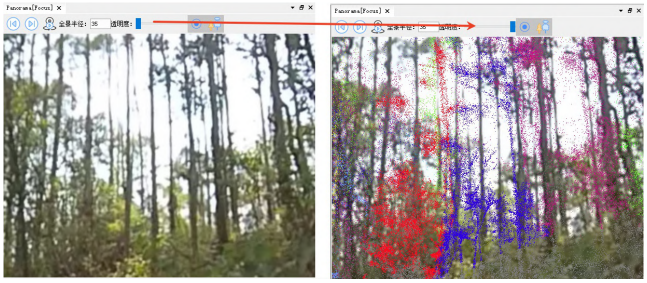
只显示选中种子点

功能描述

点击*只显示选中种子点*按钮，全景窗口只显示在单木属性量测窗口中选中的种子点，其他的种子点被隐藏。

点击*只显示选中种子点*按钮，全景窗口只显示在单木属性量测窗口中选中的种子点，其他的种子点被隐藏。

- 全景点云锥形显示半径：对全景窗口内点云和种子点标识显示锥形范围半径进行调节。
- 点云透明度：点云透明调节滚动条，往左点云变得透明，直到不可见，往右点云变得更不透明，直到点云最清晰。

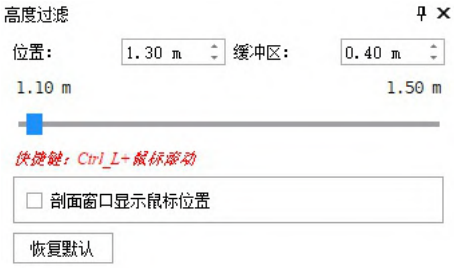


选择帧

功能描述：点击*选择帧* 按钮，用鼠标在点云窗口中拾取点云，全景自动跳转到离拾取位置最近的全景照片。

按高程过滤

功能描述：点云显示高度与是否在剖面中同步鼠标位置设置。



- 显示点云设置：
  - 位置：窗口截面点云的高度。可通过范围滑动条修改该值。
  - 缓冲区：窗口截面点云的厚度。可通过范围滑动条修改该值。
  - 剖面是否显示鼠标位置：打开剖面时，鼠标在截面窗口中移动时，是否在剖面中显示鼠标的实时位置。

> 注意：只有按高程过滤窗口弹出的情况下，且截面视图为当前聚焦窗口，才能响应ctrl + 鼠标中键滚动调节高程，关闭窗口后参数高程、缓冲区参数、剖面鼠标位置同步显示状态均保持关闭前状态。
>
> 滑动块支持范围移动，在缓冲区较小，即左右滑块相距过近时，可采用双击滑块进行锁定的方式进行移动。

撤销、重做

功能描述：在种子点编辑过程中，如有编辑错误或误操作，按下【ctrl+z】或点击按钮撤销操作，按下【ctrl+y】或点击按钮恢复操作。

> 注意：在一个种子点编辑中，撤销和重做功能，限制次数分别为20次。

设置

功能描述：包括种子点与胸径显示设置以及点云显示高度与拟合胸径范围等设置。

- **DBH**设置：
  - 最小**DBH**（米）（默认为**“0.05”**）：最小DBH阈值，若小于该值则认为是错误的。
  - 最大**DBH**（米）（默认为**“1.00”**）：最大DBH阈值，若大于该值则认为是错误的。
  - 最大树木倾角（度）（默认为**“30”**）：最大树木倾角阈值，即树木与地面间夹角。若夹角小于该值认为不是树木。该参数用于圆柱拟合。
- 种子点设置：设置种子点的颜色、透明度、是否显示种子点ID、种子点大小、字体大小。
  - 颜色（默认为**“红色”**）：点击，将弹出如下所示选择颜色的界面，可选择任意颜色为种子点的颜色。
- **Alpha**（默认为**“0.5”**）：种子点的透明度，取值范围为0~1， 0表示完全透明，1表示不透明。默认值为0.5，点击 Alpha: 0.50 ，该值将以0.1为步长递增或递减，也可以直接输入特定的值。
- 显示标签：设置是否在窗口中显示种子点ID。
- 标签大小（默认为**“1”**）：显示种子点ID的标签大小，取值范围为[0, 100)。点击 标签大小: 1.00 ，该值将以1为步长递增或递减，也可以直接输入特定的值。
- 显示种子点：设置是否在窗口中显示种子点或拟合的胸径。
- 大小（默认为**“0.2”**）：种子点大小，取值范围为[0, 100)。点击 大小: 0.200 ，该值将以0.1为步长递增或递减，也可以直接输入特定的值。
- 置信度：批量拟合胸径时，会对拟合的DBH结果进行置信度估计，根据设置的颜色显示对应拟合的DBH。
  - 低置信度：用户可设置置信度颜色。低置信度认为参与拟合的点云是树干的可靠度不高，需要用户重点检查该拟合的是否是树木。
  - 中置信度：用户可设置置信度颜色。中置信度认为胸径拟合的可靠度不高，或受树木分叉影响。用户可查看检查。
  - 高置信度：用户可设置置信度颜色。高置信度认为拟合的胸径可靠度很高，用户可最后检查。注意：用户进行单个DBH拟合时，会将拟合结果认为是高置信度结果。

    > 注意：对于批量拟合胸径方法而言，若显示范围大于等于0.4米，则会使用更加严格的方法进行置信度估计等。一般用于杆径较长的树木效果较好。

- 剖面距离（默认为**“20”**）：绘制剖面时，观察点到剖面窗口显示区域的距离，方便用户根据作业需要，按距离查看编辑区域或者编辑效果。

退出

功能描述：退出TLS种子点编辑，点击退出按钮，会弹出下图所示的提示窗口，点击Yes，将关闭TLS种子点编辑工具条。点击No，返回编辑窗口。

> 注意：如果点云已经被分割过，再次分割前需要先清除树ID，否则，软件会弹出“All files have been segmented, please clear treeID first!”的提示信息。

```
@inproceedings{
    author={ Macdonald E, Mochan S},
    title={Protocol for stem straightness assessment in Sitka spruce},
    booktitle={Journal of Bacteriology,176(17):5578-82},
    year={2000}
}
```

单木点云编辑

功能概述

单木点云编辑可提取大数据点云中的单木并进行编辑，可以快速定位和过滤出用户所关心的单木，主要用于解决过分割、欠分割和漏分割等情况，还能对林下树干进行精修。

用法

将要编辑的点云数据加载到窗口中，并以该窗口为激活窗口。

点击 地基林业>单木点云编辑 ，或者机载林业>单木点云编辑 ,当前激活窗口将出现单木点云编辑工具条。不同模块下部分功能会有区别。

单木点云编辑工具条，从左到右依次为：开始/结束编辑、剖面图、打开单木属性文件、单木过滤、设置、退出。

需要注意的是，若无特殊需要，请将待编辑点云进行归一化，归一化的方法请参考归一化。待编辑完成后，可用反归一化恢复为原始点云。剖面窗口以Z值为0的平面作为基准面，对于归一化点云，基准面即为地面；对于未归一化点云，点云受高程影响距离基准面比较远，这可能会导致点云和裁切多边形都不在剖面视图中。因此，归一化后的点云数据可以更好地进行编辑，此外，该模块下的移除支撑杆、重新分割等功能需要归一化的点云才能得到正确的结果。

开始/结束编辑

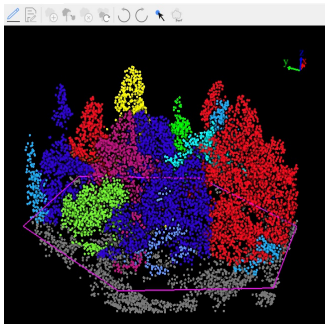
点击 编辑>开始编辑

选择要编辑的数据，点击“确定”，将点云渲染成按树id显示，单木点云编辑工具条的其他功能将变成可用状态。

在编辑的过程中，被选择的数据不能从窗口中移除。编辑完成后，点击结束编辑，结束此次编辑。

剖面图

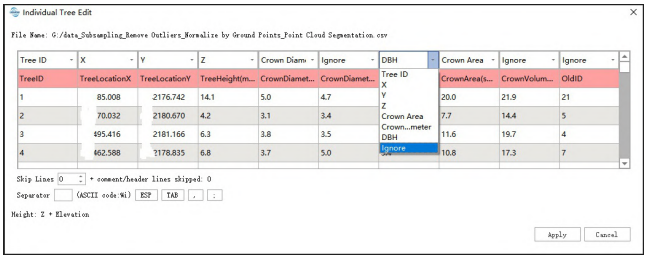
功能描述：点击“剖面图”按钮，开启剖面窗口，在点云所在窗口绘制一个六边形区域，该区域即为将要被编辑的单木点云区域。在剖面窗口上方出现单木点云编辑工具条，从左到右依次为：加载/移除编辑区域、保存、创建单木、合并单木、删除单木、重新分割/移除支撑杆、回退、重做、选择点、隐藏单木。



> 注意：1.在拾取六边形区域时请注意单木边界，截取不完整部分可能对结果造成影响，或者在编辑时尽量避免对边界进行修改。该模块下的编辑功能均不会对隐藏的单木产生效果，因此可以通过隐藏不想编辑的树，以避免对结果造成影响。 2.自5.0版本起，绘制剖面区域的方式修改为：单击鼠标左键、拖动、松开鼠标，即可完成剖面区域的绘制。

打开单木属性文件

功能描述：单木属性文件是单木分割后生成的CSV格式文件。需要注意的是，该功能默认识别并跳过表表头的若干行，若有需要也可以自行调整，在点击应用前应确保表头字段与CSV文件对应的列一致。

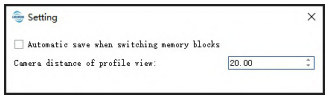


单木过滤

功能描述：在进行单木过滤操作前，需要先打开单木属性文件。该功能可以根据设置的参数范围，快速筛选出感兴趣单木。当启动过滤器时，编辑器主窗口会将场景内的被滤除的单木颜色设置为透明，而剖面窗口也会自动应用过滤器使编辑区域内的相应单木隐藏。目前有两种过滤模式，显示模式下符合筛选范围的树将保留显示，其他树会隐藏，隐藏模式下则效果相反。

设置

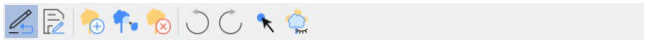
功能描述：包括剖面距离、自动保存等设置。



- 剖面距离：绘制剖面时，观察点到剖面窗口显示区域的距离，方便用户根据作业需要，按距离查看编辑区域或者编辑效果。例如对于机载林业，剖面距离可设置为数百米，而地基林业可设置为数十米。
- 自动保存：切换剖面区域时，是否自动保存编辑过的数据。

加载/移除编辑区域

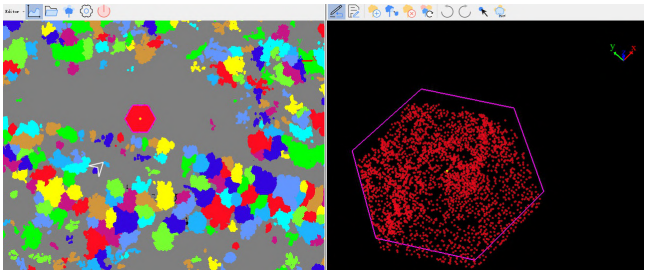
功能描述：点击“加载编辑区域”按钮，将六边形标定区域设定为待编辑区域。本次单木点云编辑操作所针对的数据即为该区域内数据。剖面窗口所有编辑工具为可用状态。此时，进入编辑状态，再次在主窗口中选择剖面区域，自动将选择区域内的数据，作为新的编辑数据。



点击“移除编辑区域”按钮，如果没有操作过单木点云，直接退出；如果操作过单木点云，提示用户是否保存点云数据，用户选择是将点云数据保存到文件中，同时可看到主窗口大数据点云已经相应修改，选择否直接退出正在编辑的单木点云，不做保存。

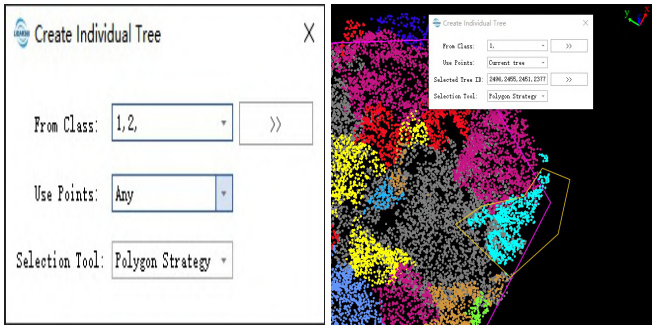
保存

功能描述：点击“保存”按钮，将修改后的单木点云数据保存到文件中，同时可看到主窗口大数据点云已经相应修改。保存后无法恢复，如有需要请先做好数据备份。



创建单木

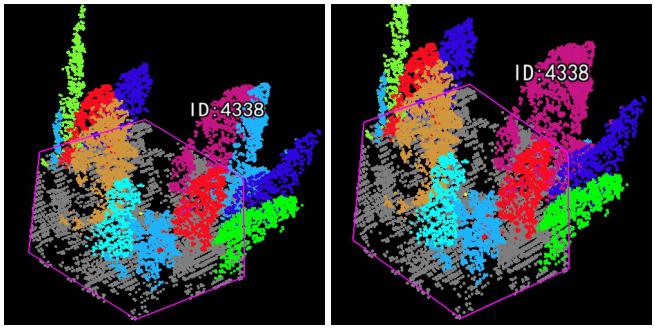
功能描述：该功能该功能可有效提取选择的点云，并设置为新的树ID。点击“创建单木”按钮，将会出现下图所示的窗口。类别下拉列表框选择将要创建单木点的类别，从过滤点下拉列表框选择参与点云分割的起始类别，默认选择全类别，从选择工具选择场景作业工具，默认为多边形选择，然后在剖面窗口选择区域，双击结束，可看到被选中的区域颜色发生变化，即为创建单木。该功能常常结合其他功能使用，例如为某一高度下的点创建新树ID再删除以移除地面部分，或者将选取内的单木创建为新的单木并使用针对于该单木的重新分割。



- 使用类别：只使用特定类别的点，可用于过滤地面点、建筑物点等。需要注意的是，树ID与类别无关，并不是分类为树木才有树ID。
- 使用点集：只使用特定树ID的点，避免对其他单木进行修改。有以下三个选项：
  - 任意：对所有可见点生效。
  - 当前单木：仅对列表里面选择的树ID对应的点云生效。选择该选项时，激活点选工具可拾取窗口中的树ID到输入列表，拾取完成后勾选“拾取种子点”切换回该功能。
  - 无树**ID**：仅对树ID为0的点生效。
- 选择工具：切换不同的选择工具选择区域内的点。

合并单木

功能描述：用于手动解决过分割问题。点击“合并单木”按钮，用鼠标在剖面窗口拾取，如果拾取到树ID不为0的树，在鼠标位置标记该树ID，此时，再拾取其他树，拾取到的其他树将被合并为第一次拾取到的单木，可看到在剖面窗口，这些被拾取到的单木的颜色将变为第一次拾取到的单木的颜色，鼠标右键结束拾取。

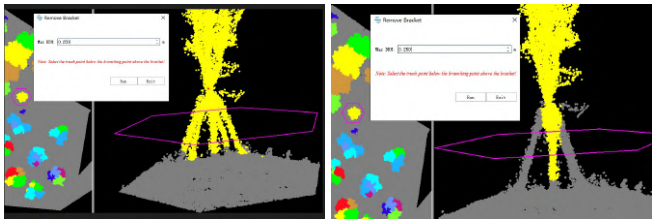


删除单木

功能描述：点击“删除单木”按钮，用鼠标在剖面窗口拾取，如果拾取到树ID不为0的树，将该树的ID标记为0，将该单木删除。

移除支撑杆

功能描述：该功能仅在地基林业下的单木点云编辑中，通过半自动交互移除树干的支撑杆。通过鼠标左键点击选择支撑杆以上分枝点以下的树干上的一个点作为参考点，对当前单木该点高度以下的点云进行处理，将支撑杆对应的点云的树ID设置为0。算法原理是主干和支干按高度同时生长，再移除生长的支干，因此，当支撑杆最低点高度和树干最低点高度一致时结果会更好。

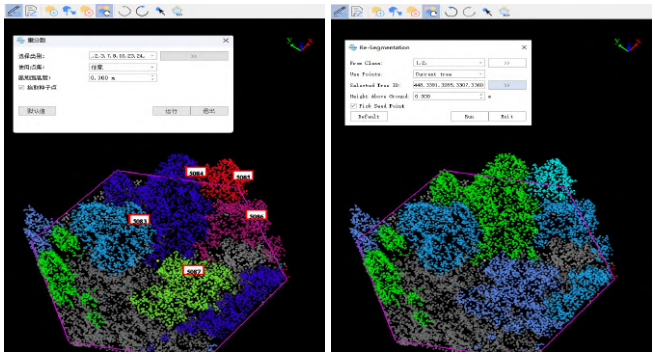


- 最大**DBH**：提取的树干的最大DBH，合适的DBH设置可更好地提取树干，该值偏小则提取的树干较细，该值偏大则支撑杆点云保留较多。当打开单木属性文件时，点击参考点时，输入框上显示的DBH会自动更新为文件中对应树的DBH略大的值。

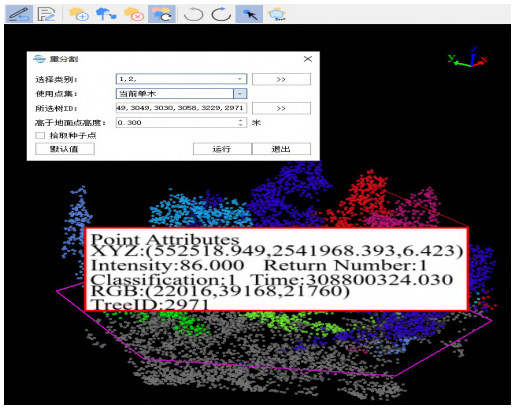
重分割

功能描述：该功能仅在机载林业下的单木点云编辑中，通过半自动交互解决编辑区域内树木过分割、欠分割的问题。算法基于视图中拾取的种子点对点云进行空间搜索，一个种子点至多生成一棵单木。对于过分割，可拾取空间特征明显（和其他单木有一定距离且容易区分开，一般取树顶）的一个点作为种子点，空间上和该点联系密切的点将被归类为一棵新的单木。对于欠分割，则需要拾取多个种子点，在各个种子点位置通过同样的算法生成多棵单木。

点击“重分割”按钮后，会弹出功能对话框，设置相应参数后，在剖面视图用鼠标左键单击拾取点作为种子点，点击“执行”对编辑区域内的点云进行重新分割，分割后的单木树ID为大数据点云最大树ID顺次往上，该功能分割的单木不会保存到单木属性文件中。在使用该功能前可隐藏掉不需要分割的单木、设置使用类别和设置使用点集以获得更高精度的分割效果。



- 源类别：只使用特定类别的点，可用于过滤地面点、建筑物点等。需要注意的是，树ID与类别无关，并不是分类为树木才有树ID。
- 使用点集：根据选择的树ID的点集进行针对性编辑，常用于针对单个单木的欠分割或者针对多个单木的欠分割。使用点集有以下三个选项：
  - 任意：对所有可见点生效。
  - 无树**ID**：仅对树ID为0的点生效。
  - 当前单木：仅对列表里面选择的树ID对应的点云生效。选择该选项时，激活点选工具可拾取窗口中的树ID到输入列表，拾取完成后勾选“拾取种子点”切换回该功能。



- 最低高度：过滤最低高度以下的点，防止将地面上的点分割。当单木点云和地面低矮草丛灌木参差交错时，算法生成的单木会向下向外生长导致分割错误。将该参数设置为地面低矮草丛灌木高度以上时可有效避免这种现象。
- 拾取种子点：在勾选状态下可拾取种子点，若切换“点选”、“量测”等工具时，该勾选框会自动取消勾选，此时可以

在不退出该功能的情况下使用这些工具，若手动勾选可切换回拾取种子点模式。

回退

功能描述：点击“回退”按钮，撤销操作，系统支持最大撤销操作次数为20次，如果操作次数超过最大撤销次数，前面的操作将无法撤销。

重做

功能描述：点击“重做”按钮，重做操作，系统支持最大重做操作次数为20次，如果操作次数超过最大重做次数，前面的操作将无法重做。

点选

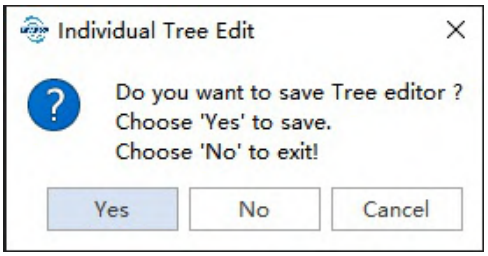
功能描述：点击“选择点”按钮，用鼠标在剖面窗口拾取点云，会显示该点的属性信息。

隐藏单木

功能描述：点击“隐藏单木”按钮，用鼠标在剖面窗口拾取点云，将该点对应的树ID的单木在场景中隐藏，被隐藏的单木可避免被修改。

退出

功能描述：点击“退出”按钮，如果没有操作过编辑区域，关闭剖面窗口，直接退出单木点云编辑功能；如果操作过编辑区域，提示用户是否保存数据，用户选择“是”将编辑区域数据保存到文件中，同时可看到主窗口大数据点云已经相应修改，选择“否”直接退出正在编辑的区域，不做保存；同时，关闭剖面窗口，退出单木点云编辑功能。



DBH量测

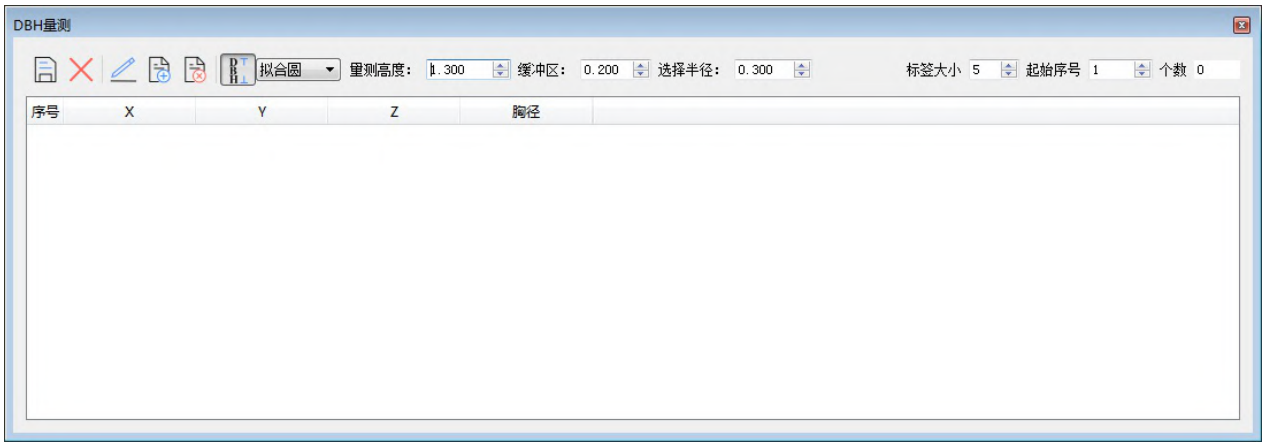
功能概述

DBH量测工具可对地基点云进行树木胸径量测。并支持将量测结果以txt、csv两种格式的文件导出。

用法

将要编辑的点云数据加载到窗口中，并以该窗口为激活窗口。

点击地基林业>*DBH*量测 ，DBH量测工具会被打开。

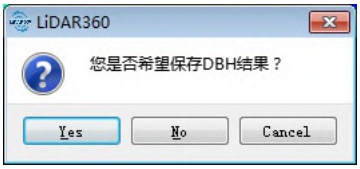


步骤

1. 点击地基林业>*DBH*量测 后，即进入DBH量测状态（点击 按钮可进入和退出量测状态）。使用鼠标左键依次单击场景中要量测DBH的树木根部，该功能会依据设置的参数选取对应范围的点云，并采用选择的拟合方法拟合DBH，拟合方法提供三种方式：拟合圆、拟合圆柱以及拟合椭圆。拟合结果将同时在三维窗口和DBH量测窗口展示。
2. 点击 按钮可删除列表中选择的量测结果。
3. 点击开始编辑 按钮后，双击添加字段列的单元格可以对添加字段值进行修改。
4. 点击添加字段 按钮后，弹出添加字段对话框，目前支持以下几种类型的自定义字段：整数型、浮点型、文本、日期、枚举；点击“确定”按钮之后，新增的字段会在列表窗口中显示。
5. 点击移除字段 按钮后，会弹出移除字段对话框，用户可选择移除添加的字段。
6. 点击保存结果 按钮，弹出“导出”对话框（如图所示），导出结果支持txt和csv两种格式。

界面中单击 按钮，选择保存路径，并勾选所要需要导出的字段值，点击“确定”按钮，保存成功。

如果用户未保存选择的结果，退出DBH量测功能时，软件会弹出如下界面，点击“Yes”弹出“导出”对话框，点击“No”直接退出DBH量测功能，点击“Cancel”取消退出。



参数设置

- 量测高度：该功能使用一个圆柱形区域选取点云，并将区域内获取到的点按选择的方式拟合DBH。量测高度对应圆柱区域几何中心离选取的树木根部点云的高度。
- 缓冲区：对应选取点云的圆柱形区域的圆柱高度。
- 选择半径：对应选取点云的圆柱形区域的圆柱半径。
- 标签大小：用来设置在三维窗口中展示DBH量测结果的标签的显示大小。
- 起始序号：用来设置量测结果的起始序号。
- 总数：测量结果的总数目（不可手动修改）。

查看方位角和距离

功能概述

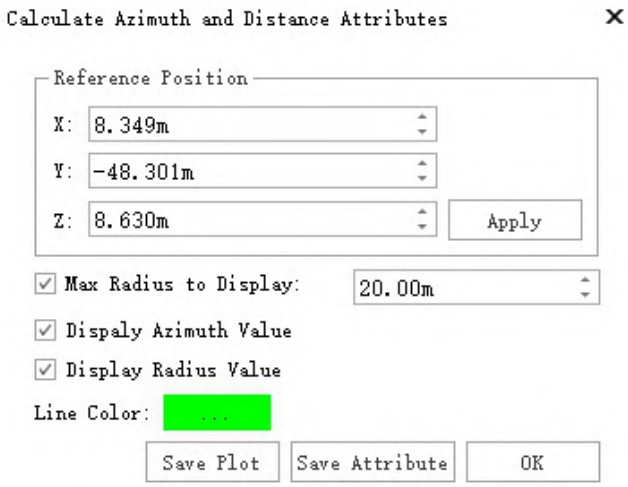
依据参考点，计算单木相对参考点的方位角和距离，进行显示，并保存计算结果。

用法

点击机载林业 > 查看方位角和距离 或者 地基林业 > 查看方位角和距离。

弹出选则文件界面，选择要进行计算的点云单木属性文件，单木属性文件格式请参考单木分割结果文件格式；

软件将在二维画布显示单木位置，并如下图显示方位角距离属性计算设置界面。



参数设置

- 参考位置：设置参考点位置信息，所有单木位置相对该参考点进行方位角和距离属性计算，点击"应用"更新参考点位置设置。
- 最大显示距离： 未勾选，在二维画布中显示所有单木与参考点位置的距离连线；勾选，按设置的最大距离，单木位置与参考点距离在最大距离内的将显示距离连线。
- 显示方位角：未勾选，在二维画布中不显示单木与参考点位置的方位角数值；勾选，则显示。
- 显示距离：未勾选，在二维画布中不显示单木与参考点位置的距离数值；勾选，则显示。
- 线颜色：设置单木与参考点距离连线的绘制颜色。
- 保存绘图：将二维画布当前绘图保存到本地图片格式。
- 保存属性：将计算后的方位角和距离保存到单木属性文件。

林分分析与报告

功能概述

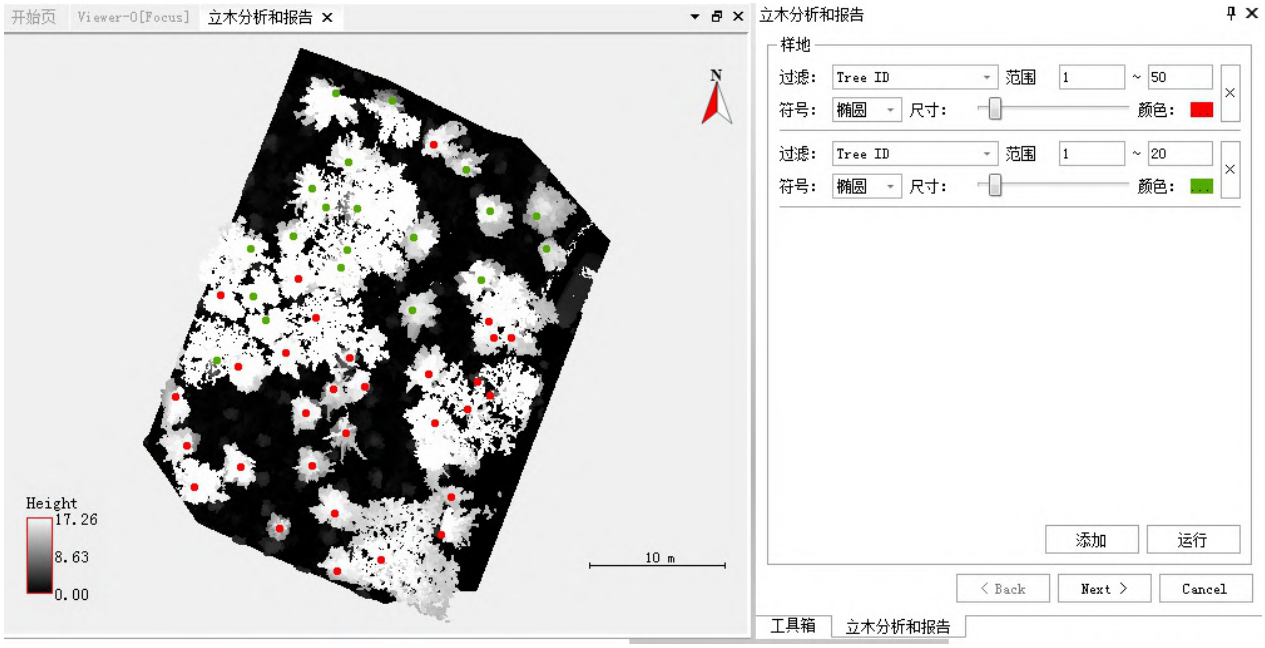
此功能用于对林分的立木的位置和状态进行分析和统计，生成报告。可以自由配置报告项目。目前支持每木落图、范围筛选、间伐分析以及立木材积分析、单木点云报告等。其中间伐分析和立木材积分析只能选择其中一项，其余项目均可自由配置。

用法

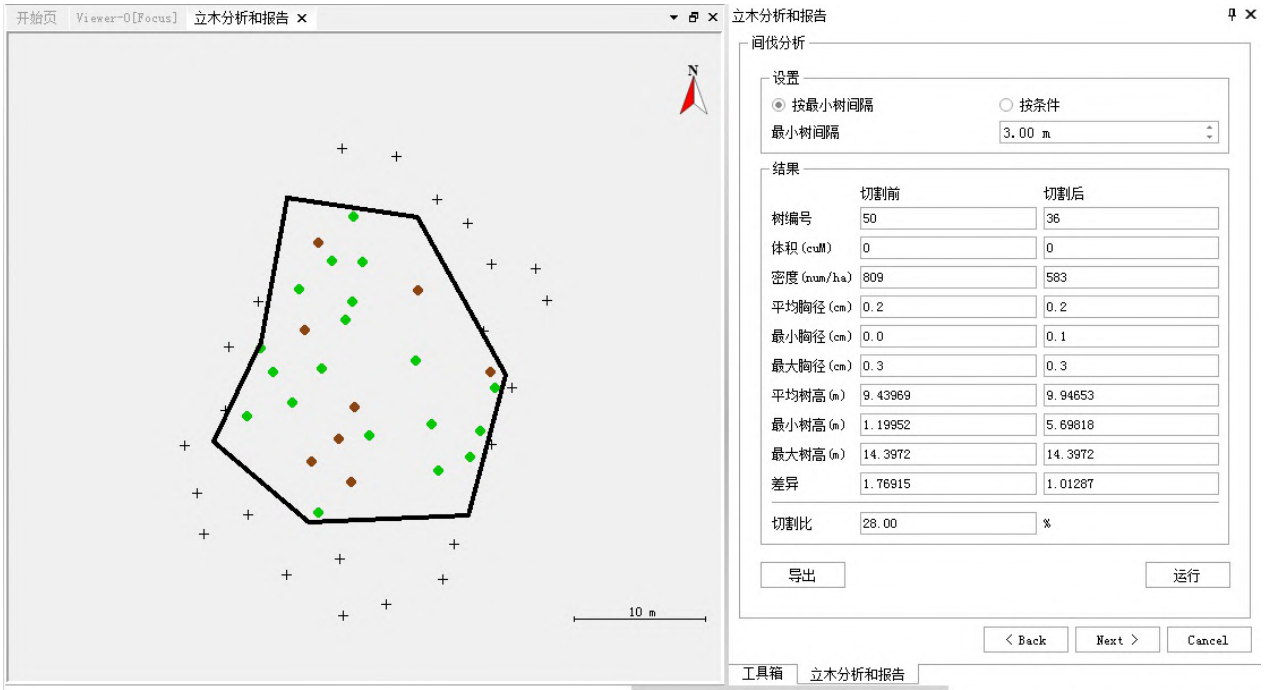
点击地基林业 > 林分分析与报告。

参数设置

- 输入数据：输入数据必须是归一化且单木分割后的点云数据，归一化的方法请参考归一化或根据地面点归一化。
- 单木属性文件：可以是csv文件或者treedb文件。该文件可由统计单木属性或者点云分割功能生成。
- 输出路径：林业分析的中间文件和成果将会输出到此目录下。
- 每木落图：勾选时，将会出现每木落图配置页如下图所示，左侧绘制界面出现点云和弹幕属性文件叠加的结果，右侧界面出现筛选条件，默认按照TreeID进行筛选。每木落图将根据所配置的筛选条件改变颜色。图中所示筛选条件均为treeID，此外还包含树高、胸径、坐标等条件。右下角添加按钮可以增加条件，右侧×号可以删除条件。点击下一步时，每木落图将会保存至输出目录。
- **EDL**：勾选时，每木落图将按照EDL显示。



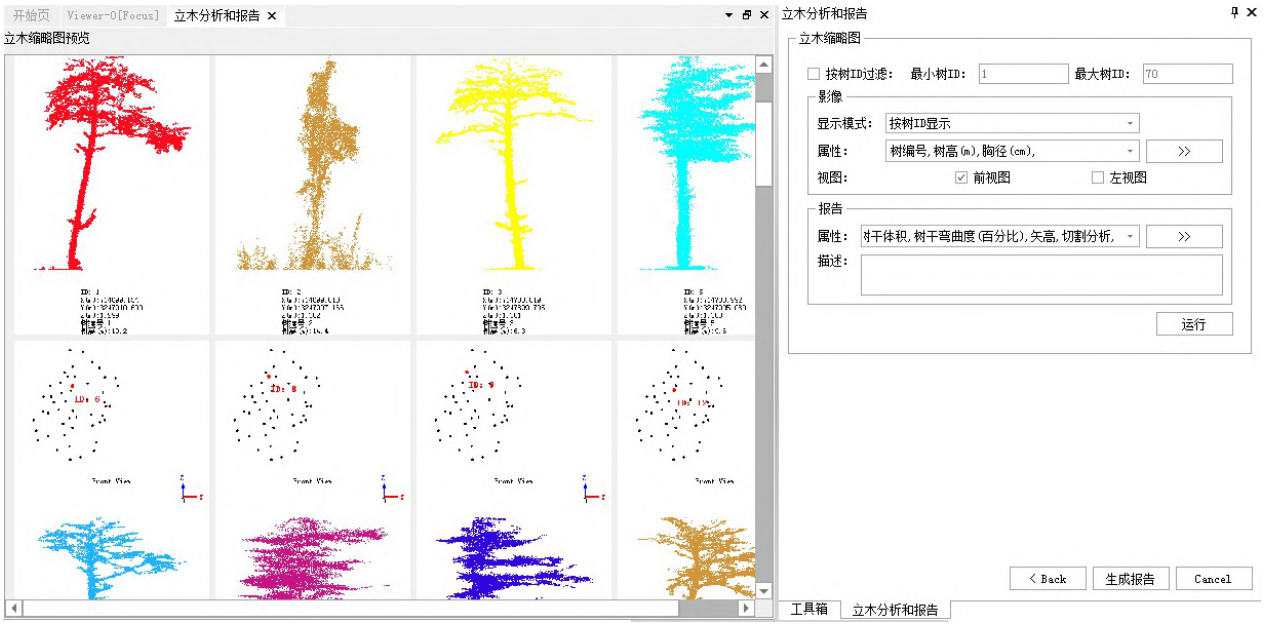
- 范围和属性过滤：可以按范围或属性对感兴趣的区域和树进行选择。如图所示，需要选择矢量文件作为感兴趣区域。矢量文件可以由矢量编辑工具或者边界提取工具获得。选择矢量文件后，矢量文件所对应的区域将会展示在左侧二维画布中，兴趣区域外部的立木位置将会被标记为十字，这些单木将不再参与后续计算；画布中的图例名称允许修改，点击apply后应用到画布上。属性过滤可参考每木落图中的筛选条件。处于筛选条件之外的点标记为十字。所加的筛选条件越多，保留的单木就越少。点击下一步时，保留的单木将参与后续计算。同时图像将会保存至输出目录。



- 立木材积分析：点击运行可以对立木材积进行分析，参数可参考单木属性统计。运行结束后成果将以表格的形式展示到左侧窗口，相应的新文件将会保存至输出目录。成果中包含曲率、切割分析以及体积的计算结果。

- 间伐分析：点击运行将对感兴趣的单木进行间伐分析。间伐结果将显示在右侧界面上。支持按照最小树间隔和按照条件进行间伐。运行后需要保留的树以绿色表示，需要砍伐的树以棕色表示。兴趣区域外的立木仍然标记为十字。

- 立木缩略图：点击运行后，可生成每棵树的侧视图单木位置缩略图以及基本信息。输入参数可参考单木报告。成果将保存在输出目录中。



- 生成报告：点击右下角生成报告，将会把前面所有页的成果进行整合，统一生成到pdf文件中保存。pdf成果将保存在输出目录中。

- 默认值：将参数设置恢复为默认值。

影像

影像模块能够基于重叠的影像数据恢复出物体精细的三维几何结构，并融合点云，生成一系列标准的测绘成果。影像模块可处理下视、倾斜、多光谱影像。核心功能包括特征点提取匹配、区域网平差、相机自检校、数字高程模型/数字表面模型生成、正射影像智能镶嵌、正射影像生成、拼接线编辑等。

影像模块流程

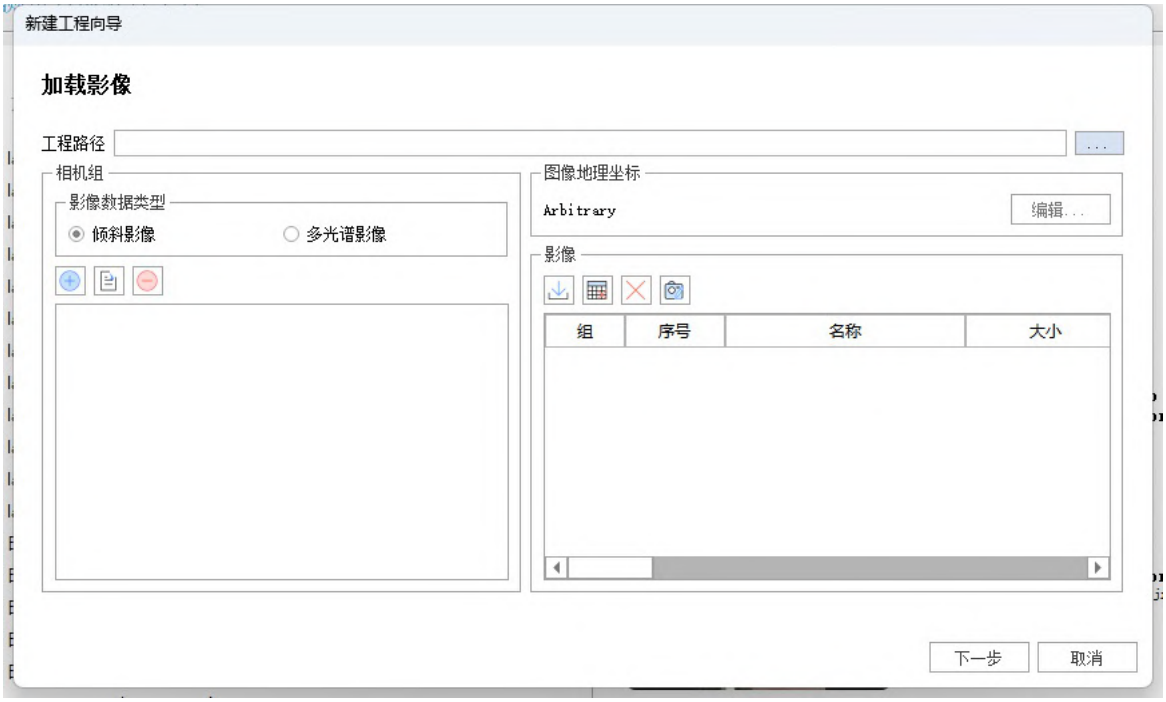
- 新建工程
- 导入Pos
- 相机校正
- 地面控制点
- 导出相机
- 一键处理流程
- 对齐到点云
- 更新对齐
- 畸变校正
- 去雾
- 生成报告
- 三维网格纹理映射
- 分组
- 合并分组
- 调整拼接线
- 连接点、影像筛选

新建工程

功能概述

新建影像工程以执行后续计算流程。主要操作包括选择路径、增加相机组、POS操作、设置坐标系等。

用法



1. 点击新建工程按钮，打开新建工程向导
2. 选择新建工程路径，点击下一步进入加载影像页面
3. 加载影像页面需要执行以下步骤。在完成数据和POS设置后点击下一步进入选择输出坐标系。
4. 选择影像数据类型：根据输入的影像数据选择对应的数据类型。目前支持下视影像、倾斜影像、多光谱影像。
5. 增加相机组：每个相机组内的影像数据使用一套共用的相机参数。点击加号添加组，选择至少一张影像进行添加。点击减号删除已添加的组。在添加组后，在组的右键菜单中点击添加影像可以向该组内添加更多影像。至少需要添加5张影像才能正常执行算法流程。
6. 影像操作：影像操作包含了POS操作、删除影像和相机校正。
   - **POS**操作：如果导入的影像数据包含EXIF的经纬度信息，POS信息会自动导入。若需要导入外部POS文件，点击导入POS按钮，选择需要导入的POS文件。具体操作参考导入POS-按文件名导入一节。点击清除POS可以清除已导入的POS。导入的POS数据可以在影像列表中查看。
   - 删除影像：在影像列表中选择一张或者多张影像，点击删除影像按钮可以将已添加的影像移除出相机组。
   - 相机校正：具体操作参考相机校正页。当相机类型为多光谱影像时，可在此设置主波段。
7. **POS**坐标系：当没有POS数据的情况下，坐标系设置为局部坐标系。在有POS信息的情况下，需要设置该POS对应的坐标系。当数据在经纬度取值范围内时，会默认推荐为WGS84坐标系。如果需要手动设置，点击编辑按钮，在坐标系下拉框里选择更多，在弹出的对话框内选择对应的坐标系。
8. 选择输出坐标系。该坐标系为最后输出成果的坐标系，只能选择投影坐标系作为输出坐标系。如果导入影像时未设置POS，此处只能设置为局部坐标系。如果POS数据的坐标系为WGS84，此处会推荐对应带的UTM投影坐标系。如果需要手动设置，在坐标系下拉框里选择更多，在弹出的对话框内选择对应的坐标系。

9. 确认无误后点击完成，可完成新建。新建的工程会加入到软件中。当导入影像工程的影像为多波段影像时（波段>3），会弹出主波段选择框，选择主波段进行后续的影像对齐。

导入Pos

功能概述

在处理流程中，可以利用POS信息加速图像处理流程、确定图像在真实世界中的位置。

作用

POS信息在主要有以下三个方面的作用。

1. POS信息可应用于影像匹配过程中的像对筛选过程（地理参考），增加处理速度。
2. 应用于更新对齐过程。
3. 作为权重因子，参与平差优化，增加处理结果的鲁棒性。
4. 在处理大范围、高分辨率影像时，仅考虑影像信息进行影像对齐有些时候可能无法获得一个最优的结果（误匹配产生的外点，影像的畸变参数估计的误差等无法避免）。为了提升影像对齐结果的鲁棒性，在影像对齐过程中采用了POS同影像联合平差的策略，在这过程中POS精度的设置就显得尤为重要。
5. 注意：在使用的外部相机内参精度不够或原始影像质量较差的情况下，影像对齐结果中的相机位置可能严重偏离对应GPS值，此时通过调节POS权重可显著提升影像对齐结果（例如，将相机距离精度从默认10米调整为1米）。

用法

点击导入POS按钮，首先在下拉框里选择需要导入POS的工程文件（只能选择已添加进软件的工程文件），然后根据导入POS的格式选择按文件名导入或者按时间导入。按文件名导入是指POS文件包含了对应影像名的列，可以将POS与每张影像对应。按时间导入是指使用相机快门时间文件（.cam）和轨迹文件（.traj），对轨迹进行插值，确定相机POS信息。

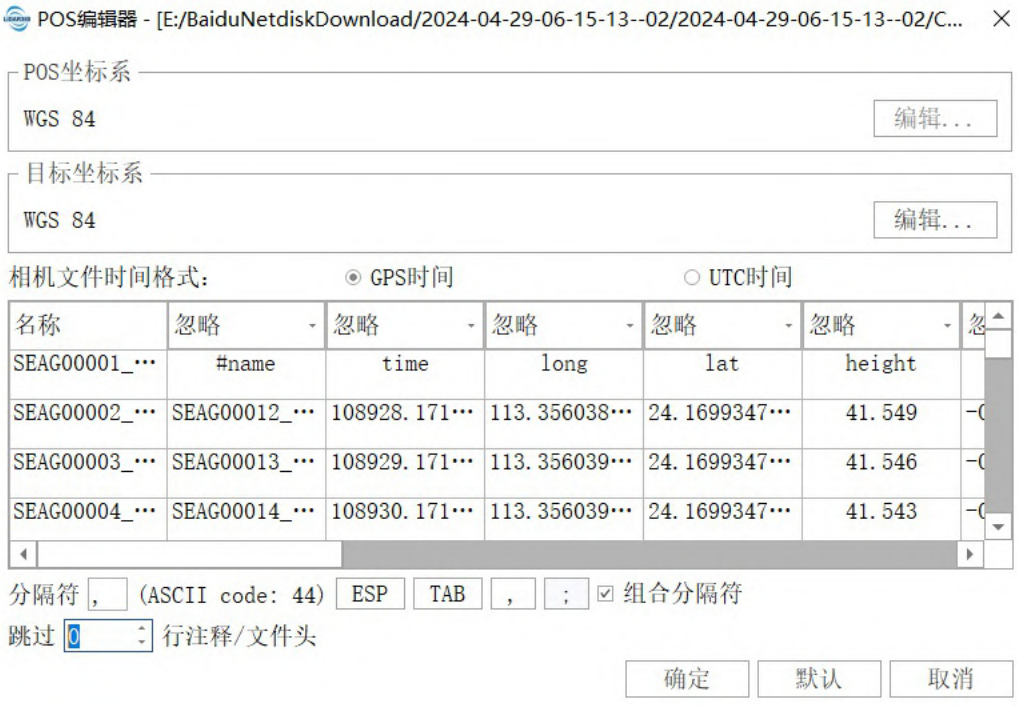
按文件名导入

选择按文件名导入，选择需要导入的POS文件（支持TXT和CSV文件），点击下一步后，会弹出设置POS格式对话框。

- 设置POS坐标系和目标坐标系：参考坐标系一节。
- 分隔符调整：若文件数据在表格中未正确显示，调整分隔符（可选） 若加载POS文件后，列表未对文件进行有效显示。通过调整表格下方的分隔符有效的分割显示数据。目前支持TAB，"\t"，"\n"，","四种类型分隔符及四种类型分割符组成的联合分隔符。默认会用联合分隔符分割POS数据。此外，若文件的分隔符不为上述四种，可以在分隔符的文本框中输入合适的分隔符来有效的划分数据。
- 旋转角类型（可选）：根据导入数据设置角度类型。若不想利用角度信息，则将表格中角度的列标题设置为忽略。
- 跳过无效行（可选）：调整忽略POS文件的前N行。默认不跳行。
- 列标题（必选）：若列标题与当前列数据不一致，可以点开列标题的下拉列表选择当前列合适的列标题。若选择的POS坐标系为地理坐标系，列标题要求选择经度、纬度、高程；若选择的POS坐标系为投影坐标系，列标题要求选择东方向、北方向、高程。

确认每张照片的POS信息设置无误后，点击确认后完成导入并将POS信息保存进工程文件中。

按时间导入



选择按时间导入，需要选择对应的相机快门时间文件（.cam）和轨迹文件（.traj），点击下一步后，会弹出设置POS格式对话框。其中第一列为已导入影像的文件名列，方便与相机快门时间文件对应。后六列为POS位置和角度列，选择时间列使用轨迹文件插值成功后，具体的数值会显示在这些列当中。

- 设置POS坐标系和目标坐标系：参考坐标系一节。
- 分隔符调整：操作与按文件名导入相同。
- 跳过无效行（可选）：调整忽略相机快门文件的前N行。默认不跳行。
- 相机时间类型（必选）：设置相机快门时间文件的时间类型，分为GPS时间和UTC时间。
- 列标题（必选）：必须选择时间列，以便插值得到位置和角度数据。

确认每张照片的POS信息插值无误后，点击确认后完成导入并将POS信息保存进工程文件中。

坐标系

共需要设置两个坐标系，分别的POS数据坐标系和目标坐标系。POS数据坐标系是指导入的POS文件是在该坐标系下采集的；目标坐标系是指后续处理流程使用的坐标系，必须要选择投影坐标系。选择了POS数据坐标系后，会自动推荐目标坐标系为对应带的UTM投影坐标系。若要修改坐标系，点击编辑，在弹出的对话框中，在坐标系下拉框里选择更多，在弹出的对话框内选择对应的坐标系。

相机校正

功能概述

相机镜头难免存在一定的畸变，这将对影像处理产生影响，尤其在高精度测量应用方面比较明显。因此，在使用时往往需要标定相机各项参数，利用标定后的相机参数提高计算精度。本功能可以使用标定的相机参数作为影像对齐中初始参数。

用法

1. 选择需要进行相机校正的影像工程。仅支持已在软件中打开的影像工程文件。
2. 在左侧切换需要设置相机参数的相机组。
3. 可以手动编辑源数据，包括像素大小、焦距、相机内参、安置角、安置误差在内的各种参数。
4. 如该影像工程已完成了影像对齐操作，则在优化参数一列会填入计算得到的相机参数。
5. 相机内参支持导入导出操作。导入内参将填入源参数，导出内参可以选择导出源参数或者优化参数。
6. 如果选择的影像工程文件为多光谱数据，此处可以设置该工程的主波段。

相机参数

相机模型确定了像空间坐标系和像平面坐标系之间的转换关系。像空间坐标系的原点在投影中心。Z轴指向相机视线方向，X轴朝右，Y轴朝下。像平面坐标系原点在影像平面的左上角，左上角像素的中心坐标为（0.5,0.5）。X轴朝右，Y轴朝下，像平面坐标系以像素为量测单位。

涉及变量如下：

(X, Y, Z) - 像空间坐标系中点坐标

(u, v) - 像平面坐标系中的投影点坐标（像素单位）

(c , c) - 像主点偏移量

(K， K， K) - 相机径向畸变参数

(P , P) - 相机切向畸变参数

(b , b) - 仿射和非正射参数

(w, h) - 影像宽度和高度（像素单位）

f - 相机焦距(像素)

转换公式如下：

x = X／Z

y = Y／Z

r = √(x^2+y^2)

x' = x(1+K r + K r + K r) + P (r + 2x) + 2P xy

y' = y(1+K r + K r + K r) + P (r + 2y) + 2P xy

u = w*0.5 + c + x'f + x' b + y'b

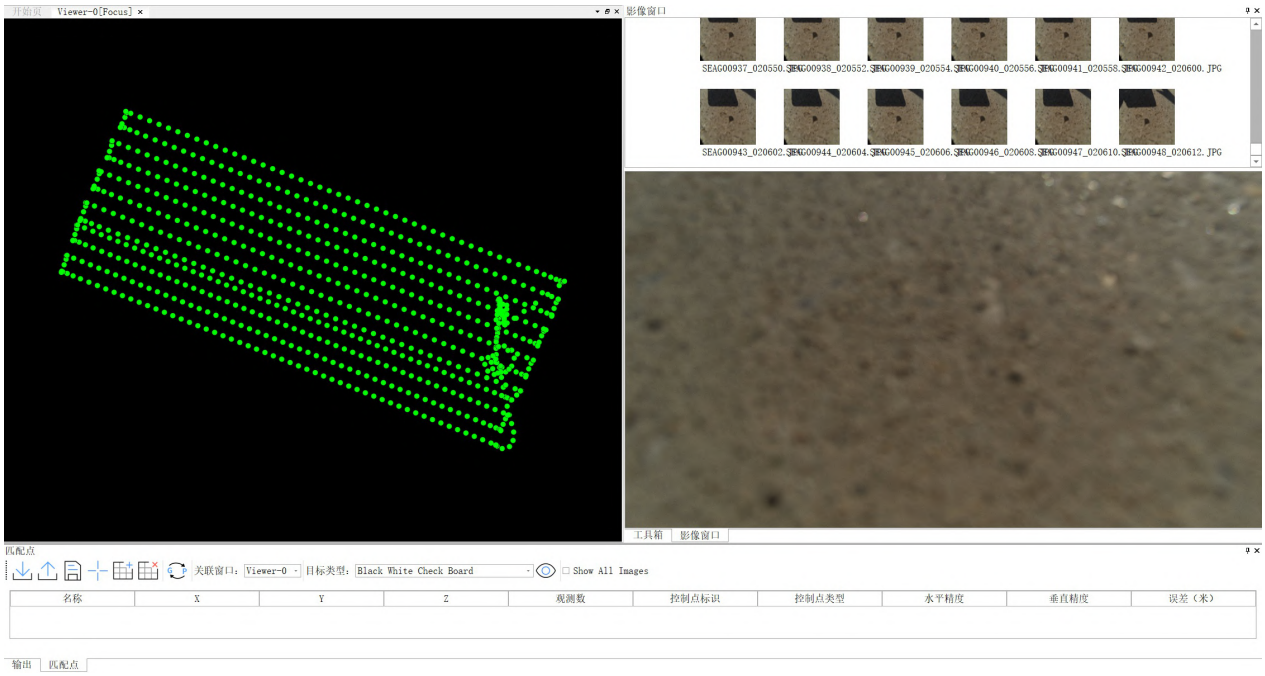
v = h*0.5 + c + y'f

地面控制点

功能概述

使用地面控制点（Ground Control Point, GCP）能够提升影像对齐的质量和绝对精度。在编辑完地面控制点后，可以使用更新对齐功能将影像对齐结果更新到地面控制点坐标下。推荐在使用已完成影像对齐的工程下进行控制点编辑操作。

用法



地面控制点刺点简单流程如下：

1. 点击地面控制点按钮，在弹出的对话框中选择需要编辑的影像工程文件。只能选择已加入到软件中的影像工程文件。
2. 点击确定后将会启动两个窗口，分别为控制点列表窗口和影像窗口。
3. 导入或者在窗口中在数据对象上刺点，获取控制点的坐标值。在控制点列表窗口中会列出所有导入或刺点的控制点。
4. 选择列表中的一个控制点，在候选影像中选择一张影像，在单张影像窗口点击与该控制点匹配的观测位置，完成一次刺点。
5. 循环多次，完成所有控制点的刺点。点击保存按钮可以将刺点结果保存进影像工程文件中，供后续操作使用。

控制点预测

对于已完成影像对齐的影像工程，在选中一个控制点时，会根据控制点的坐标、对齐结果、已有观测值等，将该控制点可能出现的影像及其预测点加入到影像窗口，供刺点使用。

> 注意：需要正确设置控制点的坐标系，否则会导致预测失败、后续更新对齐结果不正确的情况。

控制点列表窗口

	名称	X	Y	Z	观测数	控制点标识	控制点类型	水平精度	垂直精度	误差
1	P0	340863.64052767	5172867.39266835	756.81873197	0	控制点	XYZ	0.02	0.02	
2	P1	340478.89204378	5173458.18405106	756.91566874	0	控制点	XYZ	0.02	0.02	
3	P2	341338.44107497	5173662.21945287	743.83885427	0	控制点	XYZ	0.02	0.02	
4	P3	340815.92307702	5173217.15236617	1007.07605374	0	控制点	XYZ	0.02	0.02	

导出控制点

将已有控制文件导入

支持两类控制点文件的导入，分别为控制点坐标文件(.txt或.csv)和控制点观测导出结果(.xml)。其中控制点观测导出结果是通过导出功能生成的，可以直接将控制点坐标、属性、观测值等一并导入进到。对于控制点坐标文件，在导入界面选择控制点文件后，在弹出的对话框中设置格式。

- 坐标系：设置导入控制点的坐标系。
- 跳过行数：跳过文件开头无效行数（如注释），默认不跳行。
- 列标题：点击列标题，在弹出的下拉列表中可指定每列数据的属性，如序号、经纬度、高程。
- 分隔符：分隔符对数据进行有效分割。支持空格、制表符、逗号、分号四种类型的分隔符以及他们的组成的联合分隔符，默认使用联合分隔符。此外，若文件的分隔符不为上述四种，可以在分隔符文本框中输入自定义的符号。

> 注意：导入控制点会将当前控制点列表中所有的控制点清除。

导出控制点

将现有的控制点及其属性、观测值等信息导出为xml文件，可以再次使用导入功能导入。

保存

将现有的控制点及其属性保存进影像工程文件中。

选点

在已连接的窗口中，点选各类数据对象的位置，可以使用选点的坐标位置更新当前选择控制点坐标。

添加点

添加一个空的控制点。

删除点

删除当前选择的控制点。

坐标系

设置控制点坐标系和控制点模式。若要修改坐标系，在下拉框里选择更多，在弹出的对话框内选择对应的坐标系。控制点模式分为刚性和非刚性两种，高精度控制点推荐使用非刚性模式，低精度控制点推荐使用刚性模

系。控制点模式分为刚性和非刚性两种，高精度控制点推荐使用非刚性模式，低精度控制点推荐使用刚性模式。

连接窗口

选点功能需要设置一个连接窗口，在该窗口下操作。因此在存在多个窗口的情况下，需要在此处选择窗口。

标靶检测

对选中的控制点进行影像的标靶检测。在下拉框中可以选择需要检测的标靶类型。点击检测按钮可以开始检测。检测成功的影像会直接将结果加入控制点观测中。

> 注意：标靶检测的功能是在控制点预测值附近进行搜索，可能存在检测失败的情况。

显示所有影像

勾选此选项可以将所有影像作为候选加入影像窗口中。

控制点列表

控制点列表列出了当前所有控制点。选中其中一行可以将跳转到该控制点的坐标位置。双击点名格、坐标格、平面高程精度格可以修改对应值。标识、类型列下拉框可以切换标识和类型。

影像窗口

在影像窗口中，候选影像会列在窗口的上半部分，其中包含了预测信息的影像，右上角为红点；包含了观测信息的影像，右上解为绿点。下半部分为影像显示窗口，红色十字丝表示预测点坐标。在影像上单击可以添加观测值，显示为绿色十字丝。右键影像显示窗口可以清除当前观测。

控制点说明

一个控制点包含以下信息：

- 点名：控制点的唯一Id信息
- 坐标值：根据选择的坐标系情况区分，局部坐标系或者投影坐标系时为X、Y、Z；选择的坐标系为地理坐标系时为经纬高。
- 观测数：手动加入或者进行标靶检测识别的影像观测点数量。
- 标识：分为控制点和检查点两类。控制点在后续更新对齐时加入计算，检查点仅在生成报告时进行精度检测。
- 类型：分为XYZ、XY、Z三种，分别为平面高程控制点、平面控制点、高程控制点。
- 水平、高程精度：设置水平高程精度，在计算过程中影响该控制点的权重。
- 误差：控制点的坐标值与观测值交会点的距离。

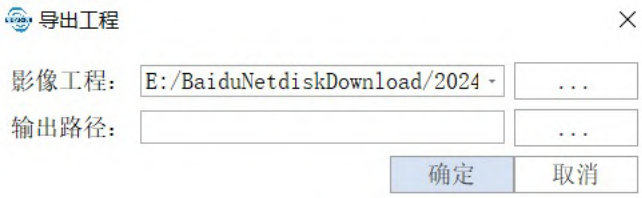
  > 注意：一个有效的控制点至少需要包含两个观测值。更新对齐功能至少需要四个控制点。

导出工程

功能概述

导出工程外方位是将影像对齐后的相机外方位信息导出成BlocksExchange XML format(Smart3D Block-AT)(*.xml*), *Inpho Project File(* .prj)等第三方格式，以便第三方软件应用影像对齐成果。

用法



1. 点击导出工程功能，选择需要导出的影像工程文件
2. 选择导出路径，支持两种格式。
3. 确认无误后，点击确定导出。

一键处理流程

功能概述

一键处理流程可以使用新建或者导入的影像工程（.liaep）文件，结合点云或者外部生成的DSM/DEM影像，进入影像对齐和正射影像生成处理。

> 注意：使用的点云和影像工程需要在同一坐标系的同一位置，才能执行结合点云的处理流程，否则会导致生成的成果坐标不匹配，无法处理。

用法

影像流程化操作

结合点云处理流程

结合点云处理流程需要使用点云生成DSM/DEM，将生成的DSM/DEM传入影像处理流程中，供生成正射影像流程使用。

1. 将需要使用的点云和影像工程或影像工程组加载到窗口中。如果使用的是影像工程组，在执行完影像对齐操作时会按顺序将所有块进行影像对齐，之后将所有结果合并为一个影像工程，并作为后续流程的输入文件。
2. 根据实际情况勾选需要执行的流程。如果需要使用点云DSM的正射影像流程，推荐勾选平滑、重采样、去噪、DSM、影像对齐、正射影像；如果需要使用点云生成 DEM 的正射影像流程，推荐勾选平滑、重采样、去噪、地面点分类、DEM、影像对齐、正射影像。
3. 点击运行按钮，在弹出对话框中设置各功能的参数。需要注意，在正射参数界面，如果是点云生成DSM的流程，需要选择基于DSM拼接；如果是点云生成DEM的流程，需要选择基于DEM拼接。有关点云的参数说明需要查看其它模块中平滑、重采样、去噪、地面点分类、DSM、DEM功能的介绍。影像对齐和正射影像的参数参考参数设置章节。
4. 确认无误后，点击确定执行流程。

无点云处理流程

当仅需要完成影像对齐流程，不需要执行生成正射影像流程，或者提供外部DSM/DEM的情况下，可以不使用点云直接进行影像对齐和正射影像流程。

1. 将需要使用影像工程或影像工程组加载到窗口中。如果使用的是影像工程组，在执行完影像对齐操作时会按顺序将所有块进行影像对齐，并将所有结果合并为一个影像工程，并作为后续流程的输入文件。
2. 根据实际作业需求，仅勾选影像对齐和正射影像流程。取消所有涉及点云的功能按钮勾选状态。
   > 注意：执行正射影像流程需要先执行影像对齐流程或者使用已经进行过对齐的影像工程。
3. 点击运行按钮，在弹出对话框中设置影像对齐参数和正射影像参数。需要注意，在正射参数界面，需要选择自定义模型拼接，并设置外部DSM/DEM的路径。其它参数的说明参考参数设置章节。
4. 确认无误后，点击确定执行流程。

参数设置

影像对齐

影像对齐是基于原始图像、地理位置信息（GNSS及GCP，可选）、初始相机内参（可选）恢复拍摄时刻相机的位置姿态及稀疏三维场景结构的过程。 影像对齐结果可用于后续的 DOM 生成流程。

特征点检测

- 最大影像尺寸：支持的最大影像尺寸有三种，分别是“大”、“中”、“小”。根据选择的最大影像尺寸的不同，在处理过程中会对原始影像进行不同层级的采样（上采样或者下采样）。
    - 大尺寸（默认）：大尺寸检测到的特征点数目最多，处理结果相较于“中”、“小”尺度更为鲁棒，消耗时间 最长。
    - 中尺寸：中尺寸检测到的特征点数目比大尺寸少，处理过程消耗时间比大尺度少。
    - 小尺寸：小尺度检测到的特征点数目比“大”、“中”尺寸少，处理过程消耗时间最短。

      > 注意： 在一定数目范围内，特征点数目的增加会提升处理结果的鲁棒性（特征点数目过多亦会引入更多的噪声）。算法已对处理效率、鲁棒性进行了权衡，大部分情况下保持默认选项“大”即可获得更好的结果。

- 最大特征数量（默认为“8192”）：最大特征数量指的是参与后续处理流程的每张图像所包含的特征点数量上限值。上限值越大，后续处理流程消耗时间越大，反之越小。

  > 注意：不能仅考虑效率因素，因为特征过少会影响后续流程的鲁棒性。算法已对效率、鲁棒性进行了权衡，大部分情况下保持默认值“8192”即可获得更好的结果。

特征点匹配

- 像对筛选模式：为了提升特征点匹配的效率，在特征点匹配之前会选择一个预匹配像对集合，后续的匹配只在该集合中的像对间进行。目前支持的像对筛选模式有三种，分别是“一般”、“暴力”、“地理参考”。
    - 一般（默认）： “一般”模式指在正式匹配之前对原始图像进行下采样，对低分辨率的图像进行匹配，缩小匹配范围，然后再进行精细匹配。
    - 暴力：“暴力”模式指采用穷举法对所有图像进行穷举匹配（这个过程较为耗时）。
    - 地理参考：“地理参考”模式指根据图像的地理位置信息（从EXIF中读取或从外部导入），仅选取离待匹配图像最近的一部分图像生成预匹配像对集合，从而缩小匹配范围。

> 注意：“地理参考模式”仅在地理位置信息存在的情况下有效。大部分情况下保持默认选项“一般”即可获得较好的结果，如果影像对齐结果出现明显错误，可尝试“暴力”模式。

- 最大连接点数量（默认为“1024”）：最大连接点数量指的是处理过程中每两张图像之间的最大连接点个数。连接点个数过少会影响处理结果的精度甚至会导致处理失败。大部分情况下保持默认选项“1024”可获得更好的结果。

平差

- 内参是否优化（默认全部优化）：支持的内参有相机焦距（f），像主点（cx,cy），径向畸变参数（k1,k2,k3），切向（偏心）畸变参数（p1,p2），像平面畸变参数（b1,b2）。在没有初始内参的情况下，通过本软件内部的自标定算法可以获得较好的内参估计值。另外也支持使用已标定的相机内参。如外部导入的内参准确性很高，可不勾选内参优化，这样在平差过程中将保持内参数值不变。
- 外参是否优化（默认全部优化）：支持的外参有旋转参数/外方位角元素（R），平移参数/外方位线元素（T）。在没有准确外部导入相机外参的情况下，请务必勾选，否则会导致影像对齐失败。
- 是否估计安置误差（默认全部不估计）：支持的安置参数有GPS安置误差（沿x，y，z三个坐标轴的偏移值，gps->相机），IMU安置误差（heading, pitch，roll三个角度偏移值， imu->相机）。上述安置参数默认为0（即默认GPS，IMU无安置误差）。其中GPS安置误差仅在GPS精度较高且有准确控制点（GCP）情况下才能准确估计，在不能保证GPS精度或无控制点情况下不要勾选，否则将严重影响影像对齐结果。
- 外点阈值（默认为“6.00”）：外点阈值指的是平差过程中重投影误差上限值（单位为像素），超过误差上限的特征点及其对应场景点会被剔除，该策略可以有效抑制外点对平差结果的影响。

正射影像

利用影像内外方位元素以及生成的数字高程模型（DEM）、数字表面模型（DSM）将拍摄的原始图像进行正射纠正并将纠正后的图像拼接、融合。模块内涉及的过程包括畸变校正、正射纠正、图像曝光补偿、色彩增强，图像拼接与融合。

生成模式

生成模式包括3种类型，根据数据源进行划分，其中数据源包括生成的DSM、DEM以及用户外部导入。一般而言，DSM精度高，使得正射纠正过程中较容易恢复正确的像素位置，从而得到质量较好的正射影像。例如在城市区域，建筑高差大，采用DEM生成的正射影像中，建筑往往是倾斜的，而在一些较为平坦、高差不大的区域，使用DEM、DSM进行正射纠正效果可能差异不大。

- 基于DSM拼接：基于点云生成的DSM拼接生成正射影像。在多数情况下，结合点云的流程推荐使用生成DSM并用该模式处理，效果最佳。
- 基于DEM拼接：基于点云生成的DEM拼接生成正射影像。在一些高大树冠的森林中具有良好的效果。由于使用的是DEM，在正射影像中地物的位置精度可能会下降。
- 基于自定义模型拼接：采用自定义的DEM或DSM逐像素拼接，推荐使用DSM。

> 注意： 1）在选择模式时，在结合点云的流程中必须生成对应的DEM或DSM，或者用户亦可导入对应的DEM、DSM，否则会因为没有数据导致计算中断。 2）导入的DEM、DSM的坐标系将会自动转换到当前项目坐标系，否则，需要在导入时设置。

参数选项

- 融合层级（默认高）：包括 “高”、“中”、“低”、“非常低” 以及 “无” 五个选项，其中“无”表示不融合。当单张正射影像宽高较大（超过 3000 x 3000 像素）时，融合层级越高，则融合效果越好。当生成的正射影像较小（小于 1000 x 1000 像素）时，较高的融合层级容易导致整体灰暗，此时需要适当降低融合层级。
- 颜色校正（默认启用）：如果启用该功能，模块将在正射纠正过程中重新调整原始影像亮度、对比度、饱和度以及白平衡。在大多数情况下，启用该功能有利于生成清晰、亮度适中以及色彩鲜艳的正射影像图。若输入影像为多光谱影像，该功能被禁用。
- 最大倾斜角（默认60度）：大于该角度的影像将被排除，不参与正射纠正、拼接与融合。一般优先考虑使用倾角较小的影像，因为倾角大的影像生成的正射影像质量较差，且非常耗费计算资源，导致效率低下。
- 分辨率：该参数定义了输出DOM的空间分辨率（单位：米）。数值越小，分辨率越高，消耗时间越长。
- 遮挡检测：该参数决定在正射纠正时是否进行遮挡检测操作。对于城区倾斜摄影的场景，推荐开启该选项，能够减少建筑物遮挡的情况。对于结合点云的林区数据，由于激光的穿透性，生成的Dem/Dsm等可能不需要处理遮挡，推荐将此选项关闭。

对齐到点云

当影像工程缺乏地面控制点、地面控制点不足或受其它因素的影响，影像点云和实际地形间会存在分层现象，或使用影像工程给激光点云赋色时，可能存在较大赋色偏差。

影像点云配准工具以激光点云为参照，将影像点云配准到激光点云，改善影像点云和激光点云间的分层。该工具通过建立影像稀疏点云和激光点云特征面间的匹配关系，以影像稀疏点和激光点云面特征间最小距离为优化目标，优化影像的6个外方位元素（相机位置和相机姿态角）及相机安置角。该工具提供两种配准方式：调整影像外方位元素和调整影像外方位元素和相机安置角。该工具执行结束后，会生成新的影像工程liaep文件，其中影像的外方位元素和相机安置参数为更新后的值，内方位元素和相机畸变参数不做调整。

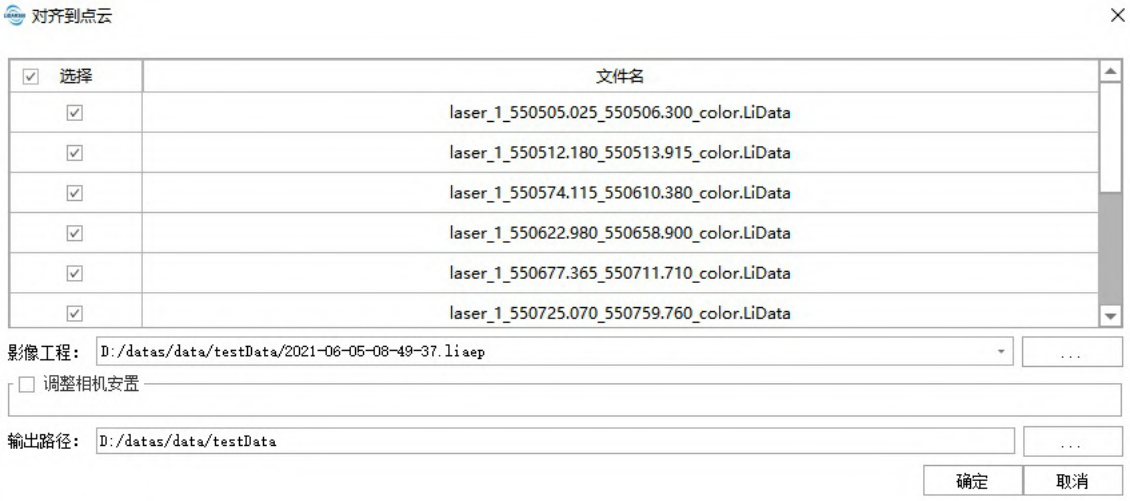
调整影像外方位元素

通过调整影像的6个外方位元素（相机位置和相机姿态角），使稀疏点和激光点云特征面间距离最小。

调整影像外方位元素和相机安置角

当配备组合导航系统时，相机的安置角为相机相对于IMU的角度，通过调整影像的6个外方位元素（相机位置和相机姿态角）和相机安置角，使稀疏点和激光点云特征面间距离最小。

界面参数说明



- 影像工程：待配准的影像工程。
- 调整相机安置：勾选时则同时调整影像外方位元素和相机安置角，解算相机相对于IMU的安置角误差，需要已知相机的安装角和安置误差，且影像应记录曝光时刻的姿态角；不勾选时则只调整影像外方位元素。
  - 坐标轴旋转到**ZYX**顺序**(**度**)**：相机相对于IMU的安装角，不调整，一般从厂商可获取。，LiAir系列的设计安装角为0，0，-90。
  - **GPS/IMU**安置：相机相对于IMU的安置误差初始值。
    - **x, y, z**：相机相对于IMU的偏移量(m)，不调整。
    - **roll pitch heading**：相机相对于IMU的安置误差，会调整。
  - 导入**RPH**：若影像未记录曝光时刻的姿态角，则可导入相机的曝光点文件，影像曝光点记录文件中必须有影像名称、经度、纬度、roll、pitch、heading字段。
- 输出路径：输出结果路径，包含更新后的影像工程文件和报告。

调整相机安置角时，影像的飞行航线一般进行十字交叉往返飞行，并在不同同航高飞行交叉航线，这样有助于提高相机安置角误差解算精度。影像稀疏点云和激光点云特征匹配易受噪点影响，对于有较多噪点的影像稀疏点云应进行噪点过滤，如电力线点、稀疏植被点等。影像稀疏点和最近的激光点云面特征满足一定匹配条件，则构成一组匹配对，特征匹配依赖较好的面状特征，包括建筑物顶、墙面、路面，对于植被区域，无法获取良好的面状特征，可能会配准失败。

更新对齐

功能概述

若影像对齐已经完成，点击更新对齐按钮可将空三成果对齐到POS、控制点。同时在筛选连接点、删除影像操作之后也可以使用此功能更新影像对齐状态。

用法

1. 点击更新对齐，在弹出对话框中，选择需要执行更新对齐的影像工程。

   > 注意：仅已完成影像对齐步骤的影像工程可以执行更新对齐操作。

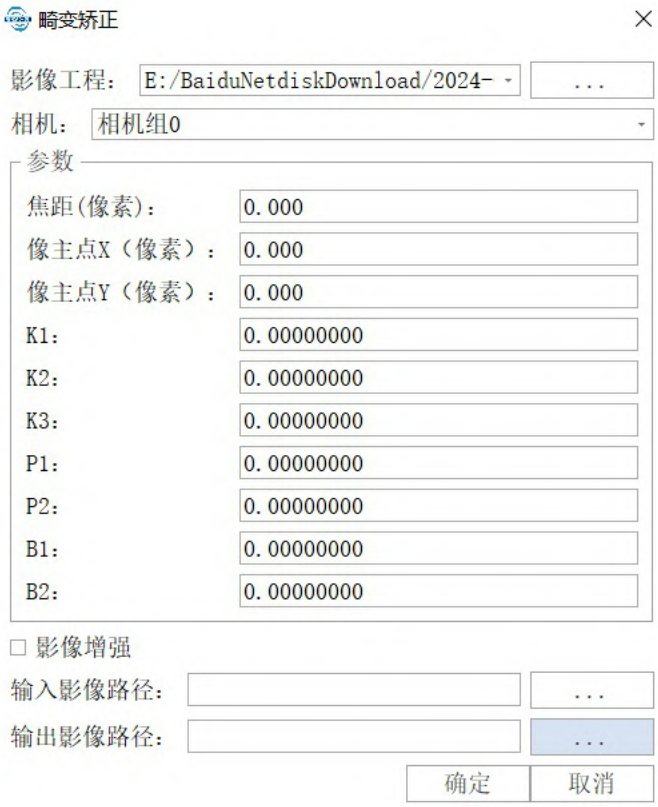
2. 选择需要进行优化的参数，此处的参数设置与影像对齐参数的平差参数相同，具体可以参考影像对齐参数页面的说明
3. 确认参数无误后点击确定开始执行更新对齐功能。

畸变校正

功能概述

图像畸变校正对话框可以对选定的一组图像进行畸变校正，以纠正由相机或镜头误差导致的图像变形。需在对话框内设置相机的内参数及畸变参数。

用法



1. 如果需要使用已完成影像对齐得到的相机内参，在影像工程行中选择需要使用的影像工程，并在相机一行切换需要使用内参的相机组。被选择的相机参数会自动填入下方参数列表中。
2. 如果不使用已有影像工程内的相机参数，需要手动填入参数，包括相机焦距、像元大小、像主点偏移、CCD校正、径向畸变及偏心畸变，相机参数含义可参考相机校正-相机参数一节。
3. 勾选影像增强以提高输出图的像清晰度和对比度。
4. 选择需要进行畸变校正的影像目录，会搜索该路径下的影像进行畸变校正。
5. 选择输出目录，畸变校正后的无畸变影像会输出到该路径下。
6. 确认各参数输入无误后点击确认开始执行畸变校正功能。

去雾

功能概述

去雾可以让图像变得更清晰，增强图像质量

参数设置

输入路径：用户可以选择待处理图像序列所对应的文件夹

块尺寸：一幅图像分块处理，块尺寸越大，分出的图像块个数越少；块尺寸越小，分出的图像块个数越多

半径：导向滤波的滤波半径大小，滤波半径大小会影响滤波后的图像质量，滤波半径越小，图像细节越清楚，层次感越强；滤波半径越大，图像细节越模糊，层次感越差

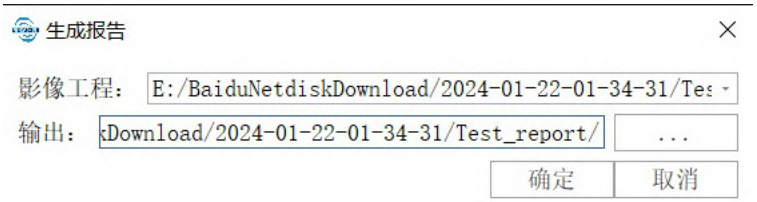
输出路径：将去雾处理后的图像保存在对应的文件夹

生成报告

功能概述

在完成对齐影像或正射影像步骤后，都可以生成质量报告，质量报告中通常包含工程的基本信息，已完成步骤的参数设置信息，成果信息以及运行时间等。

用法



1. 点击生成报告功能，选择需要导操作的影像工程文件。注意一定是在本模块内完成过影像对齐或者正射影像步骤的影像工程才能生成质量报告。
2. 选择导出路径文件夹，点击确定导出。

DOM编辑

功能概述

在正射影像步骤完成后，检查DOM图像质量，若发现部分区域出现明显的接缝线或者质量较差，那么可以对局部区域进行编辑，调整拼接线以便获得更好的结果。

用法

1. 点击DOM编辑功能，选择需要执行DOM编辑功能的影像工程文件。注意，必须是完成了正射影像流程的影像工程才能执行DOM编辑功能。
2. 切换显示：在DOM编辑窗口内右键菜单中，切换显示多边形，可以显示、隐藏绘制的多边形；切换显示拼接线，可以显示、隐藏当前的DOM拼接线。
3. 绘制编辑区域
    - 绘制多边形：选择DOM编辑窗口工具栏的绘制多边形工具，在需要编辑的区域连续左键点击绘制区域，单击右键结束便可绘制多边形。
    - 选择多边形：选择DOM编辑窗口工具栏的选择工具，选中需要操作的多边形。
    - 编辑多边形：选中多边形后，在右键菜单中可以在鼠标位置插入一个顶点。将鼠标移到某个顶点上点击右键，选择删除顶点功能，可以删除该顶点。
    - 删除多边形：选中多边形后，在右键菜单中点击删除多边形。
4. 分配图像：在选中的多边形区域单击右键，在右键菜单栏中选择分配图像，与此区域重叠的图像将全部在镶嵌图面板中呈现，如下图所示在列表中挑选一张效果较好的图像并点击下方按钮分配，若取消，则需要重新分配图像。
5. 更新图像：点击DOM编辑窗口工具栏的更新图像工具，选择输出DOM的路径，可以将当前分配的多边形区域更新并导出为新DOM。

连接点、影像筛选

影像对齐的结果中，由于特征点错误匹配或其它因素，有一些点为错误点或精度较低的点，或者匹配错误的影像，可使用筛选工具对其进行过滤，使用筛选后的结果更新对齐，可提高影像对齐精度。

过滤和选择

连接点筛选提供两种筛选工具：

- 选择工具筛选
- 根据属性筛选

选择工具筛选

使用多边形、矩形等选择工具，在三维视图中选择连接点或影像。 点击选择影像/连接点工具，选择选择影像或者选择连接点启动选择连接点工具。点击图形工具选择需要使用的选择工具，在三维视图上绘制图形进行选择。减选工具可以在已选择的对象中减去新选择的影像或连接点。反选工具可以对整个影像工程进行反选操作。清除工具可以将当前所有选择清除。

根据属性筛选

点击启动过滤连接点工具。

- 当前工程：需要筛选连接点的影像工程，必须已加入到三维视图中。
- 选择方式：筛选连接点使用的属性，该属性的最大最小值在滑条两端显示。
- 容差：指定筛选的属性阈值。
- 选中点数量：当前属性和阈值下，被选中的连接点数量。

根据连接点属性筛选满足指定条件的连接点。连接点属性有：

- 反投影误差：连接点在其所有可观测影像的平均重投影误差。若平均重投影误差大于指定阈值，则该连接点被选中。
- 交会角：连接点所属的两张影像的投影中心和连接点构成的交会角，单位为度。若连接点所属的任意两张影像的投影中心和连接点构成的交会角均小于指定阈值，则该连接点被选中。

  > 交会角为两张影像投影中心和连接点构成的角度，设为α,取α和180-α的最小值作为交会角，可用于过滤交会角过大或过小的连接点。

- 可见影像数量：可观测到该连接点的影像数量。若影像数量小于指定阈值，则该连接点被选中。
- 影像连接点数量：可观测到该连接点的影像对应的观测值数量。若所有可观测影像上观测值数量小于指定阈值，则该连接点被选中。
- 距离：连接点到影像投影中心的距离。当连接点到其任意一个可观测影像投影中心距离大于或小于指定阈值时，则该连接点被选中。
  - 筛选小于距离的点：当使用**Distance**属性时，选择小于阈值的连接点。

- 筛选大于距离的点：当使用**Distance**属性时，选择大于阈值的连接点。

删除连接点

当选中待删除的连接点后，点击删除按钮，可删除被选中的连接点。

撤销和重做

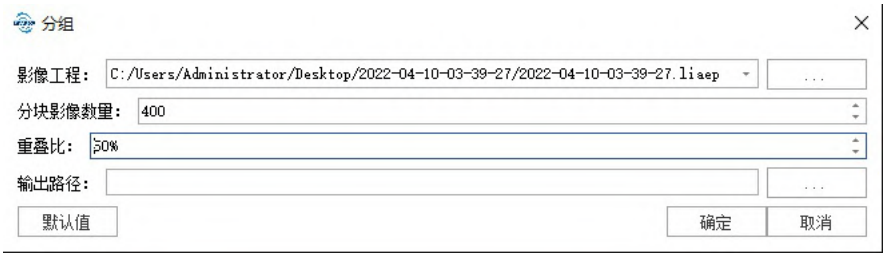
点击撤销按钮，恢复上一次被删除的连接点；点击重做按钮，删除上一次被恢复的连接点。

工程分块

功能概述

工程分块功能可以按POS位置将已有工程分块，以便后续按块进行算法处理。输入的影像工程必须含有POS位置。输出的文件包括所有小块的影像工程以及含有分块信息的影像工程组(.liaepgroup)文件。影像工程组可以导入LiDAR360中，导入时会将组内所有影像工程加载到平台内，并可以使用影像工程组文件执行影像对齐。

参数设置



输入路径：选择待分块的影像工程。

分块大小：将影像工程按每块多少张影像进行分组。分块工程的影像数会比该值略多，与实际影像分布相关。该参数最小值可设置为50，通常情况下推荐使用默认值400。

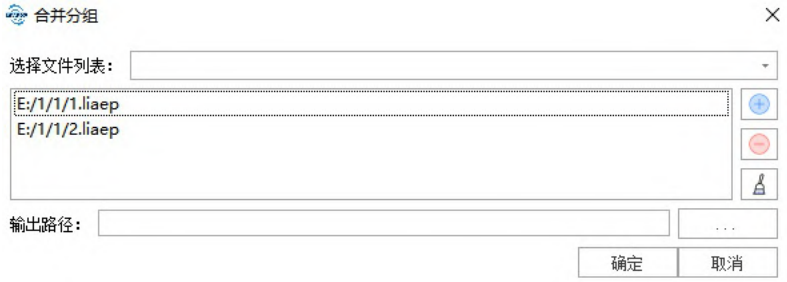
输出路径：将分块的工程与影像工程组的文件输出到该文件夹下。

工程合并

功能概述

工程合并功能可以将已执行过对齐算法的影像工程组(.liaepgrou)合并为一整个影像工程。该功能在合并时会把所有影像工程块按顺序合并。如果合并后需要执行整体平差，可以对合并后的结果执行更新对齐功能。

参数设置



输入路径：选择待合并的影像工程或影像工程组。选择后会将该组的所有影像工程列出在列表上。

输出路径：选择合并结果的输出路径。

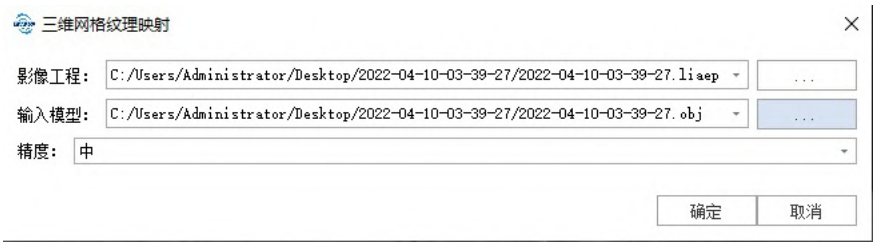
三维网格纹理映射

功能概述

使用影像工程(.liaep)文件对已有三维网格进行纹理映射，支持对obj、3dtile模型的纹理映射。

用法

1.点击影像 > 三维网格纹理映射，弹出三维网格纹理映射界面：



2.选择需要使用的影像工程(.liaep)文件。

3.选择需要进行贴图的三维网格，支持obj、3dtile格式。如果是3dtile格式，选择最上层索引json文件。

> 对于面片数量较多的三维网格，建议先进行简化后再处理，以提高贴图效率。

参数设置

- 精度：进行贴图的精细程度。精细程度越高，计算速度越慢，纹理图片越大。默认为中精度。

光谱

提供与光谱相关的工具集，包含光谱指数计算，光谱角分类，主成分分析、最小噪声分离等功能。

- 点选查看光谱
- 查看光谱库
- 光谱指数
    - 植被指数计算器
    - 归一化指数计算器
    - 地质和矿物指数计算器
    - 光谱指数计算器
    - NDVI
    - NDWI
    - NDBI
    - NBR
    - SAVI
- 光谱角分类
- 最小噪声分离
- S-G滤波
- 主成分分析
- 农作物压力（胁迫）分析
- 森林可燃物分析
- 森林健康分析
- 构建掩膜
- 提取光谱子集
- 波长管理

光谱指数包含功能有：植被指数计算器、归一化指数计算器、地质和矿物指数计算器、光谱指数计算器、NDVI、NDWI、NDBI、NBR、SAVI。

- 植被指数计算器
- 归一化指数计算器
- 地质和矿物指数计算器
- 光谱指数计算器
- NDVI
- NDWI
- NDBI
- NBR
- SAVI

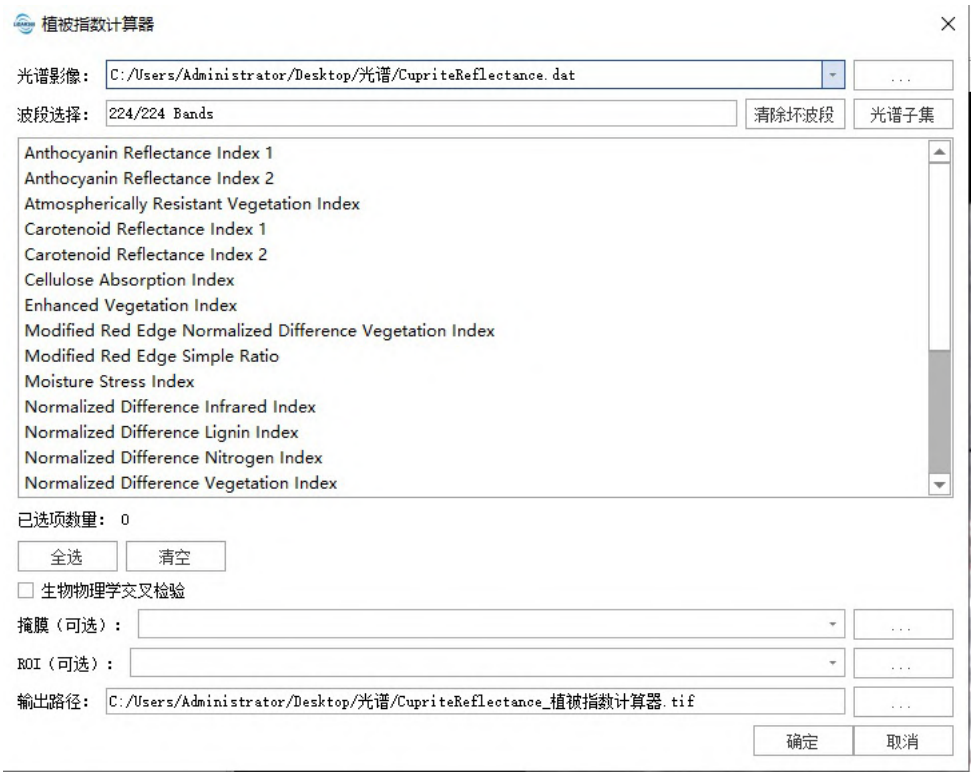
植被指数计算器

功能概述

该功能是基于两个或多个波长的地表反射率组合而成，用来突出植被的特定特性。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 >植被指数计算器。



其中点击光谱子集按钮可以选择高光谱影像的波段，其支持计算的光谱指数也会相应变化。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段选择: 选择高光谱影像的波段。
- 支持的植被指数: 根据选择波段的波长信息，自动匹配可支持计算的植被指数。

- 生物物理学交叉检验：验证植被指数与植被实际生物物理参数之间相关性的过程，确保指数结果的科学性和可靠性，默认不勾选。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

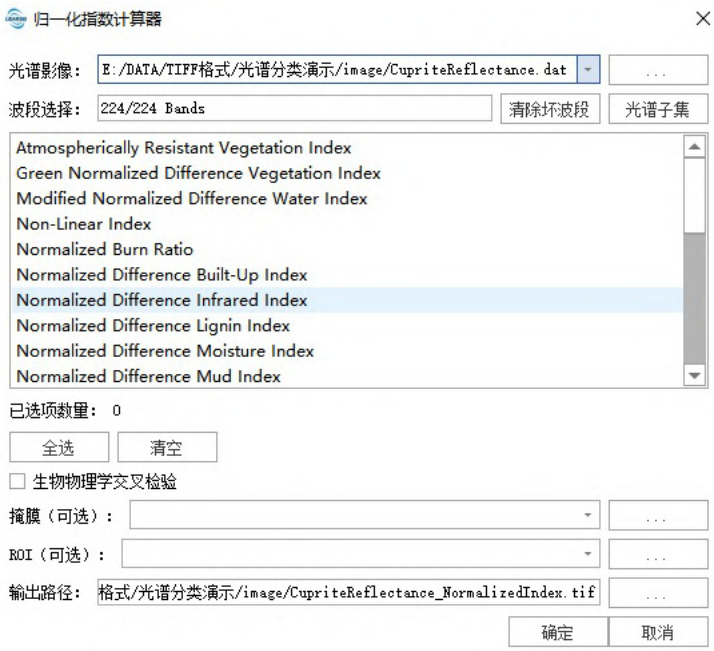
归一化指数计算器

功能概述

该功能是基于两个或多个波长的地表反射率组合而成，用来突出地物的特定特性，该功能包含归一化的光谱指数。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 >归一化指数计算器。



其中点击光谱子集按钮可以选择高光谱影像的波段，其支持计算的光谱指数也会相应变化。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段选择: 选择高光谱影像的波段。
- 支持的光谱指数: 根据选择波段的波长信息，自动匹配可支持计算的光谱指数。
- 生物物理学交叉检验：验证光谱指数与地物实际生物物理参数之间相关性的过程，确保指数结果的科学性和可靠性，默认不勾选。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。

- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

地质和矿物指数计算器

功能概述

该功能是基于两个或多个波长的地表反射率组合而成，用来突出地物的特定特性，该功能包含地质和矿物的光谱指数。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 >地质和矿物指数计算器。

其中点击光谱子集按钮可以选择高光谱影像的波段，其支持计算的光谱指数也会相应变化。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段选择: 选择高光谱影像的波段。
- 支持的光谱指数: 根据选择波段的波长信息，自动匹配可支持计算的光谱指数。
- 生物物理学交叉检验：验证光谱指数与地物实际生物物理参数之间相关性的过程，确保指数结果的科学性和可靠性，默认不勾选。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。

- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

光谱指数计算器

功能概述

该功能是基于两个或多个波长的地表反射率组合而成，用来突出地物的特定特性，该功能包含所有的光谱指数。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 >光谱指数计算器。

其中点击光谱子集按钮可以选择高光谱影像的波段，其支持计算的光谱指数也会相应变化。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段选择: 选择高光谱影像的波段。
- 支持的光谱指数: 根据选择波段的波长信息，自动匹配可支持计算的光谱指数。
- 生物物理学交叉检验：验证光谱指数与地物实际生物物理参数之间相关性的过程，确保指数结果的科学性和可靠性，默认不勾选。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。

- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

参考文献

@inproceedings{ author={Gu, Z., et al}, title={Using Multiple Radiometric Correction Images to Estimate Leaf Area Index}, booktitle={International Journal of Remote Sensing 32 (2011):9441-9454}, year={2011} }

```
@inproceedings{
    author={Guyot, G., and G. Xing-Fa},
    title={Effect of Radiometric Corrections on NDVI-Determined from SPOT-HRV and Landsat-TM Data},
    booktitle={Remote Sensing of Environment 49, no. 3 (1994): 169-180},
    year={1994}
}
```

```
@inproceedings{
    author={Hadjimitsis, D., et al},
    title={Atmospheric Correction for Satellite Remotely Sensed Data Intended for Agricultural Applications: Impa
ct on Vegetation Indices},
    booktitle={Natural Hazards Earth System Science 10 (2010): 89-95},
    year={2010}
}
```

```
@inproceedings{
    author={Jackson, R., and A. Huete},
    title={Interpreting Vegetation Indices},
    booktitle={Preventive Veterinary Medicine 11 (1991): 185-200},
    year={1991}
}
```

```
@inproceedings{
    author={Price, J},
    title={Calibration of Satellite Radiometers and the Comparison of Vegetation Indices},
    booktitle={Remote Sensing of Environment 21 (1987): 15-27},
    year={1987}
}
```

```
@inproceedings{
    author={Ray, T},
    title={A FAQ on Vegetation in Remote Sensing},
    booktitle={http://www.yale.edu/ceo/Documentation/rsvegfaq.html, updated 13 October 1994. Accessed February 20
14},
    year={1994}
}
```

```
@inproceedings{
    author={Steven, M., et al},
    title={Intercalibration of Vegetation Indices from Different Sensor Systems},
    booktitle={Remote Sensing of Environment 88 (2003): 412-422},
    year={2003}
}
```

支持的指数

名称	缩写	计算公式	波长

Alunite Index	ALUI	(w2260 *w2165) / (w2260* w2330)	"w2165", "w2260", "w2330"
Anthocyanin Reflectance Index 1	ARI1	(1.0 / w550) - (1.0 / w700)	"w550", "w700"
Anthocyanin Reflectance Index 2	ARI2	w800n * ((1.0 / w550) - (1.0 / w700))	"w800n", "w550", "w700"
Atmospherically Resistant Vegetation Index	ARVI	(w800w - 2 *w680 + w450) / (w800w + 2* w680 - w450)	"w800w", "w680", "w450"
Burn Area Index	BAI	1.0 / ((0.1 - red)^2 + (0.06 - nir)^2)	"nir", "red"
Calcite Index	CALI	(w2205 / w2330) * (w2395 / w2330)	"w2205", "w2330", "w2395"
Carbonate Index	CARI	w10600 / w11300	"w10600", "w11300"
Carotenoid Reflectance Index 1	CRI1	(1.0 / w510) - (1.0 / w550)	"w510", "w550"
Carotenoid Reflectance Index 2	CRI2	(1.0 / w510) - (1.0 / w700)	"w510", "w700"
Cellulose Absorption Index	CAI	0.5*(w2000 + w2200) - w2100	"w2000", "w2200", "w2100"
Clay Alteration Index	CLAI	(w1650 + w2205) / w2165	"w1650", "w2165", "w2205"
Clay Minerals Ratio	CMR	tm5 / tm7	"tm5", "tm7"
Difference Vegetation Index	DVI	nir - red	"nir", "red"
Disease Water Stress Index	DWSI	(nir + green) / (swir1 + red)	"nir", "green", "swir1", "red"
Dolomite Index	DOLI	(w2205 + w2330) / w2300	"w2205", "w2300", "w2330"
Enhanced Vegetation Index	EVI	(2.5 *(nir - red)) / (nir* + *6.0* red - 7.5 * blue + 1.0)	"nir", "red", "blue"
Epidote / Chlorite / Amphibole Index	ECAI	(w2205 + w2395) / (w2300 + w2330)	"w2205", "w2300", "w2330", "w2395"
Ferric Iron Alteration Index	FEAI	(w2165 / w820) + (w560 / tm3)	"w560", "tm3", "w820", "w2165"
Ferrous Iron (Fe2+) Index	FEI	(w2165 + w820) / (w560 + tm3)	"w560", "tm3", "w820", "w2165"
Ferrous Minerals Ratio	FMR	tm5 / tm4	"tm5", "tm4"
Ferrous Silicates Index	FESI	w2165 / w1650	"w1650", "w2165"
Forest Cover Index 1	FCI1	red * rededge	"red", "rededge"
Forest Cover Index 2	FCI2	red * nir	"red", "nir"
Global Environmental Monitoring Index	GEMI	((2.0 *(nir* nir - red *red) + 1.5* nir + 0.5 *red) / (nir + red + 0.5))* (1.0 - 0.25 *((2.0* (nir *nir - red* red) + 1.5 *nir + 0.5* red) / (nir + red + 0.5))) - ((red - 0.125) / (1.0 - red))	"red", "nir"
Green			

Atmospherically Resistant Index	GARI	+ *1.7* red)	"green", "blue"
Green Chlorophyll Index	GCI	(nir / green) - 1.0	"nir", "green"
Green Difference Vegetation Index	GDVI	nir - green	"nir", "green"
Green Leaf Index	GLI	(2.0 *green - red - blue) / (2.0* green + red + blue)	"red", "green", "blue"
Green Normalized Difference Vegetation Index	GNDVI	(nir - green) / (nir + green)	"nir", "green"
Green Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	GOSAVI	(nir - green) / (nir + green + 0.16)	"nir", "green"
Green Ratio Vegetation Index	GRVI	nir / green	"nir", "green"
Green Soil Adjusted Vegetation Index	GSAVI	1.5 * (nir - green) / (nir + green + 0.5)	"nir", "green"
Green Vegetation Index	GVI	(-0.2848*tm1)* + *(-0.2435*tm2) + (-0.5436*tm3)* + *(0.7243*tm4) + (0.0840*tm5)* + *(-0.1800*tm7)	"tm1", "tm2", "tm3", "tm4", "tm5", "tm7"
Hydroxyl-Bearing (OH) Altered Minerals Index 1	OHI1	(w2260 / w2205) * (w1650 / w2205)	"w1650", "w2205", "w2260"
Hydroxyl-Bearing (OH) Altered Minerals Index 2	OHI2	(w1650 *w2260) / (w2205* w2205)	"w1650", "w2205", "w2260"
Hydroxyl-Bearing (OH) Altered Minerals Index 3	OHI3	(w1650 *w2260) / (w2165* w2165)	"w1650", "w2165", "w2260"
Infrared Percentage Vegetation Index	IPVI	nir / (nir + red)	"nir", "red"
Iron Oxide Ratio	IOR	tm3 / tm1	"w2165", "w2300"
Kaolinite Index 1	KAI1	w2300 / w2165	"w10600", "w11300"
Kaolinite Index 2	KAI2	(w1650 / w2165) * (w2330 / w2205)	"w1650", "w2165", "w2205", "w2330"
Kaolinite Index 3	KAI3	(w1650 + w2260) / w2205	"w1650", "w2205", "w2260"
Laterite Index	LATI	w1650 / w560	"w560", "w1650"
Leaf Area Index	LAI	if(((1.0 + nir + 6.0 *red - 7.5* blue) != 0) And (3.618 *((2.5* (nir - red)) / (1.0 + nir + 6.0 *red - 7.5* blue)) - 0.118) >= 0, 3.618 *((2.5* (nir - red)) / (1.0 + nir + 6.0 *red - 7.5* blue)) - 0.118, 0.0)	"nir", "red", "blue"
Leaf Chlorophyll Index	LCI	(w850 - w710) / (w850 + w680)	"w850", "w710", "w680"
Leaf Water Vegetation Index 1	LWVI1	(w1094 - w983) / (w1094 + w983)	"w1094", "w983"
Leaf Water Vegetation Index 2	LWVI2	(w1094 - w1205) / (w1094 + w1205)	"w1094", "w1205"
Lignin Cellulose Absorption Index	LCAI	100.0 * ((w2205-w2165) + (w2205-w2330))	"w2205", "w2165", "w2330"

Magnesite Index	MAGI	(w2205 + w2330) / (w2260 + w2395)	"w2205", "w2260", "w2330", "w2395"
MgOH-Carbonate Abundance Index	MGAI	(w2395 + w2205) / w2330	"w2205", "w2330", "w2395"
Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index	MCARI	((w700 - w680) - 0.2 *(w700 - w550))* (w700 / w680)	"w700", "w680", "w550"
Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index - Improved	MCARI2	(1.5 *(2.5* (w800n - w680) - 1.3 *(w800n - w550))) / sqrt(4.0* (w800n^2) - 2.0 *w800n + 0.5 + 5.0* sqrt(w680))	"w800n", "w680", "w550"
Modified Non-Linear Index	MNLI	(((nir^2) - red) * 1.5) / ((nir^2) + red + 0.5)	"nir", "red"
Modified Normalized Difference Water Index	MNDWI	(green - swir1) / (green + swir1)	"green", "swir1"
Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index	MRENDVI	(w750w - w705) / (w750w + w705 - 2.0 * w445)	"w750w", "w705", "w445"
Modified Red Edge Simple Ratio	MRESR	(w750w - w445) / (w705 - w445)	"w750w", "w445", "w705"
Modified Simple Ratio	MSR	((nir / red) - 1.0) / sqrt((nir / red) + 1.0)	"nir", "red"
Modified Soil Adjusted Vegetation Index 2	MSAVI2	((2.0 *nir + 1.0) - sqrt(((2.0* nir + 1.0)^2) - 8.0 * (nir - red))) / 2.0	"nir", "red"
Modified Triangular Vegetation Index	MTVI	1.2 *(1.2* (nir - green) - 2.5 * (red - green))	"nir", "red", "green"
Modified Triangular Vegetation Index - Improved	MTVI2	"(1.5 *(1.2* (nir - green) - 2.5 *(red - green))) / sqrt(((2.0* nir + 1)^2) - (6.0 *nir - 5.0* sqrt(red)) - 0.5)"	"nir", "red", "green"
Moisture Stress Index	MSI	w1599 / w819	"w1599", "w819"
Montmorillonite Index	MONI	(w1650 + w2205) / w2260	"w1650", "w2205", "w2260"
Muscovite Index	MUSI	w2300 / w2205	"w2205", "w2300"
Non-Linear Index	NLI	((nir^2) - red) / ((nir^2) + red)	"nir", "red"
Normalized Burn Ratio	NBR	(tm4 - tm7) / (tm4 + tm7)	"tm4", "tm7"
Normalized Burn Ratio Thermal 1	NBRT1	(nir - (swir1 *(thermal / 1000.0))) / (nir + (swir1* (thermal / 1000.0)))	"nir", "swir1", "thermal"
Normalized Difference Built-Up Index	NDBI	(tm5 - tm4) / (tm5 + tm4)	"tm5", "tm4"
Normalized Difference Infrared Index	NDII	(w819 - w1649) / (w819 + w1649)	"w819", "w1649"
Normalized Difference Lignin Index	NDLI	(log10(w1754) - log10(w1680)) / (log10(w1754) + log10(w1680))	"w1754", "w1680"
Normalized			

Index			
Normalized Difference Mud Index	NDMI	(w795 - w990) / (w795 + w990)	"w795", "w990"
Normalized Difference Nitrogen Index	NDNI	-(log10(w1680) - log10(w1510)) / (log10(w1510) + log10(w1680))	"w1510", "w1680"
Normalized Difference Pond Index	NDPI	(swir1 - green) / (swir1 + green)	"green", "swir1"
Normalized Difference Snow Index	NDSI	(green - swir1) / (green + swir1)	"green", "swir1"
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	(nir - red) / (nir + red)	"nir", "red"
Normalized Difference Water Index	NDWI	(w857 - midir) / (w857 + midir)	"w857", "midir"
Normalized Multiband Drought Index	NMDI	(w860 - (w1640 - w2130)) / (w860 + (w1640 - w2130))	"w860", "w1640", "w2130"
Normalized Pigment Chlorophyll Index	NPCI	(w680 - w430) / (w680 + w430)	"w680", "w430"
Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	OSAVI	(nir - red) / (nir + red + 0.16)	"nir", "red"
Phengitic Index	PHEI	(w2165 / w2205	"w2165", "w2205"
Photochemical Reflectance Index	PRI	(w531 - w570) / (w531 + w570)	"w531", "w570"
Phyllic Alteration Index	PHAI	(w2165 + w2260) / w2205	"w2165", "w2205", "w2260"
Plant Senescence Reflectance Index	PSRI	(w680 - w500) / w750w	"w680", "w500", "w750w"
Propylitic Alteration Index	PRAI	(w2260 + w2395) / w2330	"w2260", "w2330", "w2395"
Quartz / Siliceous Rocks Index	QSRI	(w8650 *w8650) / (w8300* w9100)	"w8300", "w8650", "w9100"
Quartz Rich Rocks Index	QRRI	w11300 / w9100	"w9100", "w11300"
Red Edge Normalized Difference Vegetation Index	RENDVI	(w750n - w705) / (w750n + w705)	"w750n", "w705"
Red Edge Position Index	NLI	((nir^2) - red) / ((nir^2) + red)	"nir", "red"
Normalized Burn Ratio	REPI	(700 + 40*(((w670 + w795)/2) - rededge)/(w740-rededge))/1000	"w670", "w795", "rededge", "w740"
Red Green Ratio Index	RGRI	(sumred / sumgreen) * (nbandsgreen / nbandsred)	"sumred", "sumgreen", "nbandsgreen", "nbandsred"
Renormalized Difference	RDVI	(nir - red) / sqrt(nir + red)	"nir", "red"

Difference Vegetation Index	RDVI	(nir - red) / sqrt(nir + red)	"nir", "red"
Silica Dioxide Index	SIDI	w9100 / w10600	"w9100", "w10600"
Simple Ratio	SR	nir / red	"nir", "red"
Simple Water Index	SWI	1.0 / sqrt(blue - swir1)	"blue", "swir1"
Soil Adjusted Vegetation Index	SAVI	1.5 * (nir - red) / (nir + red + 0.5)	"nir", "red"
Structure Independent Pigment Index	SIPI1	(w445 - w800n) / (w670 - w800n)	"w445", "w800n", "w670"
Structure Insensitive Pigment Index	SIPI	(w800n - w445) / (w800n - w680)	"w800n", "w445", "w680"
Sulfate Index	SULI	(w8300 *w9100) / (w8650* w8650)	"w8300", "w8650", "w9100"
Sum Green Index	SGI	sumgreen / nbandsgreen	"sumgreen", "nbandsgreen"
Transformed Chlorophyll Absorption Reflectance Index	TCARI	3.0 *((w700 - w680) - 0.2* (w700 - w550) * (w700 / w680))	"w550", "w680", "w700"
Transformed Difference Vegetation Index	TDVI	sqrt(0.5 + ((nir - red) / (nir + red)))	"nir", "red"
Triangular Greenness Index	TGI	((centerred - centerblue) *(red - green) - (centerred - centergreen)* (red - blue)) / -2.0	"centerred", "centergreen", "centerblue", "red", "green", "blue"
Triangular Vegetation Index	TVI	0.5 *(120.0* (w750w - w550) - 200.0 * (w680 - w550))	"w550", "w680", "w750w"
Visible Atmospherically Resistant Index	VARI	(green - red) / (green + red - blue)	"red", "green", "blue"
Vogelmann Red Edge Index 1	VREI1	w740 / w720	"w740", "w720"
Vogelmann Red Edge Index 2	VREI2	(w734 - w747) / (w715w + w726)	"w734", "w747", "w715w", "w726"
Water Band Index	WBI	w970 / w900	"w970", "w900"
Water Ratio Index	WRI	(green + red) / (nir + swir1)	"green", "red", "nir", "swir1"
Wide Dynamic Range Vegetation Index	WDRVI	((0.2 *nir) - red) / ((0.2* nir) + red)	"nir", "red"
WorldView Built-Up Index	WV-BI	(wv2coastal - wv2rededge) / (wv2coastal + wv2rededge)	"wv2coastal", "wv2rededge"
WorldView Improved Vegetative Index	WV-VI	(wv2nir2 - wv2redcenter)/ (wv2nir2 + wv2redcenter)	"wv2nir2", "wv2redcenter"
WorldView New Iron Index	WV-II	(wv2green *wv2yellow) / (wv2blue* 1000.0)	"wv2green", "wv2yellow", "wv2blue"
WorldView Non-			

Feature Difference			
WorldView Soil Index	WV-SI	(wv2green - wv2yellow) / (wv2green + wv2yellow)	"wv2green", "wv2yellow"
WorldView Water Index	WV-WI	(wv2coastal - wv2nir2) / (wv2coastal + wv2nir2)	"wv2coastal", "wv2nir2"

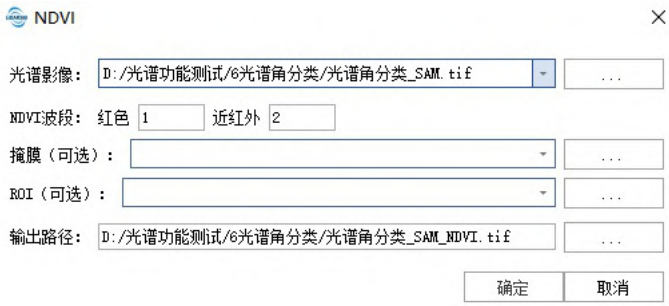
NDVI

功能概述

NDVI（归一化植被指数）是使用最广泛的植被指数用来反映植被特征。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 > *NDVI*。



参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段: 选择参与计算的波段，可根据波长自动匹配波段。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

参考文献

@inproceedings{ author={Rondeaux, G., M. Steven, and F. Baret}, title={Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices}, booktitle={Remote Sensing of Environment 55 (1996): 95-107}, year={1996} }

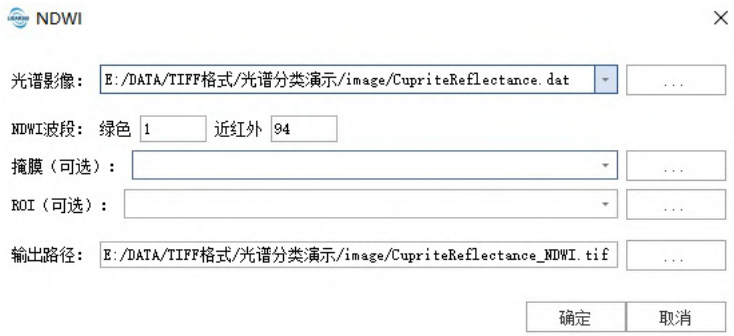
NDWI

功能概述

NDWI（归一化水体指数）专门用于检测地表水体和植被冠层水分含量。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 >*NDWI*。



参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段: 选择参与计算的波段，可根据波长自动匹配波段。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

参考文献

@inproceedings{ author={McFeeters, S}, title={The use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features}, booktitle={International Journal of Remote Sensing 17 (1996): 1425-1432}, year={1996} }

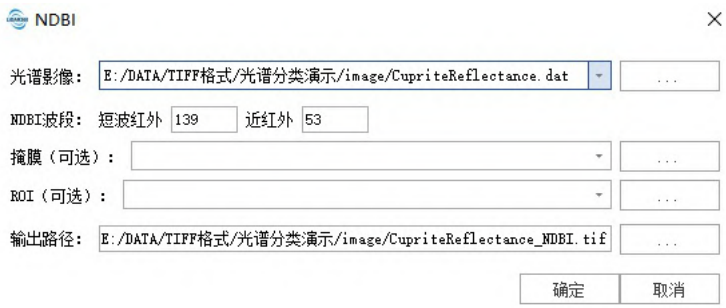
NDBI

功能概述

NDBI（归一化差异建筑指数）专门用于识别城市建成区和人工建筑表面。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 >*NDBI*。



参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段: 选择参与计算的波段，可根据波长自动匹配波段。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

参考文献

@inproceedings{ author={Zha, Y., J. Gao, and S. Ni}, title={Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery}, booktitle={International Journal of Remote Sensing 24, no. 3 (2003): 583-594}, year={2003} }

NBR

功能概述

NBR（归一化燃烧指数）是一种专为火灾影响评估设计的遥感指数。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 > *NBR*。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段: 选择参与计算的波段，可根据波长自动匹配波段。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

参考文献

@inproceedings{ author={Lopez Garcia, M., and V. Caselles}, title={Mapping Burns and Natural Reforestation using Thematic Mapper Data}, booktitle={Geocarto International 6 (1991): 31-37}, year={1991} }

```
    @inproceedings{
        author={Key, C. and N. Benson, N},
        title={Landscape Assessment: Remote Sensing of Severity, the Normalized Burn Ratio; and Ground Measure of Sev
erity, the Composite Burn Index},
        booktitle={In FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System, RMRS-GTR, Ogden, UT: USDA Forest Service
, Rocky Mountain Research Station (2005).},
        year={2005}
    }
```

SAVI

功能概述

SAVI（土壤调节植被指数）是一种改进型植被指数，通过引入土壤调节因子（L），有效减少裸土背景对植被信号的影响，特别适用于低植被覆盖区（如干旱区、农田早期生长阶段）的监测。

用法

点击 光谱 > 光谱指数 > *SAVI*。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。数据需带波长信息。
- 波段: 选择参与计算的波段，可根据波长自动匹配波段。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

参考文献

@inproceedings{ author={Huete, A}, title={A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)}, booktitle={Remote Sensing of Environment 25 (1988): 295-309}, year={1988} }

光谱角分类

功能概述

该功能是基于光谱相似性的遥感影像分类方法，通过计算像元光谱与参考光谱之间的夹角来判定地物类别。存在两种模式一个是使用360内置定义的光谱库或导入的光谱库作为参考光谱，一个是使用ROI区域，提取ROI区域的平均波谱作为参考光谱。

用法

点击 光谱 > 光谱角分类。

其中点击光谱子集按钮可以选择进行光谱角分类计算的波段。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。
- 波段选择: 选择参加计算的波段。
- 模式：选择使用光谱库还是ROI区域。
- 光谱库：导入光谱库或者ROI的gpkg,ROI支持导入ENVI导出的xml文件。其中gpkg文件中每个图层对应一个地物类别，会将图层名作为分类地物的名称。
- 最大光谱角：设置最大的光谱角，小于该角度认为是同一类别。
- 输出路径：生成的tif路径。

最小噪声分离

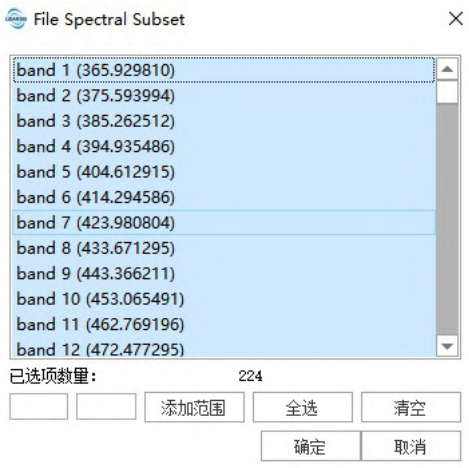
功能概述

利用MNF旋转变换确定图像数据的固有维度，隔离数据中的噪声，减少后续处理的计算量。

用法

点击 光谱 > 最小噪声分离。

其中点击光谱子集按钮可以选择高光谱影像的波段。



参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。
- 波段选择: 选择高光谱影像的波段,对于MNF功能，请单击清除坏波段再使用。。
- 输出波段数量: 提供所需的输出波段数量，如果为0，则使用所有频带。
- 重采样方法: 指定将用于构建金字塔的重采样技术。
- 阈值: 处理阈值（默认值为5000）用于调节分析精度，数值越高精度越高但处理速度越慢。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行指数计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行指数计算。
- 输出**MNF**文件：输出MNF统计信息。
- 输出路径：生成的tif路径。

S-G滤波

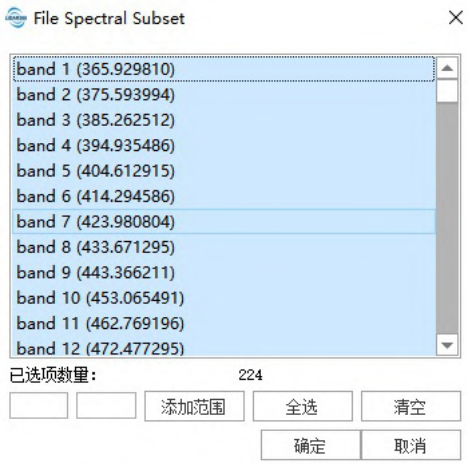
功能概述

S-G(Savitzky Golay)滤波是基于局部多项式最小二乘拟合的信号平滑与求导方法。

用法

点击 光谱 > *S-G*滤波。

其中点击光谱子集按钮可以选择高光谱影像的波段。



参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。格式支持tif，tiff，img，dat。
- 波段选择: 选择高光谱影像的波段。
- 中心点左侧点数: 滤波核中心点左侧的点个数，默认为5。
- 中心点右侧点数: 滤波核中心点右侧的点个数，默认为5。设置的值越大平滑效果越明显。
- 导数阶数: 设置导数阶数。设置为0，表示仅平滑；设置为1，表示一阶导数平滑结果：设置为2，表示二阶导数。以此类推。注：导数阶数必须小于等于平滑多项式次数。
- 平滑多项式次数: 设置平滑多项式的次数。通常设置为2~4。较低的次数能够产生平滑结果，但是有可能出现偏置（bias）。较高的次数能降低偏置，但有可能过拟合而导致结果噪声过多。注：次数必须小于滤波器宽度，即左侧点数+右侧点数+1。
- 重采样方法: 指定将用于构建金字塔的重采样技术。

- 阈值: 处理阈值（默认值为5000）用于调节分析精度，数值越高精度越高但处理速度越慢。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行计算。
- 输出路径：生成的tif路径。

主成分分析

功能概述

计算每个数据的特征值，协方差，相关系数和主成分的正向选择。

用法

点击 光谱 > 主成分分析。

其中点击光谱子集按钮可以选择高光谱影像的波段。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。数据应进行预处理，如辐射定标和大气校正。
- 波段选择: 选择高光谱影像的波段，对于PCA功能，请单击清除坏波段再使用。
- 重采样率**X**: 用于设置重采样的比例，数值越小参与计算的像元数越少，计算速度越快，范围0-1。
- 重采样率**Y**: 用于设置重采样的比例，数值越小参与计算的像元数越少，计算速度越快，范围0-1。
- 计算方法: 协方差矩阵：适用于波段间数据差异较小的情况。相关系数矩阵：适用于波段间数据差异较大的情况。
- 使用特征值: 若使用特征值则默认输出所有波段。
- 输出波段数量: 支持自定义输出的波段数量。
- 重采样方法: 指定将用于构建金字塔的重采样技术。

- 阈值: 处理阈值（默认值为5000）用于调节分析精度，数值越高精度越高但处理速度越慢。
- **ROI**：选择后仅对ROI区域的最小外接矩形进行计算。
- 掩膜：选择后仅对掩膜有效区域进行计算。
- 输出统计文件：输出统计信息。
- 输出路径：生成的tif路径。

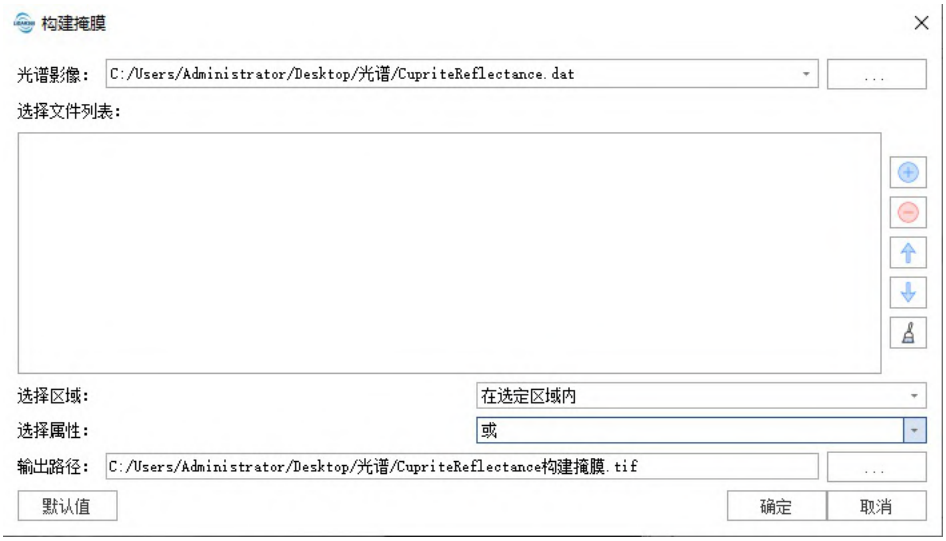
构建掩膜

功能概述

根据矢量构建掩膜。

用法

点击 光谱 > 构建掩膜。



参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。
- 选择文件列表: 输入矢量文件。
- 选择区域: 或和与，意为取交集或并集。
- 选择属性：在选定范围内或外。
- 输出路径：生成的tif路径。

光谱裁剪

功能概述

裁剪光谱影像的波段。

用法

点击 光谱 > 光谱裁剪。

其中点击光谱子集按钮可以选择高光谱影像的波段。

参数设置

- 输入高光谱影像数据：输入高光谱影像数据文件。
- 波段选择: 选择需要保留的高光谱影像的波段。
- 输出路径：生成的tif路径。

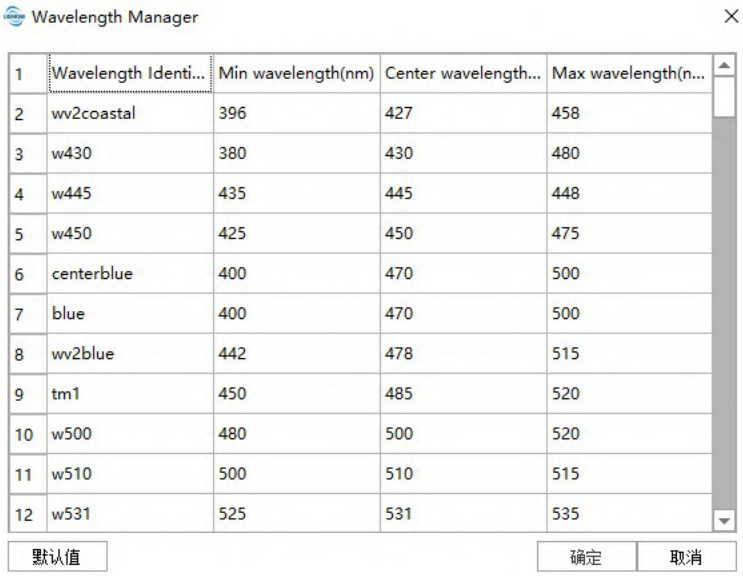
波长管理

功能概述

用以设置360内定义好的波段标识，设置的波段标识可以影响光谱指数功能所使用的波段。其中根据不同的波长范围，将波长定义为不同的波段标识，波长范围可自定义修改但标识名无法修改。

用法

点击 光谱 > 波长管理。



说明

一般不建议修改360的内置波段标识，若需要恢复360默认的波谱标识可点击默认值按钮恢复默认标识。

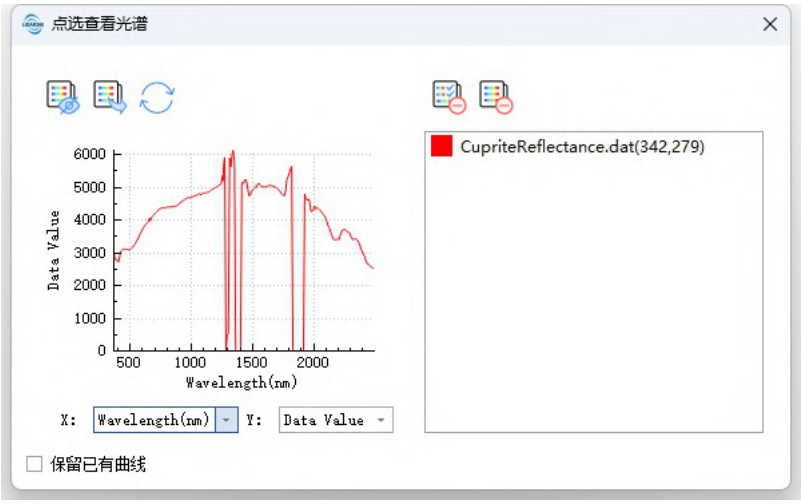
点选查看光谱

功能概述

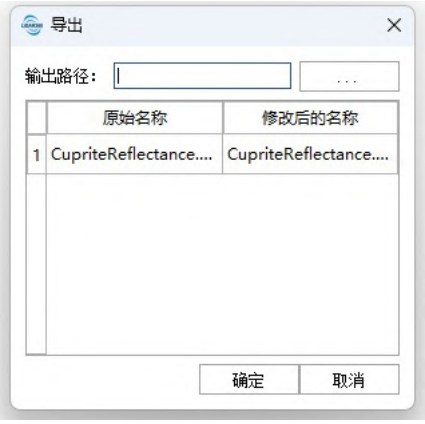
点选导入场景中的光谱数据，显示所选择像素点的光谱曲线数据。

用法

点击 光谱 > 点选查看光谱 启动功能，点击场景中的光谱数据，弹出对话框显示所选像素点的光谱。



- 显隐图例：控制曲线图例的显隐。
- 导出：导出图中光谱数据。支持修改曲线（光谱）名称。



- 刷新：刷新当前数据。可将坐标轴范围恢复为初始显示的状态。
- 切换坐标：如果光谱数据存在波长信息，则可切换横坐标为波长和索引两种形式。
- 保留已有曲线：勾选后，点选不移除当前已显示的曲线。按住shift键进行点选效果相同。
- 移除所选曲线：移除曲线列表中已选中的曲线。
- 移除所有曲线：移除曲线列表中所有曲线。

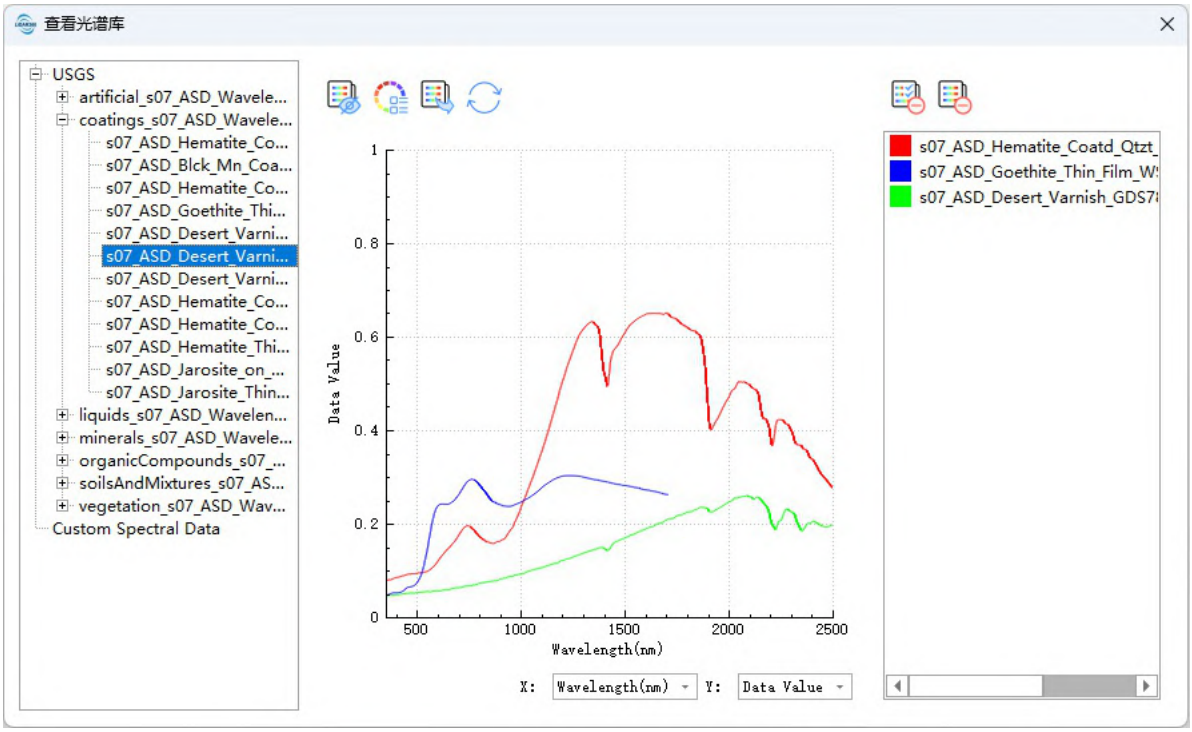
查看光谱库

功能概述

查看软件内置和用户自行定义的光谱数据。其中内置光谱库使用的为USGS7.0版本的光谱库。 USGS V7.0引用：Kokaly, R.F., Clark, R.N., Swayze, G.A., Livo, K.E., Hoefen, T.M., Pearson, N.C., Wise, R.A., Benzel, W.M., Lowers, H.A., Driscoll, R.L., and Klein, A.J., 2017, USGS Spectral Library Version 7: U.S. Geological Survey Data Series 1035, 61 p., https://doi.org/10.3133/ds1035

用法

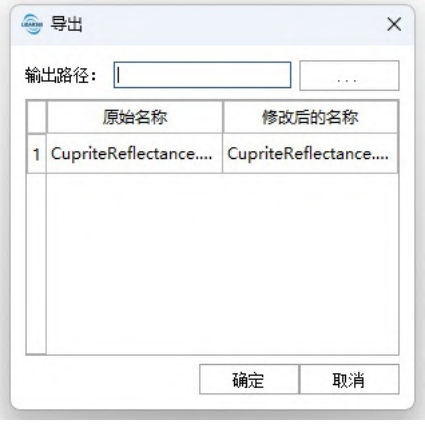
点击 光谱 > 查看光谱库 。



整体上分成三个部分，左侧显示光谱库中已有的数据项，中间为图示部分，点击左侧数据项后，则显示到图中，右侧为已显示的数据项名称。

- 显隐图例：控制曲线图例的显隐。
- 定义类别：将图中光谱曲线定义为某个类别并置入光谱库。支持修改名称。定义后的数据会展示到左侧用户自定义光谱（Custom Spectral Data）部分，支持查看。右键单击左侧任意区域可添加定义光谱，右键单击具体的自定义光谱数据可进行修改或者删除。

- 导出：导出图中光谱数据。支持修改曲线（光谱）名称。



- 刷新：刷新当前数据。可将坐标轴范围恢复为初始显示的状态。
- 切换坐标：如果光谱数据存在波长信息，则可切换横坐标为波长和索引两种形式。
- 保留已有曲线：勾选后，点选不移除当前已显示的曲线。按住shift键进行点选效果相同。
- 移除所选曲线：移除曲线列表中已选中的曲线。
- 移除所有曲线：移除曲线列表中所有曲线。

矿山

提供与矿山相关的工具集，包含提取巷道点，计算法向量，三角网建模、泊松建模等功能。

- 巷道
  - 提取巷道点
  - 法线计算
  - 泊松建模
  - 表面重建
- 露天矿
  - 体积变化分析
  - 提取坡顶坡底线
  - 坡道间合规分析
  - 断面分析
- 编辑
  - 模型编辑

巷道包含功能有：提取巷道点、法线计算、泊松建模、表面重建。

- 提取巷道点
- 法线计算
- 泊松建模
- 表面重建
- 巷道中心线提取

提取巷道点

功能概述

通过从外部导入或手动绘制的方式生成中心线，然后沿着中心线去除巷道内部的噪点，并生成新文件。算法首先会提取中心线周围一定范围内的巷道点云，并将巷道点云沿着中心线按照一定步长进行垂直切片。然后计算每一个切片的外环（巷道边界），并去除内部噪点，最后再将结果合并。此功能适用于洞穴、盾构隧道、地下巷道等数据。

用法

点击 矿山 >巷道 > 提取巷道点 。

参数设置

- 输入点云数据：输入文件可以是单个点云数据文件，待处理数据必须在LiDAR360软件中打开。
- 中心线：目前支持“从文件导入”和“手动绘制”两种方式获取中心线。算法会提取这些中心线周围的巷道点云并去噪，最后生成新文件。
    - 从文件导入：支持SHAPE格式和ASCII格式的中心线文件。中心线文件需至少包含两列，分别为：X、Y。中心线文件导入后，将在场景中显示。该中心线需要和点云套合，否则功能无法正常运行。
    - 手动绘制：用户可以使用交互多段线作为媒介自动计算中心线。点击按钮在视图中鼠标左键开始绘制多段线，双击结束绘制当前多段线择，并加入到多段线列表。在列表中选择一个多段线，点击按钮可以删除相应的多段线。
- 步长（米）（默认为**“0.25”**）: 沿着中心线以该步长对巷道进行纵向剖切，并对剖切后的每一段点云单独进行去噪。步长影响算法效率和精细程度。步长越小，效率越低，去噪效果越精细。当巷道表面一致性较好且方向变化平缓时，可以适当调大该值。
- 隧道厚度（米）（默认为**“0.2”**）：巷道厚度是指巷道内壁到巷道表面的平均距离。大于此距离的巷道内的点将判别为噪点。
- 隧道宽度（米）（默认为**“8”**）:巷道净宽是指巷道内轮廓断面的最大宽度，决定了中心线两侧点云的提取范围。此值需要大于整条巷道净宽的最大值，以避免在计算过程中无法取得巷道点云。
- 通过距离简化中心线（默认不勾选）:经过简化后，中心线两点之间的近似距离。

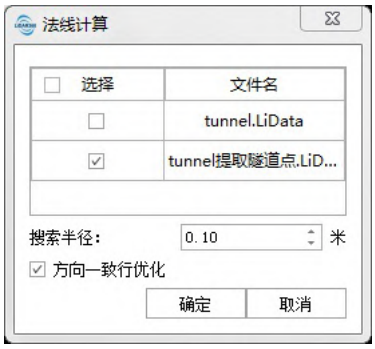
法线计算

功能概述

计算巷道法向量。算法将对每一个点搜索一定半径范围内的相邻点，再根据这些点计算局部平面以及法向。最后利用最小生成树对法线的方向进行优化（可选）。生成的法向将作为附加属性储存，附加属性字段为“Normals”。

用法

点击 矿山 >巷道 > 法线计算。



参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 搜索半径（米）（默认为**“0.5”**）：邻域搜索半径。算法通过对每个点进行邻域搜索取得相邻点，再根据这些点计算法向。此值过大和过小都将导致法线计算错误，过大时还将导致算法效率降低。此值可以设置为平均点间距的5倍以得到最佳结果。
- 法向一致性（默认勾选）：勾选此项时将利用最小生成树对法向进行一致性优化。

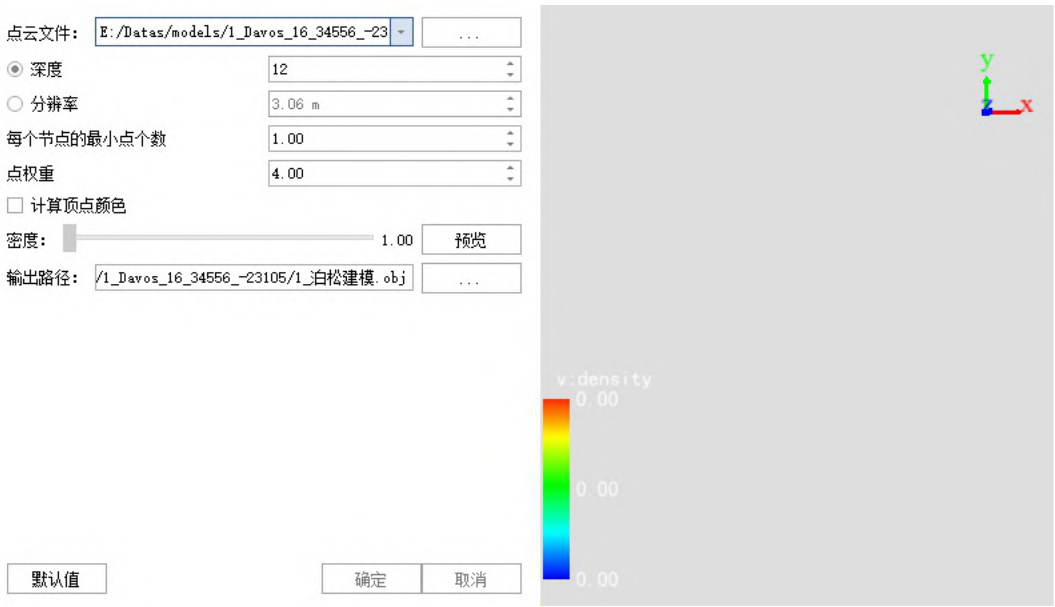
泊松建模

功能概述

利用点云进行泊松建模，并生成.obj格式的三维模型文件。运行此功能前必须先对点云进行法向计算，设置参数点击预览可在右侧窗口预览结果，通过调整密度参数调整最终效果，确认保存。

用法

点击 矿山 >巷道 > 泊松建模。



参数设置

- 输入点云数据：输入一个或多个点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 深度（默认为**“12”**）：与分辨率参数仅一个生效，重建构建点云八叉树的深度。深度越深，所重建出的三角网越密，更多细节将予以保留；反之三角网越稀疏。注：深度不宜过深防止八叉树节点尺寸小于点间隔。
- 分辨率（默认为**“0.4”**）：与深度参数仅一个生效，所重建出的隐式三角网曲面的分辨率。分辨率越高，所重建出的三角网越密，更多细节将予以保留；反之三角网越稀疏。
- 每个节点的最小点个数（默认为**“1.5”**）：八叉树重建后保留在每个节点中的最小点个数，主要用于削弱噪点对重建结果的影响，此值越大，抗噪能力越强，但更多细节将被忽略。对于少量噪声的点云可以设置为1.0~5.0之间；对于含有大量噪声的点云可以设置为15~20之间。
- 点权重（默认为**“2.0”**）：所插值的点在泊松隐式方程中的权重。该权重值越大，所重建出的隐式三角网曲面就越接近原始点云。
- 计算顶点颜色: 仅在原始点云具有颜色属性的情况下生效，使用原始点云颜色对重建模型顶点颜色进行插值，生成带有顶点颜色属性的模型。
- 密度: 重建后八叉树节点内点密度，在进行预览生成模型调节此参数确认最终重建结果。

三角网曲面重建

功能概述

基于点云快速三维建模，在执行该功能之前通常需要对原始数据进行去噪、下采样、平滑等预处理，该功能无需执行计算法线并生成三维模型文件。

用法

点击 矿山 >巷道 > 曲面重建。

参数设置

重建设置

- 输入点云数据：选择用于曲面建模的点云数据文件。文件格式：*.LiData。
- 选择类别: 参与曲面重建曲面的点类别。
- 移除小物体: 是否移除小物体组件，如漂浮物等。
- 计算顶点颜色：使用使用原始点云的点颜色作为模型顶点的顶点颜色
- 孔洞最小周长：周长小于该参数的孔洞将被填充。
- 简化至：将曲面重建的原始模型三角面片数简化到设置的百分比。100%代表不简化
- 平滑迭代次数：将曲面重建的原始模型进行平滑操作。0代表不简化，越大平滑次数越多，平滑度越高。

分块设置

- 分块方式
  - 自定义点数量：按点数量分块，每块点数量不超过设置值。

    - 自定义边长：按照边长分块，每块为设置值的正方形区域。
- 分块缓冲区：相邻块之间的重叠区域宽度。
- 细节层次：在保存3D Tiles格式时设置。
    - 类型：自适应四叉树适用于z维度较小的大范围地形数据；自适应八叉树适用于数据三个维度一致数据。
    - 节点大小：每个瓦片内允许的最大三角面片数量。
- 导出格式：支持3D Tiles 1.1标准格式及.obj格式。

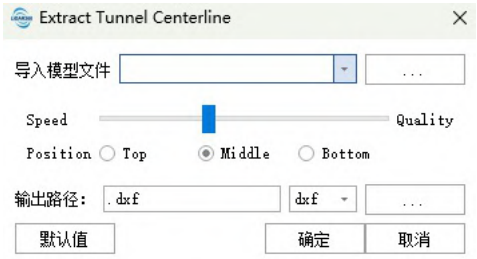
巷道中心线提取

功能概述

基于三角网模型的提取隧道中心线，隧道模型可根据曲面重建功能生成或使用其他软件生成。

用法

点击矿山> 巷道> 巷道中心线提取，弹出参数界面，设置参数执行提取。



参数设置

- 输入数据： 从工程图层目录选择或从文件夹选择模型文件。
- 速度-质量：滑动条控制提取速度与质量间的均衡。
- 结果中心线位置：设置上部或下部，结果线会吸附在巷道上表面或下表面。
- 输出路径：结果中心线保存的位置及格式（支持.shp、.dxf、.gpkg、.csv）。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

露天矿包含功能有：体积变化分析和提取坡顶坡底线。

- 体积变化分析
- 提取坡顶坡底线
- 坡道间合规分析

体积变化分析

功能概述

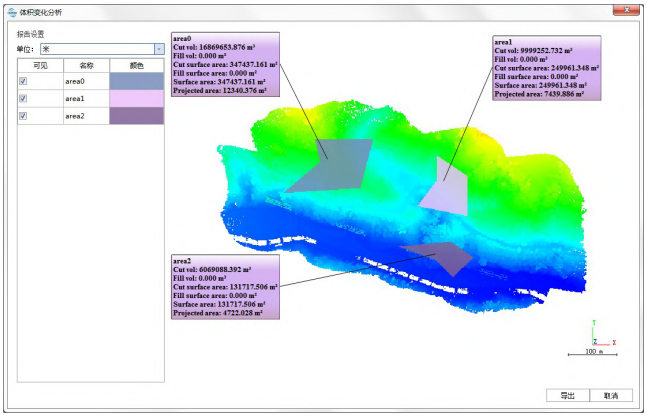
该功能主要用于计算以模型或平面为基准的点云填挖方量并生成报告。

用法

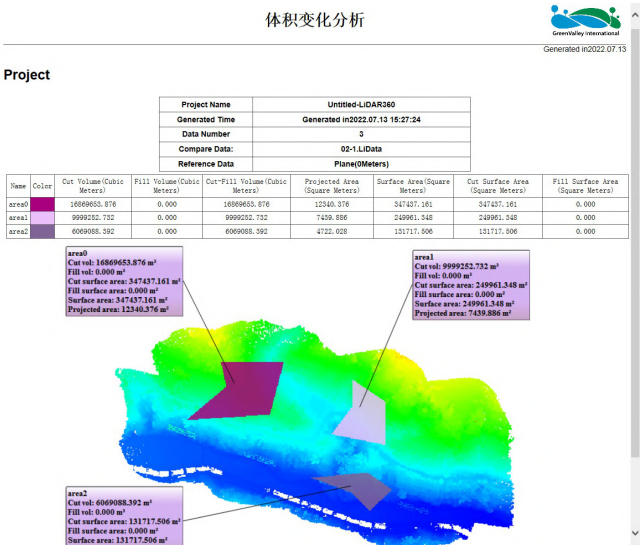
点击 矿山 > 露天矿 >体积变化分析 。

参数设置

- 输入待对比数据：待对比数据可以是点云或模型数据。若数据已经在360中打开，则用户可以从下拉菜单中选择。也可以利用右侧的按钮直接导入。
- 初始类别：用于参与体积变化分析的类别。
- 基准：
  - 模型：选择模型作为基准面。此时必须选择选定一个模型文件。若模型数据已经在360中打开，则用户可以从下拉菜单中选择。也可以利用右侧的按钮直接导入。目前只支持“.LiTin”格式的模型。
  - 平面：选择平面作为基准面。此时需要指定平面高度。填挖方量将会以此水平面为基准进行计算。
- 区域文件：用户可以从下拉菜单中选择加载到LiDAR360软件中的矢量文件，也可以选择 ... 按钮来加载外部矢量数据文件。文件中需要包含若干个闭合多边形，这些多边形将作为用户关心的各个区域的边界进行填挖方计算，计算出来的结果也将和多边形一一对应。
- 区域缓冲区（米）（默认为**1.0**）：以模型为基准时，区域的缓冲区可用于优化边界处的计算，一般设定为最小点间距的两到三倍。
- 填挖方报告：单击确定并计算完成后将弹出体积变化分析报告界面。计算出的各个区域的填挖方以表格的形式展示出来。各个多边形区域将绘制在底图上，并以浮动标签的形式展示其填挖方及表面积。



- 报告设置：在报告设置界面中可以更改单位。表格第一列可以改变区域的可见性。双击第3列可改变颜色。
- 导出：将报告导出为html格式。



提取坡顶坡底线

功能概述

基于三角网模型的矿山边坡线自动提取。

用法

点击矿山> 露天矿> 提取坡顶坡底线，弹出参数界面，设置参数执行提取。

参数设置

- 输入数据： 从工程图层目录选择或从文件夹选择模型文件。
- 最小坡面角（°）：最小台阶坡面角，提取大于该参数坡面对应的特征线。
- 最大坡面角（°）：最大台阶坡面角，提取小于该参数坡面对应的特征线。
- 最短边坡线长度（m）：最短边坡线长度，过滤小于该参数的提取结果。
- 保存格式：提取结果边坡线保存的格式（支持.shp、.dxf）。
- 默认值：点击此按钮，恢复所有参数默认值。

坡道间合规分析

功能概述

该功能根据兴趣区域、矿山走势线、竣工表面模型，坡顶坡底线快速计算台阶坡面角、平盘宽度生成剖面图。

用法

在功能点击矿山 > 坡道间合规分析，弹出功能页:

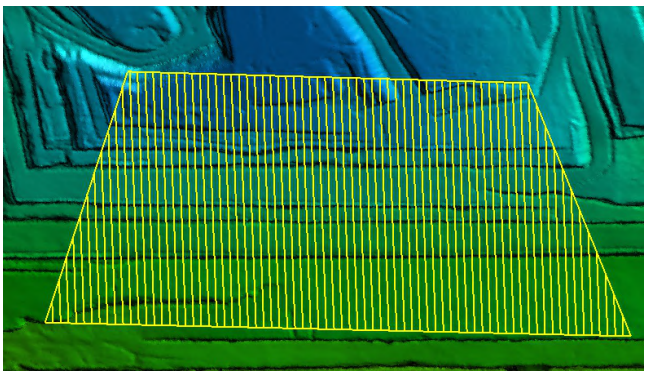
分别为选择数据、自动横断面位置生成、手动编辑横断面位置、生成剖面图、生成报告、退出。

1.数据选择

点击选择数据按钮，弹出对话框，进行数据选择及参数设置：

- 边界文件： 兴趣区域多边形范围文件，仅对该范围内进行分析。
- 走势线文件：该区域露天矿走势线文件，为单条多段线，沿走势线生成断面。
- 条带宽度（**m**）：根据区域多边形及走势线生成兴趣区域单个网状条带的宽度参数，沿走势线生成的每个条带的宽度。
- 现状模型文件：露天矿的现状三维模型，用于提取剖面的模型文件。
- 坡顶线文件：露天矿坡顶线对应的文件。
- 坡顶线图层：露天矿坡顶线对应的图层。
- 坡底线文件：露天矿坡底线对应的文件。
- 坡底线图层：露天矿坡底线对应的图层。
- 淤泥区域上边界文件：露天矿淤泥区域的上边界线对应的文件。
- 淤泥区域下边界文件：露天矿淤泥区域的下边界线对应的文件。

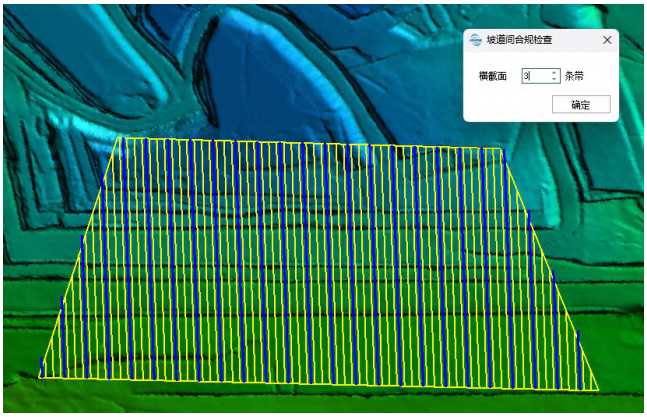
点击确定，窗口生成条带网格（黄色）。



2.自动横断面位置生成

点击自动横断面位置生成按钮，弹出对话框：

- 条带个数： 生成相邻横断面间条带个数。

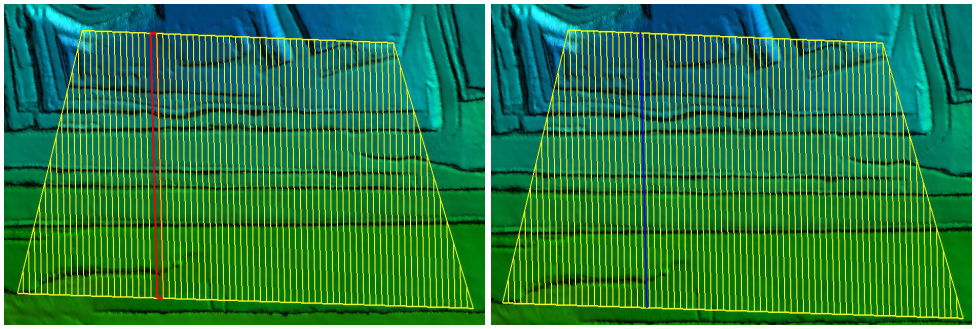


点击确定，生成横断面位置线（蓝色）。

3.手动编辑横断面位置

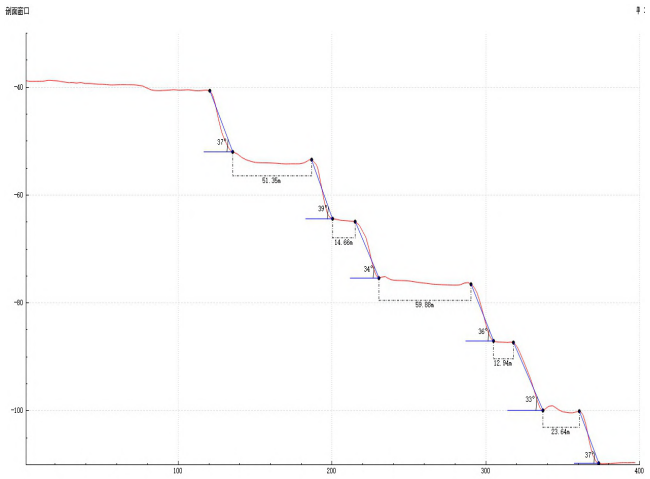
点击手动编辑横断面位置可在窗口进行交互添加删除横断面位置线。

当前选中条带位置会高亮为红色，鼠标左键确认 ，若当前选中条带内无横断面位置线则会添加一条，若已存在会删除对应横断线。



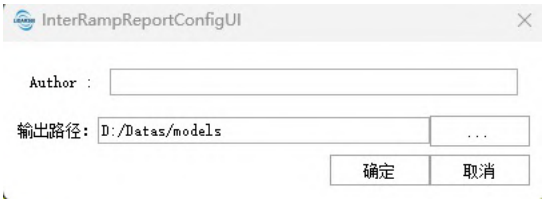
4.生成剖面图

点击生成剖面图按钮，进行台阶坡面角、平盘宽度计算及剖面图生成，可在生成结果可在右侧剖面图窗口进行预览。



5.生成报告

点击生成报告 按钮，弹出对话框：



- 作者： 报告作者。
- 保存路径： 报告保存路径。

  设置参数，确定，在目标位置会生成PDF报告及CSV表格。

6.退出

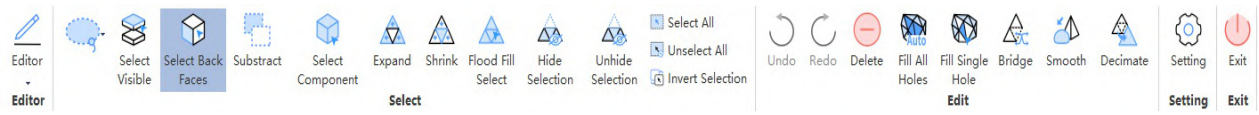
点击退出 ，退出功能。

模型编辑

模型编辑功能实现对三角网模型对象进行编辑修改，包括选择工具、编辑工具、显示设置等，可使用该工具对自动生成的模型进行编辑优化。

用法

点击矿山 > 模型编辑 ，弹出功能页:



主要分为以下几个部分：

- 编辑
- 选择工具
- 编辑工具
- 设置

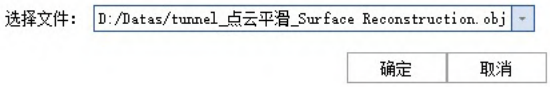
通过编辑工具，选择模型对象进入编辑模式，通过选择工具、编辑工具对模型进行修改优化。保存编辑对象，点击退出，退出模型编辑。

编辑器

控制矢量编辑的开启和结束，每次支持对一个矢量对象进行编辑。可以进行编辑的矢量对象包括：选择矢量文件进行编辑、新建临时矢量文件和新建文件编辑。

开始编辑

点击编辑 > 开始编辑 ，弹出待编辑数据选择对话框：



从当前窗口模型列表中，选择要编辑的模型数据，点击确认进入模型的编辑模式。

在编辑的过程中，被编辑的模型数据不能从编辑窗口中移除。

保存

点击编辑 > 保存 保存当前的编辑对象，并覆盖原文件。

结束编辑

点击编辑 > 结束编辑

若模型文件修改，会弹出保存编辑结果的提示框：

点击确定会保存当前编辑并覆盖原文件，点击否会取消当前编辑并退出，点击取消将取消退出，可对当前模型对象继续编辑。

选择工具

针对当前编辑的模型进行三角面片选择，从左到右依次包括选择工具（套索、矩形、多边形）、选择模式（选择贯通、选择可见）、是否选择背面、减选、选择组件、扩展、收缩、泛洪选择、隐藏选择、显示选择、选择所有、清除选择、反选。

选择工具

通过下拉菜单切换当前选择工具包括：

矩形选择

套索选择

多边形选择

选择模式

可在两种选择模式切换：

选择可见：该模式下通过选择工具仅可选中窗口可见三角形。

选择贯通：该模式下通过选择工具可选中选择区域内的所有三角形。

两者区别如下图：

从左到右依次为：选择区域、选择贯通、选择可见

选择背面

选择背面，是否启用背面选择，默认启用。在启用该模式下，当前选择工具可选中当前可见。

减选

减选，启用该模式下，通过选择工具可取消该选中区域面片的选中状态。

选择组件

选择组件，通过组件选择会将与当前已选择三角面片属于统一组件的所有三角面片置为选中状态，如选中漂浮物的一个三角面片，执行该功能会将整个漂浮物选中。

扩展

扩展，执行扩选会将当前选中三角面片区域向外扩大范围。

收缩

收缩，执行扩选会将当前选中三角面片区域向内缩小范围。

泛洪选择

泛洪选择，执行泛洪选择会将与当前选中面片位于近似平面的相连三角面片选中。

隐藏选择

 隐藏选择，执行该功能可将当前选中三角面片设置为不可见，方便选中被遮挡的或内部的三角面片。

显示选择

 显示选择，执行该功能将恢复所有隐藏的三角面可见。

选择所有

选择所有，执行该功能选中当前编辑对象所有面片置为选中状态。

清除选择

清除选择，执行该功能选中当前编辑对象所有面片置为非选中状态。

反选

反选，执行该功能，当前编辑对象所有选中面片置为非选中状态，非选中面片置为选中状态。

编辑工具

编辑

针对当前编辑的模型进行编辑操作，从左到右依次包括回退、重做、删除、填充所有孔洞、单次填充孔洞、桥接、平滑、简化。

回退

回退，撤销上次编辑操作。

重做

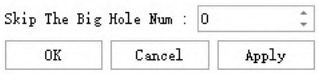
重做，重新执行上次编辑操作。

删除

删除，删除当前选中三角面片。

填充所有孔洞

填充所有孔洞，点击功能按钮弹出参数界面：



- 跳过大洞个数 ：跳过边数较多的洞的个数，跳过的洞会显示为绿色，进行填补的洞显示为红色。

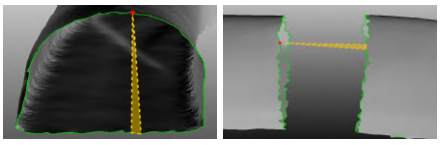
  点击应用，执行填充所有孔洞。孔洞填充完毕后，点击确定会退出并保存当前补洞结果，点击取消会退出补洞不会保存当前补洞结果。

填充单个孔洞

填充单个孔洞，进入单个孔洞填充模式，鼠标移动选择孔洞，选中孔洞为红色，左键确认填充选中的孔洞。

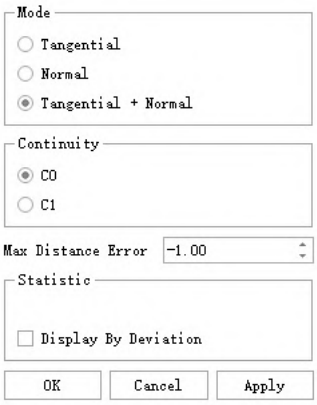
桥接

桥接，点击桥接进入桥接模式，通过鼠标左键第一次选中洞上点，第二次选中洞的一条边来生成单个三角面片。选择的点及边可来自同一洞或不同洞，如下图：



平滑

平滑，点击功能按钮弹出参数界面：



- 模式

  切向： 向局部三角面片切向方向进行平滑

  法向：向局部三角面片法线方向进行平滑

  切向+法线：切向与法向方向联合平滑

- 连续性

  C0：保持局部点位置平滑连续性

  C1：保持局部点法向平滑连续性

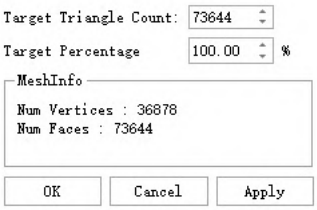
- 最大位移偏差：平滑后点位置与平滑前允许的最大位移量，若平滑点超过该值，则对应点不做改变。默认-1，不限制顶点移动距离。

- 统计信息：待处理断裂线对应点云的源类别，一般为构网类别。

  按偏差显示： 模型是否按平滑后点位移量大小显示，在非双面显示情况下有效。

简化

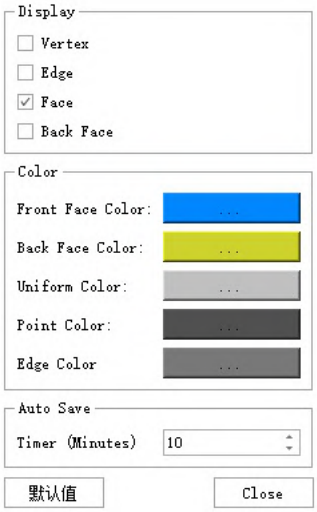
简化，点击功能按钮弹出参数界面：



- 目标三角面片个数 ：将三角面片个数简化到设置的个数
- 目标三角面片百分比 ：控制目标三角面片个数

设置

设置，点击设置按钮弹出设置界面：



- 显示

  顶点： 是否显示三角网模型顶点

  边：是否显示三角网模型边

  面：是否显示三角网模型面片

  背面：模型是否正反面区分显示

- 颜色

  正面颜色：背面显示开启下，正面的显示颜色

  背面颜色：背面显示开启下，背面的显示颜色

  单一颜色：背面显示关闭下，模型显示颜色

  背面颜色：模型顶点显示颜色

  背面颜色：模型边显示颜色

- 自动缓存： 时间（分钟）：编辑模型每间隔多长时间进行一次缓存，用于程序异常退出可恢复当前编辑对象

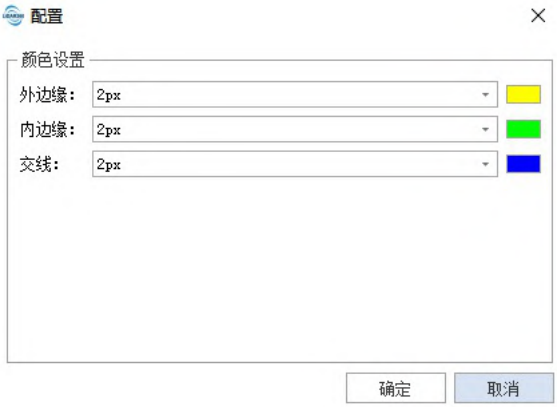
建筑物

建筑物建模功能实现对基于分类点云的建筑物模型的自动提取，对自动提取模型成果的手动编辑及存储。 在建筑物模型编辑过程中，以点云、影像数据为背景，以建筑物模型的实时预览效果为辅助，通过手动编辑建筑物模型的二维矢量化对象，快速准确地构建建筑物模型。同时建筑物模型成果支持生成OBJ、FBX、CityJSON格式，用于第三方软件对接。

建模流程

- 从影像中提取建筑物轮廓
- 重采样
- 去噪
- 地面点分类
- 深度学习分类
- 数字表面模型
- 数字正射影像图
- 建筑物模型配准
- 建筑物编辑
- 自动创建建筑物
- LiBIM倾斜影像贴图
- LiBIM正射影像贴图
- 属性计算
- 模型贴图照片编辑器
- 模型材质编辑器

建筑物模型配准

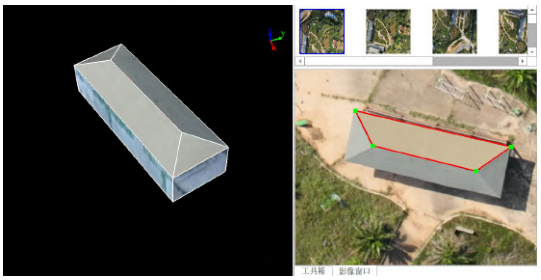


通过点云、模型或者导入控制点，在影像窗口中选择对应的影像控制点，采集到四对控制点后，会开始根据四对控制点对影像工程做配准。

用法

- 影像窗口
- 配准点列表窗口

影像窗口



显示影像工程文件中的影像缩率图列表和当前列表中选中的影像

查找到的影像

显示根据当前选中的三维点位置或者建筑物面片中心点，在影像列表中查找到的影像。

所有影像

显示影像工程中的所有影像

保存

保存当前纹理编辑的结果

配准点列表

导入

导入配准点文件到配准点列表

导出

从配准点列表导出配准点到文件中

点选

开启点选功能，在点云或模型窗口中选择三维点，在影像窗口中选择二维影像点。

添加点

新增一行配准点记录

删除点

删除当前选中的配准点记录

保存

保存当前配准结果到影像工程文件中，如果勾选精配准，需要选择点云文件，会在当前配准结果的基础上进行精配准。

从影像中提取建筑物轮廓

功能概述

此功能利用深度学习提取图像中的建筑物轮廓。该功能的输入必须是DOM（数字正射影像图）或使用航飞影像生产的正射影像图像等三通道彩色影像。不可以是DEM、DSM等单通道影像。输出结果为矢量文件，内部包含多个建筑轮廓。

用法

点击建筑物 > 从影像中提取建筑物轮廓。

参数设置

- 影像文件：从软件已打开或从文件夹中选取影像数据，当前支持tif、tiff、jpg、jpeg和png格式。
- 简化（默认为**“是”**）：勾选简化后，建筑物轮廓边界将被精简，可在一定程度上消除原始轮廓中的锯齿。
- 正则化（默认为**“是”**）：是否对对生成的建筑物轮廓进行正则化操作。正则化后，建筑物轮廓中任意相邻两边的夹角不大于角度阈值。
- 删除轮廓当面积小于（默认为**“10”**）：若勾选此项，面积小于此值的轮廓将被删除。
- 输出路径：输出轮廓矢量文件的保存路径。

自动创建建筑物模型

功能概述

根据通用建筑模型描述，Lidar360自动建模功能生成level-of-detail(LOD)2建筑模型.对于LOD2建筑模型，主要表达屋顶的形状，墙体为竖直拉伸的平面。自动建筑物建模是基于机载点云数据及建筑物的矢量轮廓。矢量轮廓主要用于确定每栋建筑物范围并约束模型生成。自动建模可以创建高精度的建筑物LOD2模型，并可通过手动编辑工具对生成的模型进行细节修改。

用法

自动创建建筑物模型流程如下：

1.使用分类工具进行地面点分类。

2.（可选的）使用分类工具进行建筑物分类。

3.点击*3D*建模功能页>自动创建建筑物 按钮，弹出对话框：

4.设置参数，点击OK开始执行。

参数设置

- 点云文件：从软件已打开或从文件夹中选取点云数据，点云数据应至少进行地面点分类。
- 建筑物轮廓文件：建筑物矢量轮廓文件支持shp、dxf、gpkg格式文件，可通过Lidar360矢量编辑模块生成或使用已有的建筑物轮廓文件。
- 屋顶类别：用于确定提取屋顶形状所使用点云。默认选择建筑物类别，若未对数据进行建筑物分类则可增选创建点、未分类点或用户自定义作为屋顶的类别。
- 地面点类别 ：用于确定建筑物地板平面高程，默认使用地面点类别。
- 输出路径 ：模型文件的保存路径。

建筑物编辑

建筑物编辑功能，选择已生成好的建筑物模型文件或者新建建筑物模型文件开启编辑，在这个功能中可以支持手动创建建筑物模型，调节建筑物模型细节。

用法

- 编辑
- 实用工具
- 手动创建建筑物
- 建筑物高度
- 建筑物编辑工具
- 辅助工具
- 显示/隐藏
- 建筑物模型列表

编辑

控制建筑物模型编辑的开启和结束，每次支持对一个建筑物对象进行编辑。可以进行编辑的建筑物模型对象包括：选择建筑物模型文件进行编辑、新建临时建筑物模型文件。

选择建筑物模型文件编辑

点击编辑 > 选择建筑物模型文件编辑

如果编辑窗口中有建筑物模型对象数据，弹出选择建筑物模型对象数据的界面，已经加载到编辑窗口中的建筑物模型对象数据会出现在选择列表中，选择要编辑的数据。

如果编辑窗口中没有建筑物模型对象数据，弹出选择建筑物模型文件的对话框，从磁盘中加载数据进行编辑。

开启编辑后，建筑物模型编辑工具条其它功能会被激活。

在编辑的过程中，被编辑的建筑物模型数据不能从编辑窗口中移除。

新建临时建筑物模型

点击编辑 > 新建临时建筑物模型对象编辑

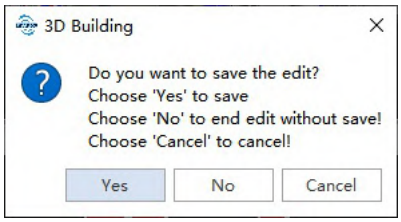
在编辑窗口构建了一个临时的编辑模型编辑对象，可以进行建筑物的手动提取和提取后的手动编辑，同时将编辑的建筑物模型数据作为窗口中的一个临时对象加载到目录树上。

开启编辑后，建筑物模型编辑工具条其它功能会被激活。

在编辑的过程中，被编辑的建筑物模型数据不能从编辑窗口中移除。

保存

功能描述：点击*编辑器>保存*,如果是临时模型对象且未进行过保存操作，弹出保存文件界面，否则将保存至原有文件中。



结束编辑

点击编辑 > 结束编辑

结束此次编辑，会弹出保存编辑结果的提示框，用户按需求进行选择后，退出编辑功能，建筑物模型编辑模块变为不可用状态。

基础功能

基础功能：包括回退、重做和设置。

回退

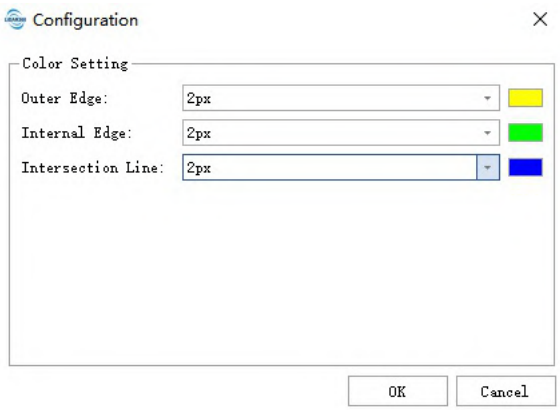
撤销上次操作。

重做

重做上次操作。

设置

配置建筑物模型编辑模块各种参数。



- 颜色设置：定义了外边缘、内边缘、交线三种线型的颜色。
- 宽度设置：定义了外边缘、内边缘、交线三种线型的线宽。

手动创建建筑物模型

功能概述

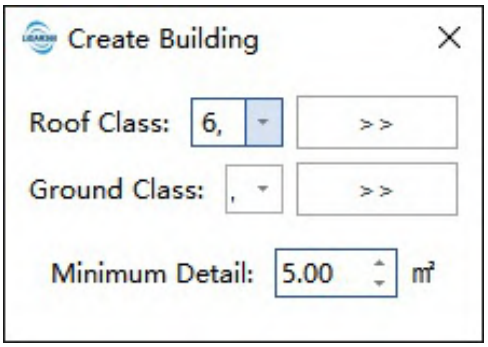
通过绘制单栋建筑物的轮廓范围进行建筑物模型生成，主要用于自动创建建筑模型功能漏提取的或建筑物矢量轮廓中缺少的建筑。点云数据与自动创建建筑物模型功能要求一致，应至少进行地面点分类。

用法

手动创建建筑物模型流程如下：

1.点击*3D*建模功能页>编辑 按钮，新建或选取一个建筑物模型文件。

2.点击*3D*建模功能页>创建建筑模型 按钮，弹出对话框：



3.设置参数。

4.在点云窗口，点击鼠标左键绘制目标建筑物的边界轮廓，鼠标右键可回退到上一点，双击确定，执行生成建筑模型，

参数设置

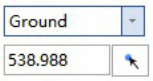
- 屋顶类别：用于确定提取屋顶形状所使用点云。默认选择建筑物类别，若未对数据进行建筑物分类则可增选创建点、未分类点或用于自定义作为屋顶的类别。
- 地面点类别 ：用于确定建筑物地板平面高程，默认使用地面点类别。
- 最小细节面积 ：用于提取屋顶形态进行面片过滤参数，较小的值可提取较多细节，相应的错误会增加，较大的值提取的细节较少，错误率较小，若不进行过滤可设置为0。

建筑物高度模式

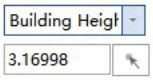
建筑物高度模式是建筑物编辑的辅助功能，用来改变整个建筑物的高度。

功能概述

建筑物地面高程：通过手动输入，或者点选点云地面点，确定一个新的建筑物地面高程。



建筑物高程：手动输入确定建筑物的整体高度。



建筑物编辑工具

对建筑物模型的二维矢量化对象上的端点、线段、面片进行编辑。

移动边节点

移动建筑物上的端点。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选中建筑物上的端点。
2. 鼠标移动到新的位置。
3. 单击鼠标左键完成建筑物端点的移动。
4. 单击鼠标右键结束移动点操作。

添加边节点

在建筑物的线段上插入新的节点。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选中线段。
2. 鼠标移动到新的位置。
3. 单击鼠标左键选中插入点位置，或单击鼠标右键回退到步骤1。
4. 单击鼠标右键结束插入点操作。

删除边节点

删除建筑物上的端点。操作步骤如下所示。

1. 移动鼠标，通过捕捉标志确定当前选中的端点。
2. 单击鼠标左键删除当前选中的端点。
3. 单击鼠标右键结束删除点操作。

移动线

移动建筑物上的线段。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选中建筑物上的线段。
2. 移动鼠标确定线段新的位置，单击左键完成移动, 或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 单击鼠标右键结束移动线操作。

对齐线

通过选中的基准线，垂直或平行移动要编辑的线段。操作步骤如下所示。

1. 移动鼠标，通过捕捉标志确定基准线位置，单击鼠标左键选中基准线。
2. 移动鼠标，通过捕捉标志确定编辑线位置，单击鼠标左键选中编辑线, 或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 移动鼠标确定新的编辑线位置，单击鼠标左键完成编辑线的移动，或单击鼠标右键回退到步骤2。
4. 单击鼠标右键结束对齐线操作。

应用交线

将两个面的相邻阶跃边变成交线。操作步骤如下所示。

1. 移动鼠标，通过捕捉标志确定可以满足应用交线操作条件的线段，单击鼠标左键完成应用交线操作。
2. 单击鼠标右键结束应用交线操作。

移除面片

删除面片。操作步骤如下所示。

1. 移动鼠标，通过捕捉标识确定要删除的面片，单击鼠标左键删除面片。
2. 单击鼠标右键结束删除面操作。

切割面片

切割面片。操作步骤如下所示。

1. 移动鼠标，通过捕捉标识确定要切割的面片，单击鼠标左键选中面片。
2. 单击鼠标左键选中面线上的一点，作为分割线的第一点，或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 单击鼠标左键选中面线上的一点，作为分割线的第二点，完成面片分割。

合并面片

合并两个相邻的面片。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选中面片1。
2. 单击鼠标左键选中面片2，将面片2合并到面片1上，或单击鼠标右键回退到步骤1。
3. 单击鼠标右键可以退出合并面操作。

添加孔洞

建筑物面片上添加内环，形成空洞。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键选择要编辑的面片。
2. 单击鼠标左键选择点，绘制一个多边形，双击左键完成绘制或单击鼠标右键回退多边形的一个点。
3. 单击鼠标右键可以添加面操作。

切割建筑物

将建筑物从一个拆分成两个。操作步骤如下所示。

1. 单击鼠标左键绘制分割线的第一个点。
2. 单击鼠标左键绘制分割线的第二个点，或单击鼠标右键结束当前编辑，回退到步骤1。
3. 单击鼠标左键点选分割线的一边作为新增的建筑物，同时跳转到对应位置，或单击右键结束当前编辑，回退到步骤2。
4. 单击鼠标右键结束分割建筑物操作。

拟合建筑物屋顶

拟合建筑物屋顶，调整单个屋顶的坡度。操作步骤如下所示。

拟合建筑物屋顶，调整单个屋顶的坡度。操作步骤如下所示。

1. 选择用于拟合屋顶的点云类别，默认为建筑物类型点云。
2. 单击鼠标左键选择要拟合的建筑物屋顶。

拉伸建筑物

剖面中绘制建筑物轮廓线，拉伸确定边界构造新的建筑物。操作步骤如下所示。

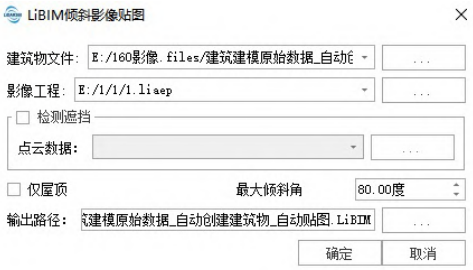
1. 打开剖面窗口，在主窗口中选择要构建的建筑物剖面范围。
2. 打开构造建筑物功能，在剖面窗口中绘制出建筑物剖面轮廓线，左键双击结束绘制，右键后退。
3. 在主窗口中移动鼠标，鼠标点选依次确定建筑物的两个边界，完成建筑物的构建。

LiBIM倾斜影像贴图

功能概述

LiBIM倾斜影像贴图功能使用导入的影像工程，对建筑物的屋顶或墙面进行自动贴图。

用法



参数设置

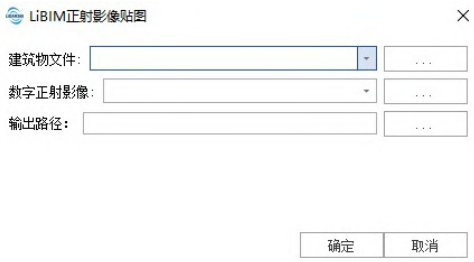
- 建筑物文件：需要进行贴图的建筑物文件（*.LiBIM）。
- 影像工程：使用的影像工程文件（*.Liaep）。
- 检测遮挡：在贴图时是否使用点云文件检测遮挡，以减少墙面被其它地物遮挡的情况。
- 点云数据：在检测遮挡中使用的点云文件（*.LiData）。
- 仅屋顶：是否只对屋顶进行贴图。该选项适用于只包含下视照片的影像工程。
- 最大倾斜角度：只使用拍摄角度与墙面倾角小于该值的照片进行贴图，防止墙面贴图的形变过大。
- 输出路径：保存生成贴图建筑物文件的路径。

LiBIM正射影像贴图

功能概述

LiBIM正射影像贴图功能使用导入的正射影像，对建筑物的屋顶或墙面进行自动贴图。

用法



参数设置

- 建筑物文件：需要进行贴图的建筑物文件（*.LiBIM）。
- 数字正射影像：使用的正射影像文件（*.tiff）。
- 输出路径：保存生成贴图建筑物文件的路径。

> 正射影像贴图只能针对屋顶进行贴图。

模型贴图照片编辑器

模型贴图照片编辑器功能实现了对已经有贴图的LiBIM数据的编辑，通过选择每个建筑物面片，在候选的影像列表中选中要编辑的影像，然后在影像上调整端点的位置，更新建筑物面片的纹理。

用法

建筑物列表中选择要调整纹理的建筑物对象

- 建筑物列表
- 影像窗口

模型材质编辑

功能描述：建筑物面片材质编辑。

步骤

1. 点击按钮，弹出选择编辑文件界面，选择或加载要编辑的建筑物数据文件，当前包含所选建筑物数据文件的激活窗口为本功能的三维场景窗口。
2. 选择建筑物数据后弹出建筑物列表和模型材质编辑器界面。

3. （可选）点击按钮激活选择工具，在本功能三维场景窗口左键单击选择要编辑材质的面片。
4. （可选）点击 按钮清除当前材质或贴图。
5. 选择需要的材质。

   5.1 方法一：从材质库选择需要的材质。选择所需材质所在的组，从材质列表界面单击需要的材质。

   5.2 方法二：从本地文件选择需要的材质。点击按钮,弹出文件选择对话框，设置图片文件为该面片的材质。

   5.3 （可选）点击按钮将当前选择的材质添加到材质库。
6. 调节材质控制参数。

   6.1 方法一：通过模型材质编辑器界面设置材质的X、Y偏移量和X、Y缩放比例。

   6.2 方法二：从三维场景所选编辑面片上出现的姿态来交互控制材质贴图参数。

参数设置

- **X**偏移量：设置材质原点位置X值在材质图片的偏移量，有效范围0-1.0，默认值为0.0。
- **Y**偏移量：设置材质原点位置Y值在材质图片的偏移量，有效范围0-1.0，默认值为0.0。。
- **X**缩放比例：设置材质图片X方向缩放比例，默认值1。
- **Y**缩放比例：设置材质图片Y方向缩放比例，默认值1。

- 与**X**相同：设置材质图片Y方向缩放比例与X方向保存一致。
- 自动保存：当选择了新的建筑物进行编辑时，自动保存上一次建筑物材质编辑的修改。
- 应用所有：将当前面片的材质设置应用到当前建筑物同语义的其他面片。
- 重置：从LiBIM文件恢复当前建筑物的材质设置。
- 保存：将当前修改保存到建筑物LiBIM文件。
- 默认值：将材质控制参数设置回默认值。

基础功能

该工具用于在建筑模型编辑过程中进行辅助窗口联动操作。

辅助窗口联动

新建窗口，并将该窗口与主窗口进行联动，共同进行建筑模型编辑的支持工作。

基础功能

该辅助工具的功能包括模型预览、建筑列表开启与关闭。

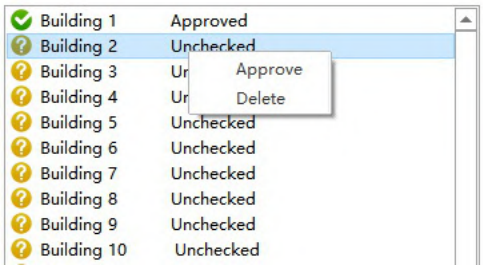
模型预览

开启或者关闭建筑物模型预览窗口。

建筑列表开启与关闭

当前正在编辑的建筑物列表的开启或关闭。

建筑物模型列表



显示要编辑的建筑物模型列表，记录了当前建筑物模型是否已经查验，支持对建筑物模型的选择，删除，查验。

选择

鼠标左键单击选中要编辑的建筑物模型列表项，同时编辑窗口跳转到建筑物模型对象的位置。

删除

鼠标右键单击建筑物模型列表项，鼠标左键选择删除单击，将建筑物模型列表项从建筑物列表中删除，同时从编辑窗口中移除对应建筑物模型。

查验

鼠标右键单击建筑物模型列表项，选中验证，对应的建筑物模型项后缀显示已查验，列表项前的图标变为绿色勾选，列表项自动跳转到下一项，编辑窗口跳转到下一个建筑物模型的位置。

重新拟合

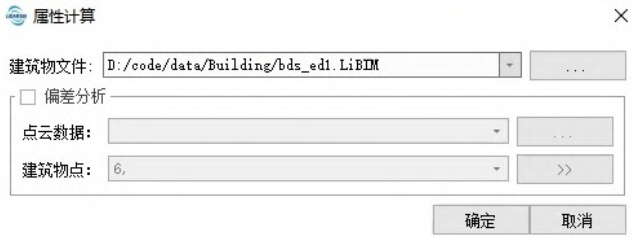
鼠标右键单击建筑物列表项，弹出建筑物构建参数列表，调整参数后，重新拟合出新的建筑物。

建筑物属性计算

功能概述

建筑物属性计算功能会对输入的建筑物模型进行建筑物高度、屋檐高度、基础高程、屋顶朝向以及屋顶形态等属性自动计算，其结果会输出到建筑物文件的属性表中。

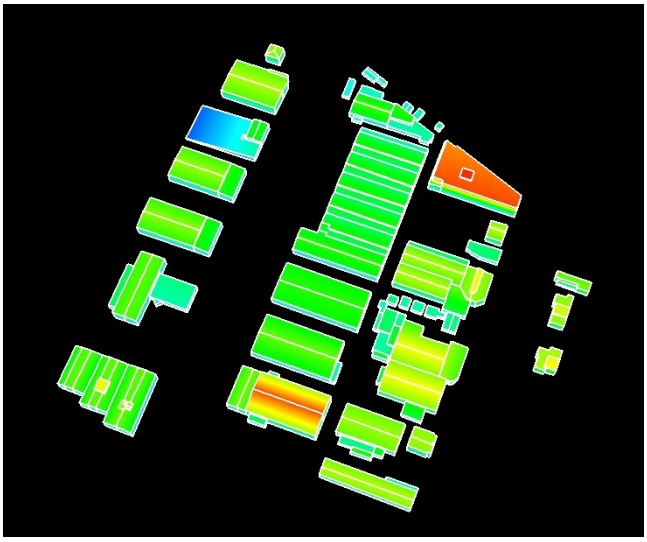
用法

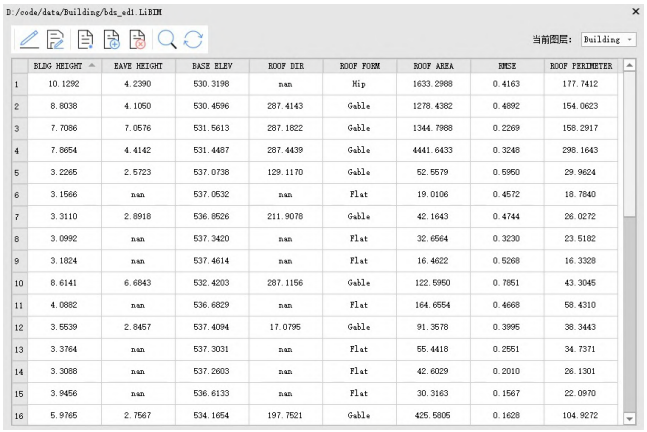


参数设置

- 建筑物文件：输入格式为LiBIM的建筑物文件。通过下拉框可以选择已经在LiDAR360软件中打开的LiBIM数据，也可以通过点击右侧的按钮加载LiBIM数据。
- 偏差分析（可选）：该功能主要是计算点云中的点到建筑物模型的RMSE误差值。默认为计算建筑物点（类别为6）到建筑物模型的RMSE误差。

建筑物属性计算结果，如下图所示。





	BLDG HEIGHT	EAVE HEIGHT	BASE ELEV	ROOF DIR	ROOF FORM	ROOF AREA	RMSE	ROOF PERIMETER
1	10.1292	4.2390	530.3198	nan	Hip	1633.2988	0.4163	177.7412
2	8.8038	4.1050	530.4596	287.4143	Gable	1278.4382	0.4892	154.0623
3	7.7086	7.0576	531.5613	287.1822	Gable	1344.7988	0.2269	158.2917
4	7.8654	4.4142	531.4487	287.4439	Gable	4441.6433	0.3248	298.1643
5	3.2265	2.5723	537.0738	129.1170	Gable	52.5579	0.5950	29.9624
6	3.1566	nan	537.0532	nan	Flat	19.0106	0.4572	18.7840
7	3.3110	2.8918	536.8626	211.9078	Gable	42.1643	0.4744	26.0272
8	3.0992	nan	537.3420	nan	Flat	32.6564	0.3230	23.5102
9	3.1824	nan	537.4614	nan	Flat	16.4622	0.5268	16.3328
10	8.6141	6.6843	532.4203	287.1156	Gable	122.5950	0.7851	43.3045
11	4.0882	nan	536.6829	nan	Flat	164.6554	0.4668	58.4310
12	3.5539	2.8457	537.4094	17.0795	Gable	91.3578	0.3995	38.3443
13	3.3764	nan	537.3031	nan	Flat	55.4418	0.2551	34.7371
14	3.3088	nan	537.2603	nan	Flat	42.6029	0.2010	26.1301
15	3.9456	nan	536.6133	nan	Flat	30.3163	0.1567	22.0970
16	5.9765	2.7567	534.1654	197.7521	Gable	425.5805	0.1628	104.9272

行业应用教程

- 航带拼接
- 点云自定义深度学习
- 影像自定义深度学习
- DEM/DSM/等高线生产
- 机载点云单木分割
- 地基点云单木分割
- 露天矿边坡线提取
- 机载点云建筑建模

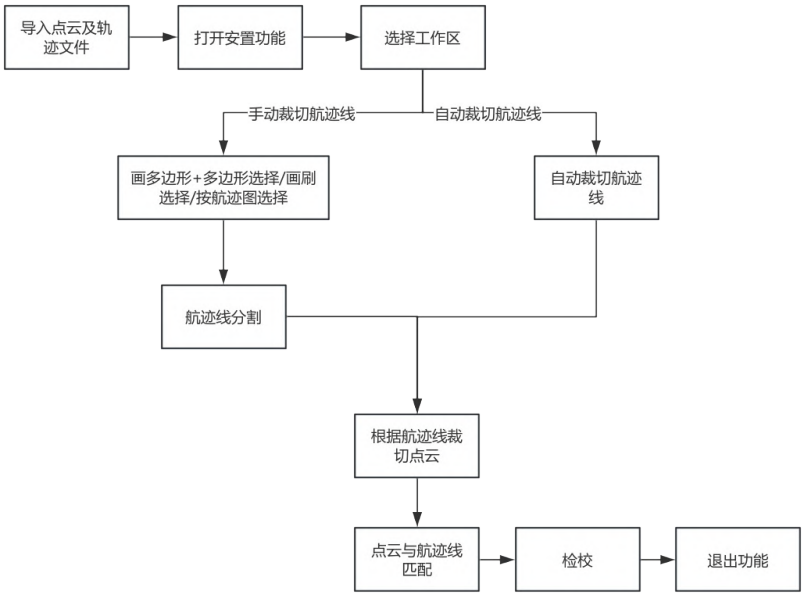
航带拼接流程

概述

由于机载激光雷达设备传感器存在安置误差，激光雷达扫描设备采集的数据常常需要被修正，从而提高原始激光点精度和质量。航带拼接系列工具是针对原始点云数据处理的复杂工具，支持基于航迹线时间进行对应激光点云数据的裁剪导出，并对裁剪的较高质量的数据进行航带安置误差修正，去除航带间冗余数据，进而增加原始激光点云数据的精度及质量，达到数据获取的质量要求。

航带安置（包括安置误差手动修正和安置误差自动修正）将根据比较传感器飞行路线获取重叠区域的激光点云数据，计算安置角误差以及XYZ方向位移误差。修正误差值可以是基于表面（如：地形表面、房屋等硬表面）匹配，也可以基于不同类型的线（如：屋脊线等）。这些匹配的表面或线可以是水平、垂直或倾斜的。

处理流程



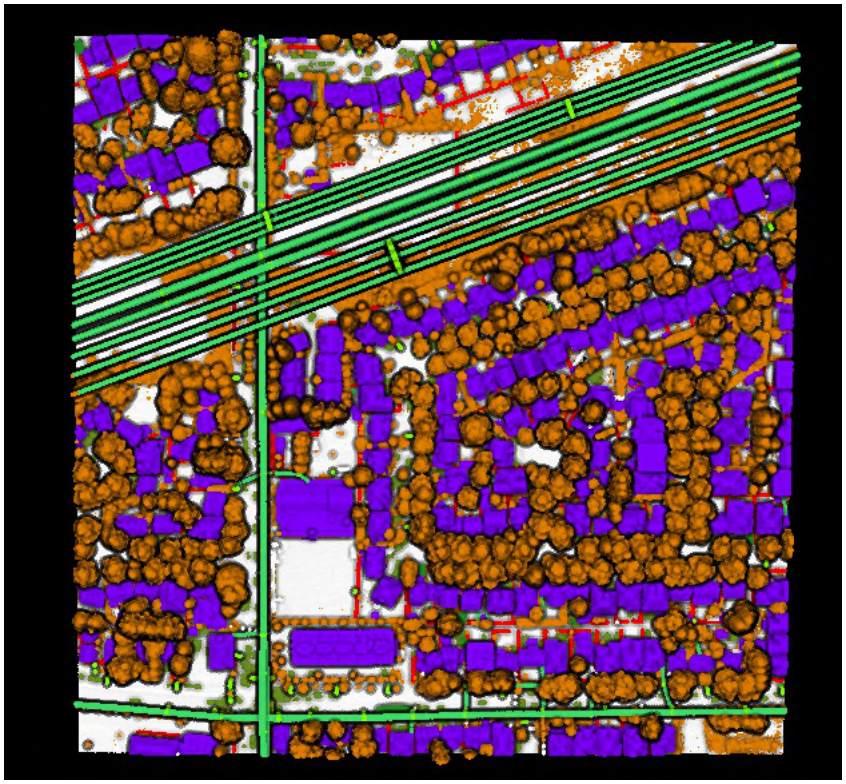
点云自定义深度学习

本教程将利用自定义深度学习功能实现点云自动分类。

训练数据标注

1. 准备数据

准备标注好的点云数据用于训练，示例数据如下。



2. 点云分割模型训练

2.1 训练数据组织

当所有数据标注完成后，需要按格式组织标注文件和影点云件才能进行训练。其文件格式如下所示

data/ └——train │ -----*1.LiData

│ -----*2.LiData

│ -----*3.LiData

.....

└——val

│ -----*1.LiData

│ -----*2.LiData

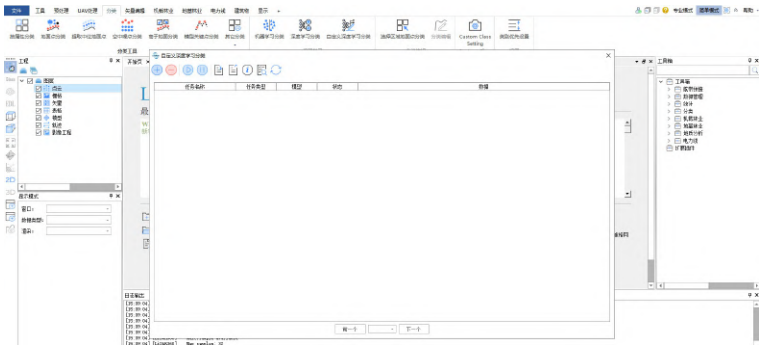
│ -----*3.LiData

.....

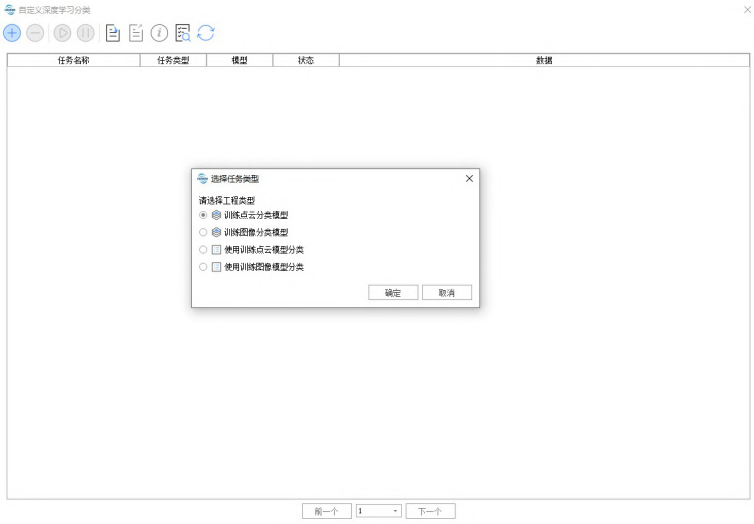
训练数据中应当包含train文件夹和val文件夹，train/val文件中是点云文件，在本教程中train和val使用了相同的数据进行演示，实际使用中数据不应该一样。train文件是用于训练模型，val文件是用于验证模型性能。train和val需要手动划分，建议两者数量比例为4:1。

2.2 训练点云模型流程

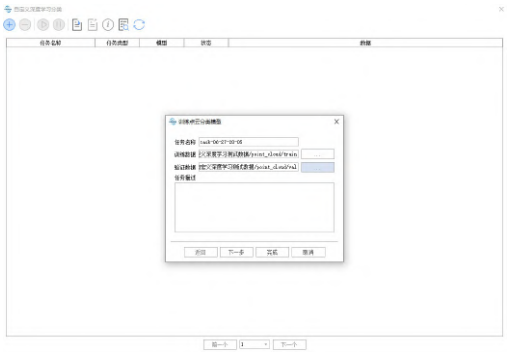
数据准备完成后，在LiDAR360 软件中按照顺序点击 分类->自定义深度学习分类，如图所示。



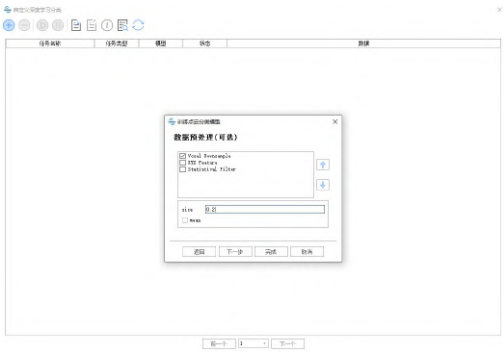
添加任务：点击+按钮添加训练任务，选择第二个训练点云模型，点击确定。



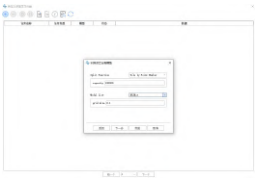
设置训练数路径与验证数据路径：选择好数据路径后点击下一步。



设置数据预处理：选择体素化，参数设置为0.2，设置完成点击下一步。

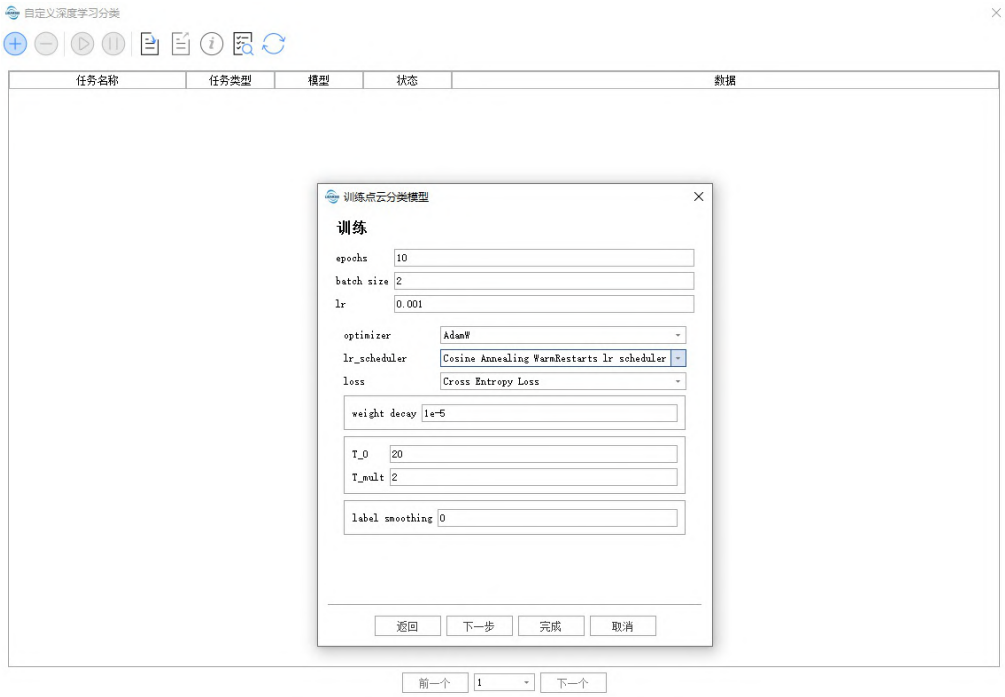


设置点云分块与点云分割模型：点云分块使用按点数分割，每一块不超过100000个点，模型选择显存占用较小的DRINet，设置完成点击下一步。



设置类别转换：不进行类别转换设置，直接点击下一步。

设置训练参数：演示epoch设置为10，实际使用应该根据任务难度增大这个值，设置完成后点击下一步。



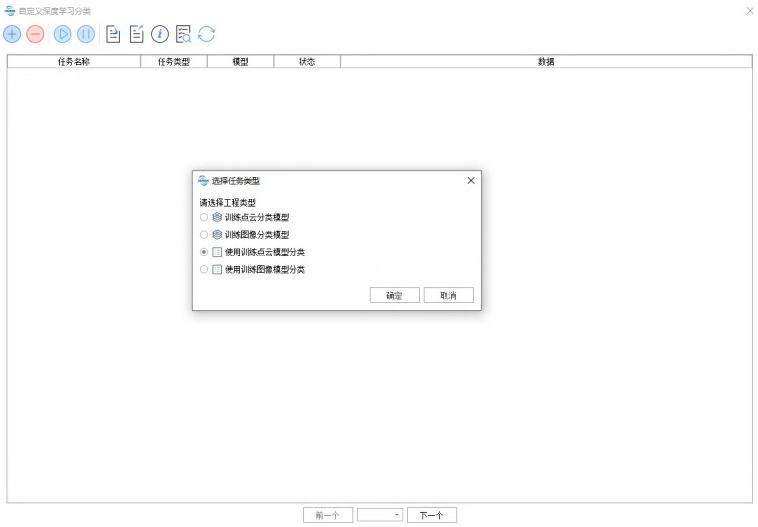
设置数据增强：不进行数据增强，点击完成，等待训练结束。

3 使用训练的模型

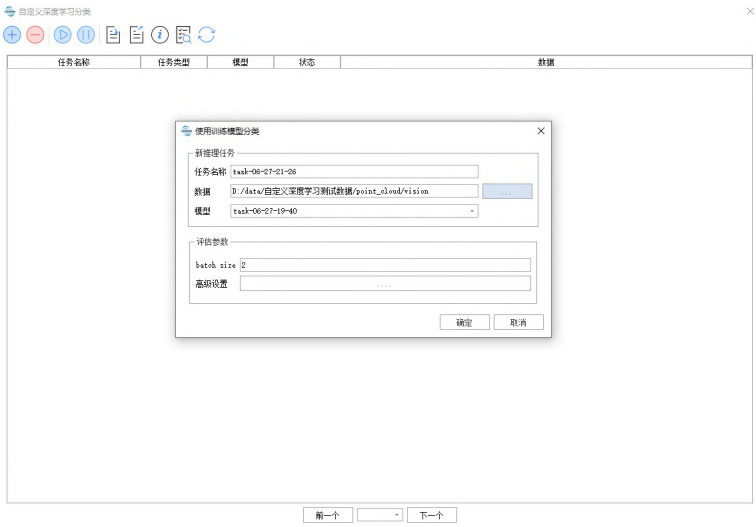
训练完成后就可以使用训练好的模型来进行点云分类。使用训练好的模型有两种方式，一种在自定义深度学习分类中使用，另一种是自定义分类中增加自定义模型进行使用。下面将分别介绍这两种使用的方式。

3.1 自定义深度学习分类中使用

点击+按钮添加推理任务，选择使用训练的点云模型分类，点击确定。



选择测试数据文件夹与刚刚训练好的模型文件名，设置评估参数，点击确定。



推理完成后，分好的类别将写到数据中。

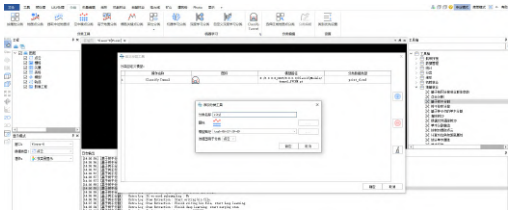
3.2 自定义模型分类

使用点云模型，还可以通过自定义模型方式。

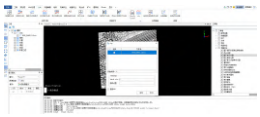
点击 分类->自定义分类设置 打开自定义模型界面。

点击+按钮增加训练好的模型。

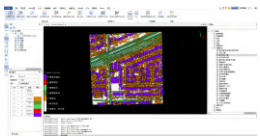
设置自定义分类名字，选择模型路径，选择模型类型为点云，点击确定。



完成自定义模型增加后，自定义分类模块出现了刚刚设置名字为city的工具，添加要分类的点云，点击city工具设置参数即可实现点云分类。



等待运行结束，得到分类好的点云。



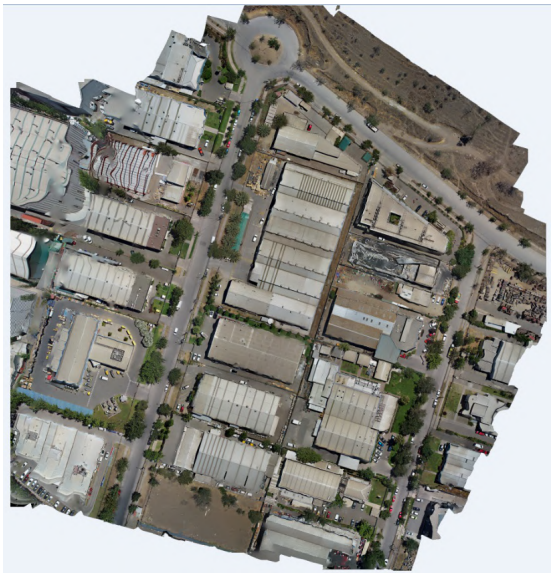
影像自定义深度学习

本教程将利用自定义深度学习功能实现建筑物轮廓自动提取。

训练数据标注

1. 准备数据

选择了建筑物的影像数据进行标注，数据如下所示，本教程以该数据演示整个流程。

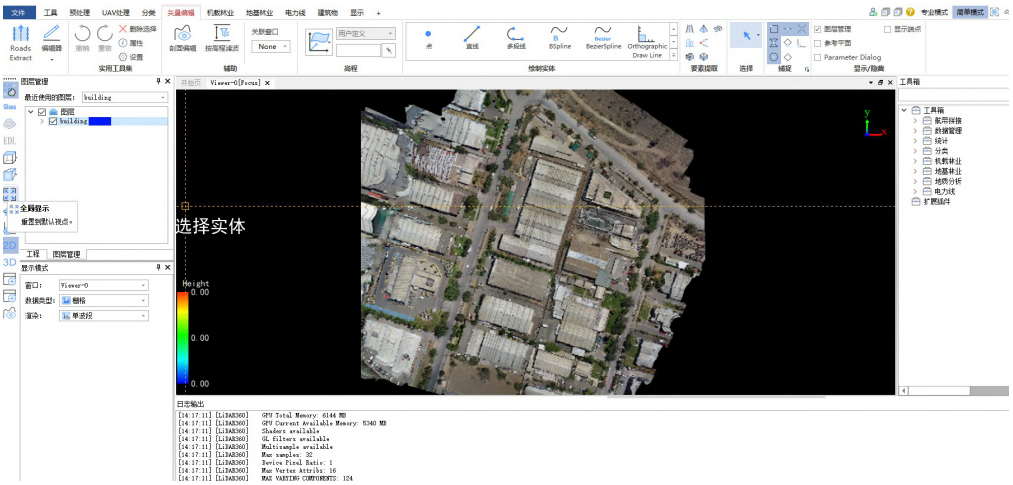


2. 标注数据

影像模型训练支持的标注格式是labelme的json格式，可以使用LiDAR360 9.0提供的矢量编辑功能进行数据标注，也可以直接使用labelme的标注工具。本教程使用LiDAR360 8.0矢量编辑进行数据标注。

2.1 数据加载

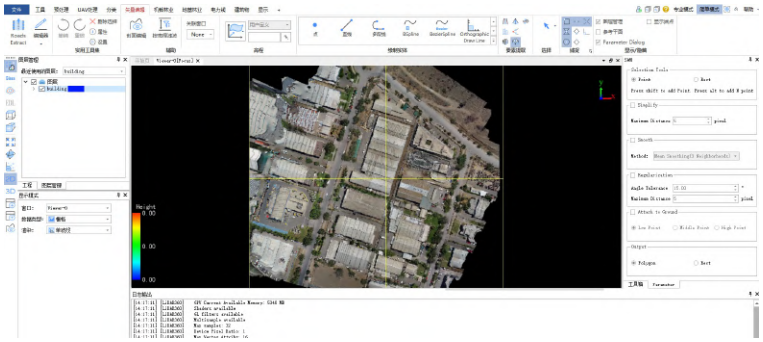
首先使用LiDAR360软件打开需要标注的数据，然后按照顺序点击 矢量编辑->编辑器->新建临时矢量 ，将图层名字改为需要标注的类别，这里设置图层名为building。



注意：标注的数据尽量选择尺寸小于4000x4000，如果超过建议切图后再进行标注。

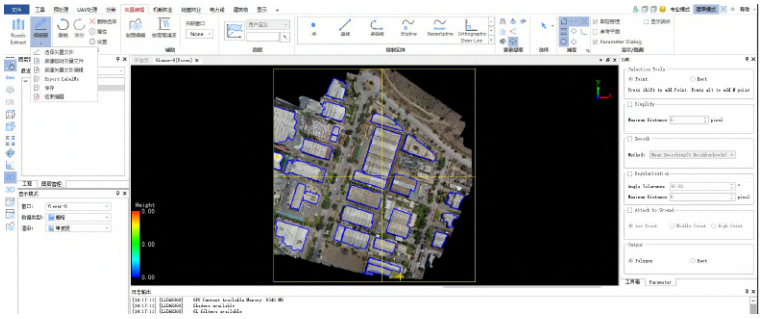
2.2 基于**SAM**的半自动标注工具

数据标注可以完全手动使用矢量编辑功能对图中的建筑物轮廓进行编辑来生成标注文件，也可以使用基于半自动的标注工具SAM快速对数据进行标注。SAM位于当前界面中的要素提取模块中，点击SAM启动成功后如下图中所示，接着就可以对建筑物进行标注。该工具的具体使用可参考SAM手册进行使用。



2.3 标注结果导出为训练格式

当前影像数据标注完后，点击编辑器->Export LabelMe，将在影像同级文件夹中生成一个同名的json文件，该文件就是标注的结果文件。



3. 建筑物轮廓提取模型训练

3.1 训练数据组织

当所有数据标注完成后，需要按格式组织标注文件和影像文件才能进行训练，其文件格式如下所示。

data/building └——train │ -----image_1.tif │ -----image_1.json

│ -----image_2.tif │ -----image_2.json

│ -----image_3.tif │ -----image_3.json

.....

└——val

│ -----image_1.tif │ -----image_1.json

│ -----image_2.tif │ -----image_2.json

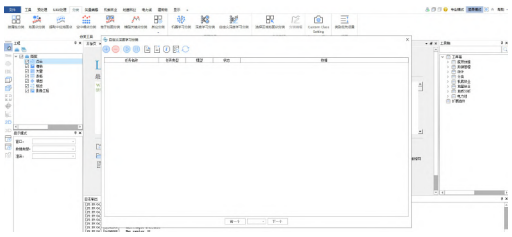
│ -----image_3.tif │ -----image_3.json

.....

训练数据中应当包含train文件夹和val文件夹，train/val文件中都是由多个影像文件和对应的标注文件组成。在本教程中train和val使用了相同的数据进行演示，实际使用中数据不应该一样。train文件是用于训练模型，val文件是用于验证模型性能。train和val需要手动划分，建议两者数量比例为4:1。

3.2 训练影像模型流程

数据准备完成后，在LiDAR360 软件中按照顺序点击 分类->自定义深度学习分类，如图所示。

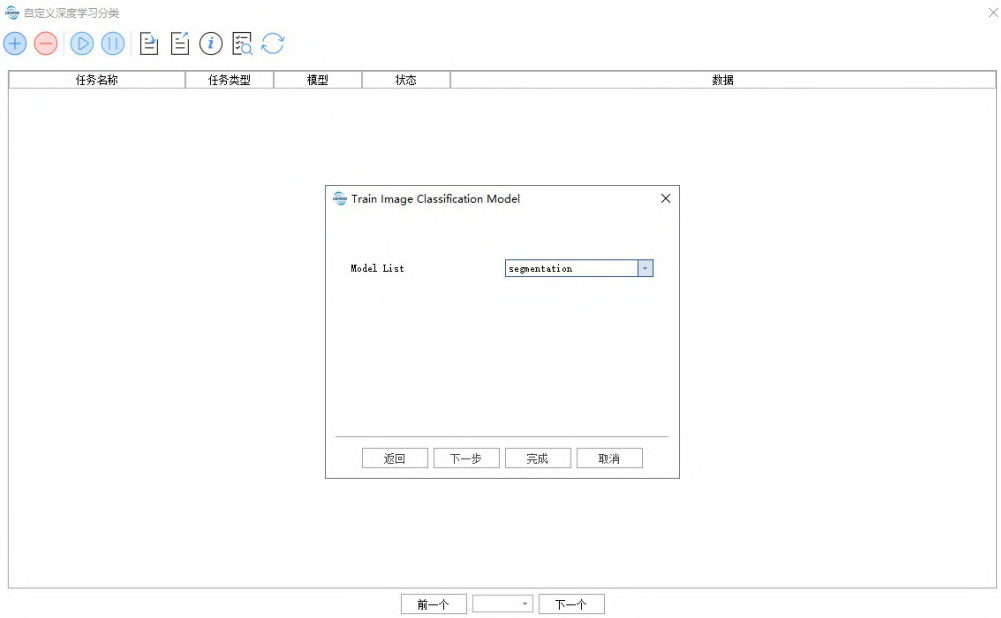


添加任务：点击+按钮添加训练任务，选择第二个训练影像模型，点击确定。

设置训练数路径与验证数据路径：选择好数据路径后点击下一步。

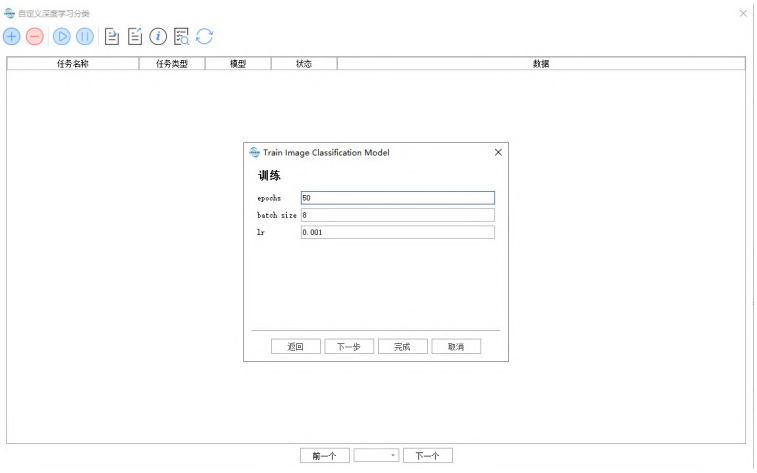
设置数据预处理：选择数据训练的图像尺寸，设置完成点击下一步

设置模型：选择模型，这里是选择segmentatiotn，点击下一步。

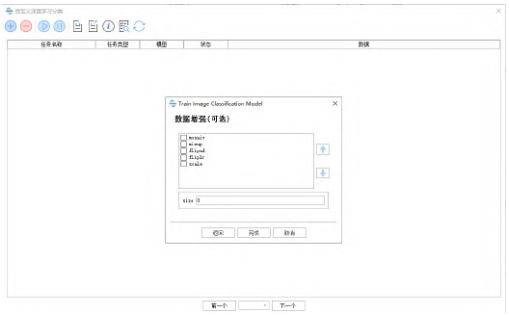


设置类别转换：设置标注的类别building，点击下一步。

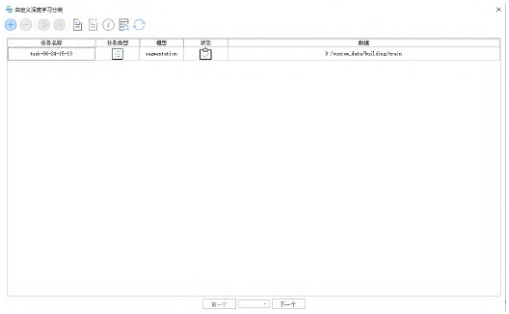
设置训练参数：设置完成点击下一步。



设置数据增强：这里不进行增强，点击完成，等待训练结束。



训练完成如下所示。



4 使用影像模型

训练完成后就可以使用训练好的模型来进行建筑物轮廓提取。使用训练好的模型有两种方式，一种在自定义深度学习分类中使用，另一种是自定义分类中增加自定义模型进行使用。下面将分别介绍这两种使用的方式。

4.1 自定义深度学习分类中使用

点击+按钮添加推理任务，选择使用影像模型分类，点击确定

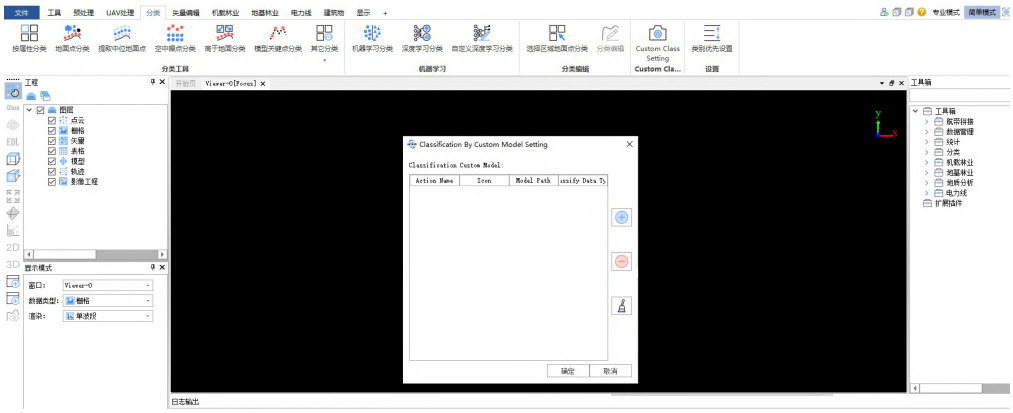
选择测试数据文件夹与刚刚训练好的模型文件名，设置评估参数，点击确定

推理完成后，在影像同级目录下将生成同名的json文件，该结果可以添加到训练集中用于进一步训练模型。

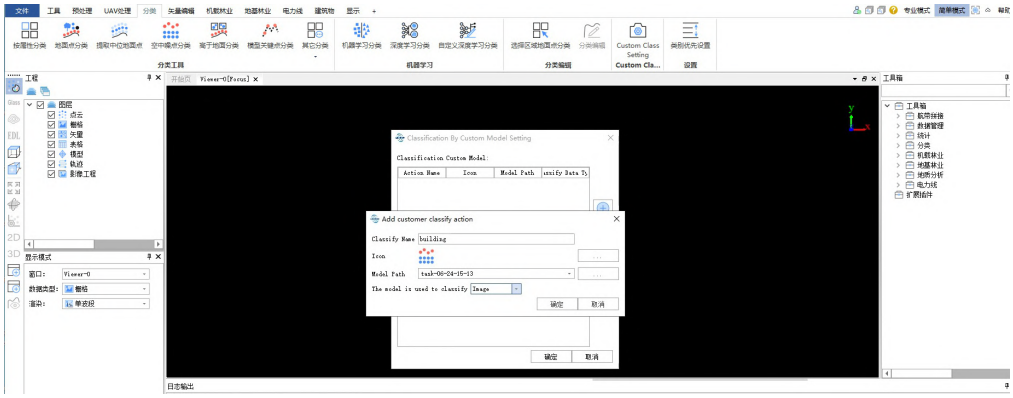
4.2 自定义模型分类

使用影像模型，还可以通过自定义分类方式。

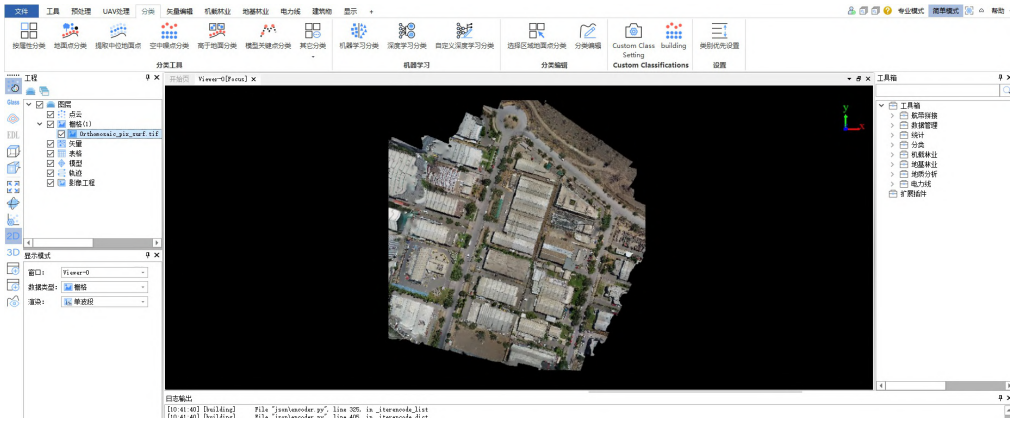
点击 分类->Custom Class Setting 打开自定义模型界面，点击+按钮增加训练的模型。



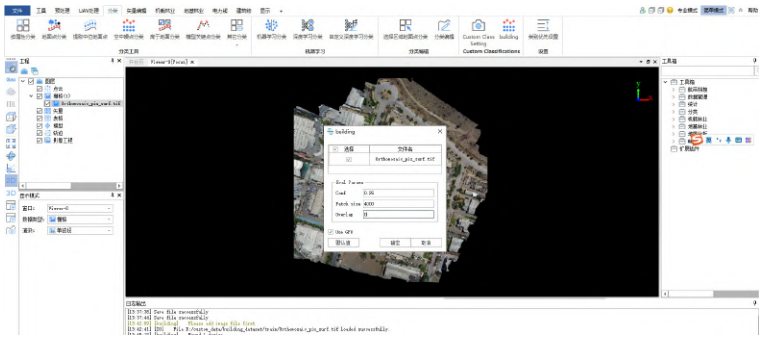
设置自定义模型名字，选择模型类型为Image，点击确定。



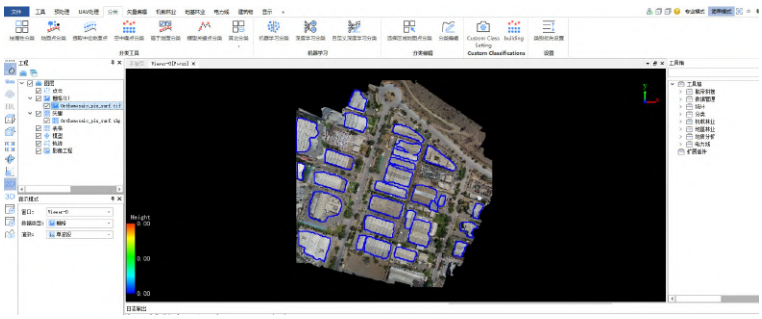
完成自定义模型增加后，Custom Classifications出现了building模块，添加要提取建筑物轮廓的影像，点击building模块设置参数即可实现建筑物轮廓提取。



设置评估参数，点击确定。



等待运行结束后，得到测试图像的建筑物轮廓线。

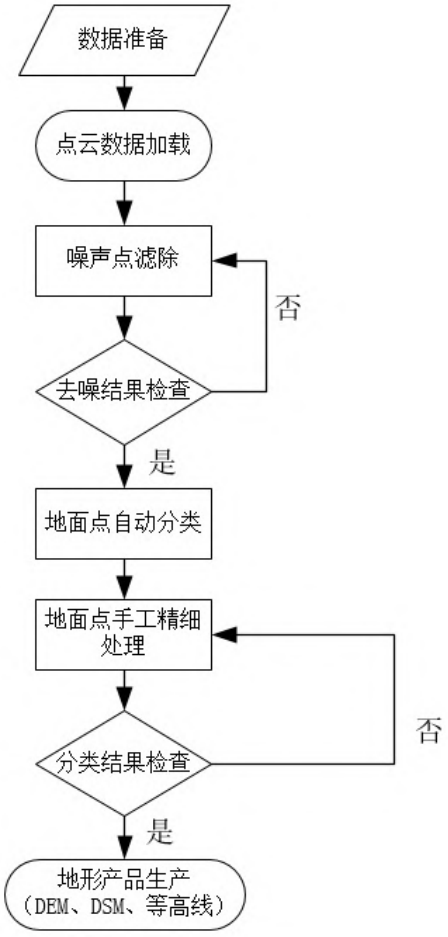


利用**LiDAR360** 生成高精度的**DEM/DSM/**等高线等地形产品

概述

激光雷达（LiDAR）是一种通过位置、距离、角度等观测数据直接获取对象表面点三维坐标，实现地表信息提取和三维场景重建的对地观测技术。利用LiDAR进行目标探测属于主动遥感方式，对天气的依赖性小，不易受阴影和太阳角度的影响。与传统摄影测量技术相比，避免了投影（从三维到二维）带来的信息损失，极大地提高高程获取的精度，且优势明显。利用LiDAR数据可以快速完成数字高程模型（DEM）、数字表面模型（DSM）、等高线等地形产品的大规模生产。

利用LiDAR360生成DEM/DSM/等高线等地形产品主要分为以下步骤：点云数据加载、数据预处理、点云数据去噪、点云滤波（地面点分类）、地面点手工精细分类、DEM/DSM/等高线产品生产。



数据准备

为了生产高精度DEM/DSM/等高线等地形产品，需要在正式生产前对数据进行质量检查，主要包括以下检查内容：

- 点云密度检查：需保证获取的激光雷达点云数据密度能够满足内插DEM的需求。可采用软件中的点密度检查工具对数据进行检查，一般检查裸露的硬直地面区域。具体要求值见下表：

分幅比例尺	数字高程模型成果格网间距/米	点云密度/（点/米²）
1:500	0.5	≥16
1:1000	1.0	≥4
1:2000	2.0	≥1
1:5000	2.5	≥1
1:10000	5.0	≥0.25
按不大于 1/2 数字高程模型成果格网间距计算点云密度		

- 点云数据高程精度检查

利用野外控制点数据进行检查，其高程中误差具体要求值如下：

比例尺		数字高程模型成果 高程中误差/米	点云数据 高程中误差/米
1:500	平地	0.2	0.15
	丘陵	0.4	0.25
	山地	0.5	0.35
	高山地	0.7	0.50
1:1000	平地	0.2	0.15
	丘陵	0.5	0.35
	山地	0.7	0.50
	高山地	1.5	1.00
1:2000	平地	0.4	0.25
	丘陵	0.5	0.35
	山地	1.2	0.85
	高山地	1.5	1.00
1:5000	平地	0.5	0.35
	丘陵	1.2	0.85
	山地	2.5	1.75
	高山地	4.0	2.80
1:10000	平地	0.5	0.35
	丘陵	1.2	0.85
	山地	2.5	1.75
	高山地	5.0	3.50

在植被密覆盖区域、反射率较低区域（如水域、光滑表面等易形成镜面反射的区域）等特殊困难地区，点云数据高程中误差在上表基础上可放宽0.5倍。最大允许误差为上表中误差的2倍。

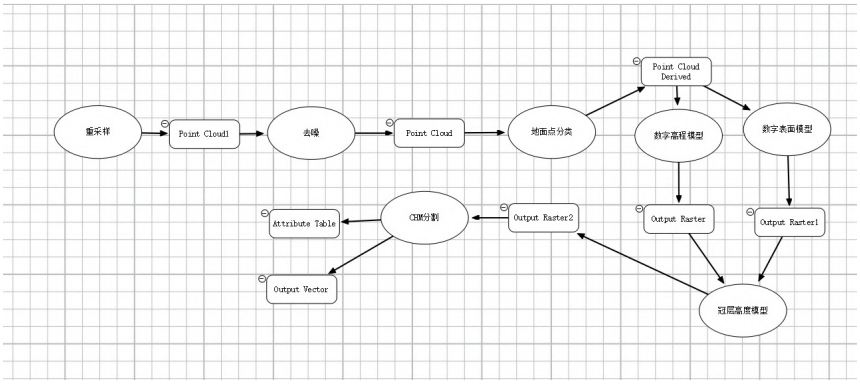
机载激光雷达点云单木分割

概述

森林资源调查对于及时掌握森林资源信息至关重要，森林资源调查的重要内容之一是测量样方内单木的树种、位置、树高、胸径等。基于激光雷达点云数据获取单木参数，首先需要进行单木分割，目前，单木分割方法可分为基于CHM的分割、基于点云的分割、以及基于影像的分割。

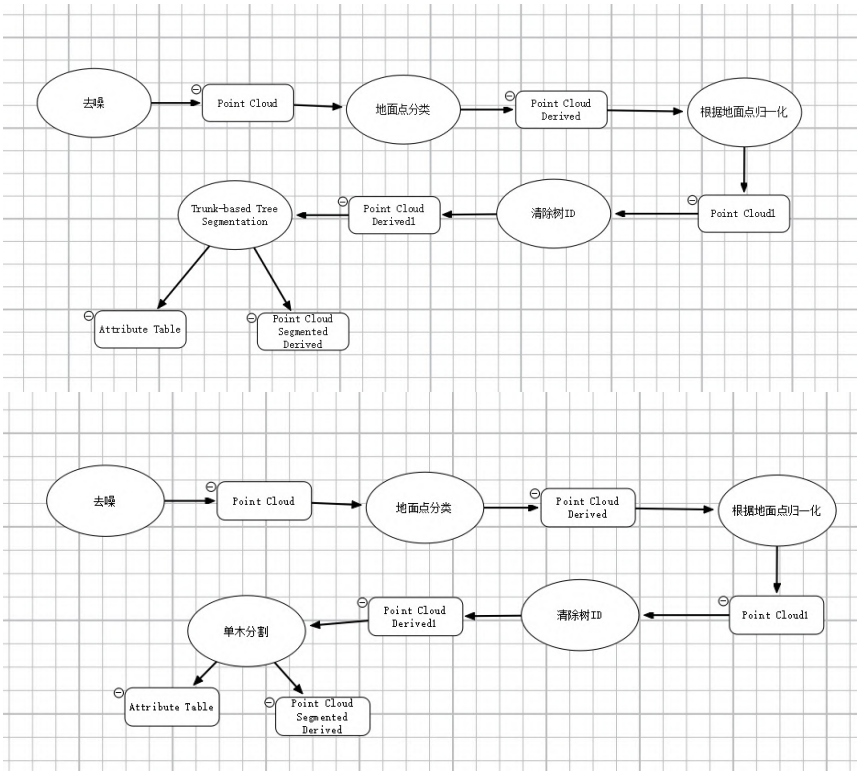
基于**CHM**的分割处理流程

利用LiDAR360进行CHM分割大致经过以下步骤：去噪、滤波、生成数字高程模型（Digital Elevation Model, DEM）、数字表面模型（Digital Surface Model, DSM）和冠层高度模型（Canopy Height Model, CHM）、基于CHM进行单木分割。

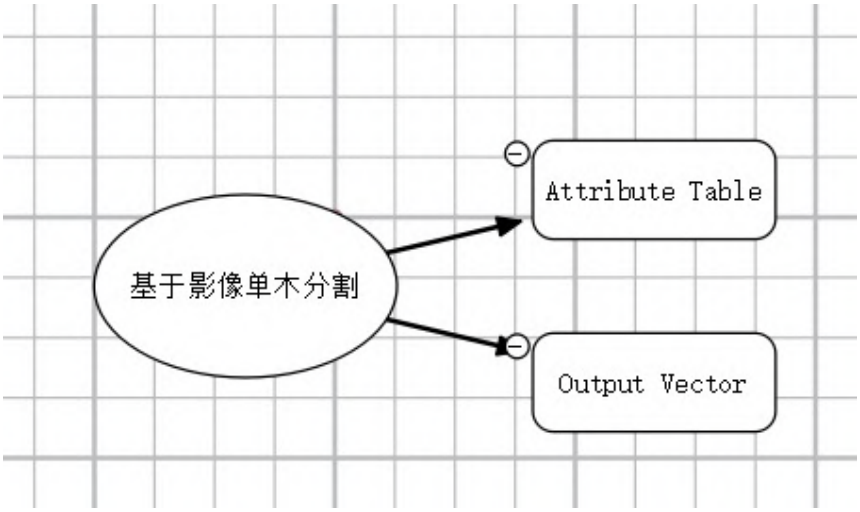


基于点云的分割处理流程

利用LiDAR360进行点云分割大致经过以下步骤：去噪、地面点分类、归一化、点云分割。其中点云分割可以替换为基于树干的单木分割。



基于影像的分割处理流程



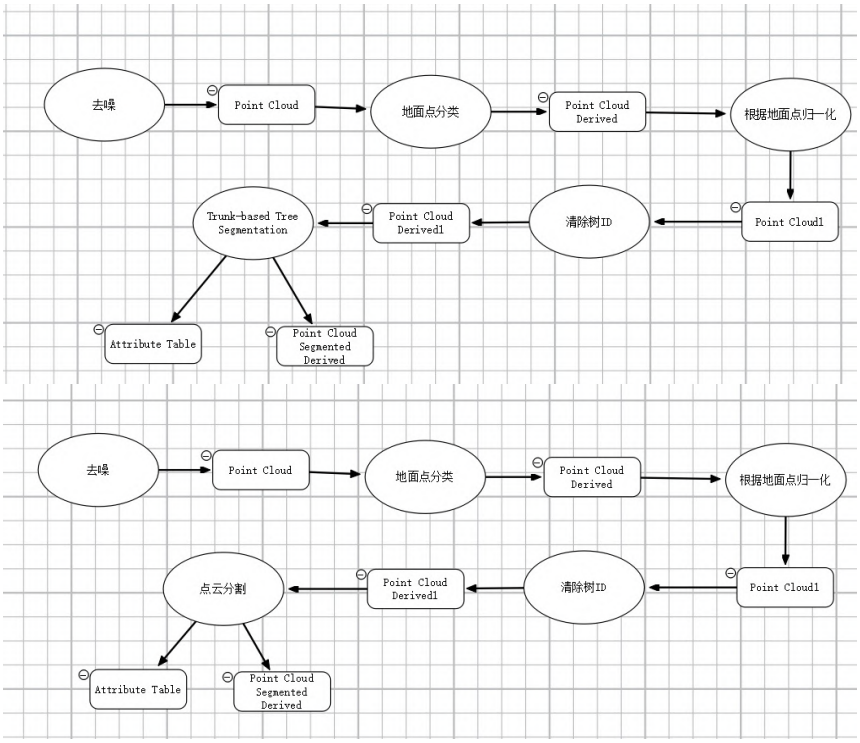
地基激光雷达点云单木分割

概述

地基激光雷达通过自下而上的扫描方式，能够获取详细的树干和枝叶结构信息，对单木进行识别，可以进一步获取树木位置、树高、胸径、枝下高和立木材积等信息，这些参数对于森林资源调查和管理至关重要。

基于点云的分割处理流程

利用LiDAR360进行点云分割大致经过以下步骤：去噪、地面点分类、归一化、点云分割。其中点云分割可以替换为基于树干的单木分割。



露天矿山提取坡顶坡底线

概述

坡顶底线在露天矿山开采设计、生产规划、剥采量计算、路网规划等方面发挥着重要作用。利用LiDAR360进行露天矿山提取坡顶坡底线大致经过以下步骤：地面点分类、根据地面点生成TIN、基于模型提取矿山边坡线，通过矢量编辑进行编辑。

处理流程

- 点击数据管理 > 点云工具 > 去噪，对点云数据进行去噪，去除噪点影响。
- 点击分类 > 地面点分类，从点云中分离地面点，用于生成TIN。
- 点击地形 > 生成TIN，生成TIN模型。
- 点击地形> 模型平滑对模型进行平滑。
- 点击矿山> 提取坡顶坡底线，进行矿山提取坡顶坡底线。
- 通过矢量编辑模块>矢量编辑，进行结果边坡线的编辑：修改、平滑、删除、合并、切割等。

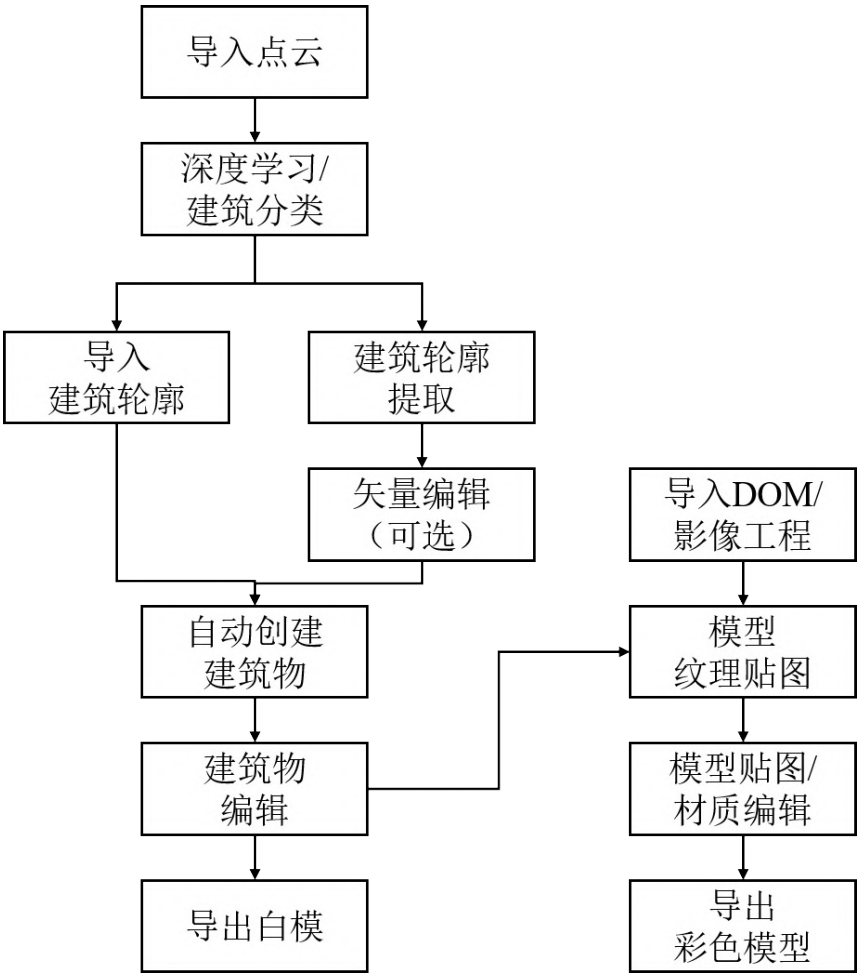
机载点云建筑建模

概述

城市建筑的三维建模可以帮助规划者和管理者进行更有效的决策和管理。它可以实现对城市各类资源的实时监控和分析，优化城市规划和建设过程，提高资源利用效率，促进智慧城市的发展。此外，CIM还可以通过模拟和预测城市发展的不同情景，为应对自然灾害和其他突发事件提供科学依据。

LiDAR360可以基于点云数据对建筑物进行快速建模，模型精度可达CityGML标准中的LOD2.2级别，并可基于影像数据对模型进行自动贴图。模型具备单体化、语义化、轻量化等优势，且可导出为通用、发布数据格式。

处理流程



附录

本章介绍了手册中的一些关键术语、文件格式、快捷键以及调整高性能模式的方法。

- 文件格式
  - LiData
  - LiAtt
  - LAS
  - LiModel
  - LiTin
  - LiBIM
  - LiTree
  - 裁切范围文件
    - 圆形范围文件
    - 矩形范围文件
  - 按GPS时间提取文件
  - 同名点对文件
  - POS文件
  - OUT文件
  - 控制点文件
  - 高程注记点文件
  - 样地数据文件
  - 种子点文件
  - 单木分割结果文件格式
  - 七参数计算控制点文件格式
  - 断面成果输出文件格式
  - 矩阵文件格式
  - 中心线文件格式
  - LiBIM文件格式
- 批处理json调用功能ID列表
- 快捷键
  - 常用菜单栏快捷键
  - 常用视图窗口快捷键
  - 剖面编辑快捷键
- 调整高性能显示模式

文件格式

分别介绍了LiDAR360软件的自定义点云格式LiData、模型文件格式LiModel和LiTin，以及各个功能模块涉及的特定文件格式，如POS文件、控制点文件、种子点文件等。

- LiData
- LAS
- LiModel
- LiTin
- 裁切范围文件
  - 圆形范围文件
  - 矩形范围文件
- 按GPS时间提取文件
- 同名点对文件
- POS文件
- OUT文件
- 控制点文件
- 高程注记点文件
- 样地数据文件
- 种子点文件
- 单木分割结果文件格式
- 七参数计算控制点文件格式
- 断面成果输出文件格式

LiData文件格式

LiData是LiDAR360内部自定义点云数据文件格式，它由公共文件头、变长区和点云数据记录区组成。通过LiData文件格式，LiDAR360实现了对海量点云数据的高性能可视化。

通过LiDAR360软件，LiData文件可与其他常见的通用点云数据格式文件（包括：LAS、LAZ、E57、PLY、ASCII等）相互转换。

在LiDAR360软件中打开常用点云数据格式文件（包括：LAS、LAZ、E57、PLY、ASCII等）时，将生成一个以相同名字命名的LiData数据文件，后续对点云的操作均基于该LiData文件进行。

LiData文件自身区分版本号，目前LiData文件格式最高版本号为V2.0。

LiDAR360 V4.0版本开始，支持LiData V2.0（及以下）版本，之前3.x版本支持LiData V1.9（及以下）版本，这两个版本的LiData差异如下：

差异项	**LiData V1.9**	**LiData V2.0**
Classfication	支持0-31 (共32种类别)	支持0-255 (共256种类别)
Classfication Flag	不支持	支持
Scanner Channel	不支持	支持
Near Infrared	不支持	支持
Scan Angle Rank	用角度表示，支持范围（-90°~+90°）	用刻度表示，支持范围（-30000~+30000）对应角度范围（-180°~+180°）
Additional Attribute	不支持	支持

附加属性（Additional Attribute）存储于LiAtt文件。

LiAtt文件格式

LiAtt是LiData附加属性（Additional Attribute）文件格式，它由文件头、附加属性数据记录区组成。

LiData自V2.0开始支持附加属性。

附加属性以文件名的形式与对应的LiData文件进行匹配。

非匹配的LiData与LiAtt文件人为修改为同名情况下，打开LiData文件可能出现识别LiAtt中所有附加属性的情况，但对应的附加属性数值并不正确。修改LiAtt的操作可能会破坏该LiAtt文件结构，导致下次打开LiData时不再识别该附加属性文件。

删除LiAtt文件并不影响LiData文件的正常使用，LiDAR360加载了LiData之后，删除对应的LiAtt文件可能导致某些操作失败，引起未知错误。

LAS

LAS 文件格式 支持以下行业标准格式版本：

LAS 1.1

LAS 1.2

LAS 1.3*

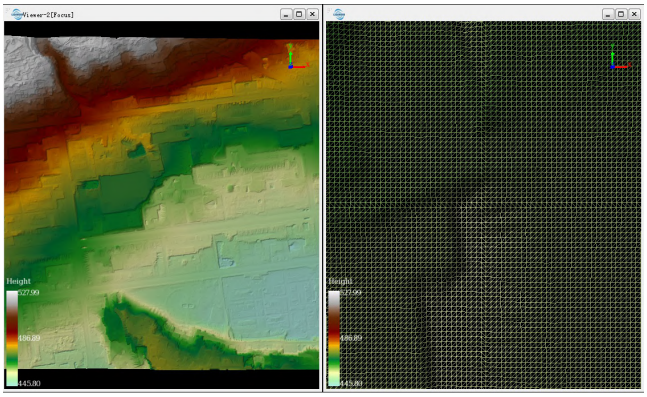
LAS 1.4*

- *LAS 1.3、LAS 1.4 限制：

  暂时不支持波形属性读写。

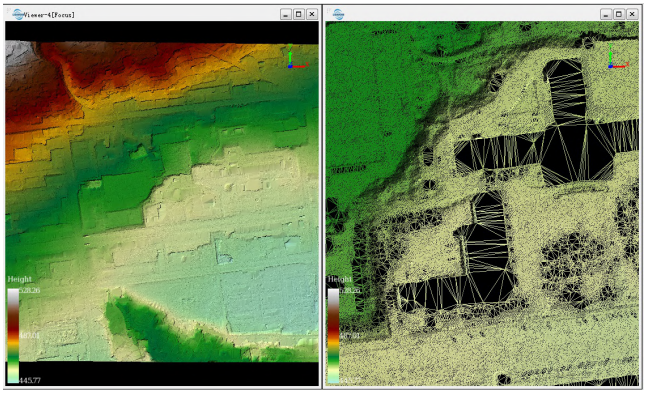
LiModel文件

LiModel文件是根据DEM或DSM生成规则三角网模型，保存规则格网点，根据四叉树对规则三角网模型进行分块组织与存储，也可以对其叠加DOM纹理信息。可以支持海量DEM或DSM转换LiModel，也支持对其进行各种编辑，包括置平、平滑、删除噪声点等修改，编辑后可以导出为Tiff用于生成等高线。



LiTin文件

LiTin文件是根据点云生成非规则2.5D三角网模型，按照高程加以着色，利用光照阴影特效提高显示效果。可以对其进行置平、删除、增加顶点、增加断裂线等各种编辑，提高根据其生成等高线的质量。采用全内存方式组织数据，占用内存大，文件过大渲染效率低，建议生成LiTin文件时分块生成。



杆塔文件

杆塔文件为文本格式（LiTower扩展名），包含Index、X、Y、Z、Type和Name组成的6列，用逗号分隔。 以下为杆塔文件部分示例：

```
Index,X,Y,Z,Type,Name
11,740662.360000,2688164.090000,79.850000,直线塔,1
12,740750.560000,2688525.920000,82.040000,直线塔,2
```

其中Index、X、Y、Z为必有项，Type和Name为可选项。

裁切范围文件格式

概述

范围文件是一种文本文件，它包含用于加载多个圆形或者矩形的范围列表。

圆形范围文件格式

每个圆形的范围由逗号分隔的三个值组成，分别为：圆心的X坐标、Y坐标和半径。

下表为圆形范围文件部分示例：

```
322610.51, 4102305.22, 50

322685.86, 4102400.5, 50

322820.45, 4102510.21, 100

322850.35, 4102655.33, 100

323000.00, 4103000.00, 60
```

上述值可以以txt扩展名的格式保存到文本文件中（如："extents.txt"），并加载到LiDAR360软件。

矩形范围文件件格式

每个矩形的范围由逗号分隔的四个值组成，分别为：X最小值，X最大值，Y最小值和Y最大值。

下表为矩形范围文件部分示例：

```
322601.255, 322801.255, 4102309.655, 4102409.655

322548.966, 322600.110, 4102310.180, 4102360.180

322539.155, 322600.255, 4102309.655, 4102359.655

322745.950, 322780.110, 4102204.660, 4102250.180

322875.224, 322975.224, 4102028.660, 4102128.660
```

上述值可以以txt扩展名的格式保存到文本文件中（如："extents.txt"），并加载到LiDAR360软件。

按**GPS**时间提取文件格式

每个提取的范围由逗号分隔的两个值组成，分别为起始GPS时间和结束GPS时间。

下表为按GPS时间提取范围文件部分示例：

```
526494.500,527494.500

527494.500, 528494.500

527494.500, 528494.500

528494.500, 529494.500

529494.500, 530494.500
```

上述值可以以txt扩展名的格式保存到文本文件中（如："extents.txt"），并加载到LiDAR360软件。

同名点对文件格式

同名点对文件格式是逗号间隔的文本文件，每行由9列组成，分别为点号、参考坐标X、参考坐标Y、参考坐标Z、校正坐标X、校正坐标Y、校正坐标Z。

```
 ID     ref_X        ref_Y        ref_Z      align_X       align_Y    align_Z
P01, 322500.1100, 4102499.9600, 2613.1400, 322500.0089, 4102499.9856, 0.0000
P02, 322999.8400, 4102499.7900, 2614.3400, 322999.9283, 4102499.9585, 0.0000
P03, 322999.8300, 4102000.3200, 2554.4100, 322999.8738, 4102000.1457, 0.0000
P04, 322500.3700, 4102000.1600, 2490.7400, 322500.1140, 4102000.0595, 0.0000
```

POS文件格式

POS文件每行按顺序依次为GPS时间、经度、纬度、高度、翻滚角（Roll）、俯仰角（Pitch）、偏航角（Heading）、GridX，GridY。其中GPS时间、高度、翻滚角（Roll）、俯仰角（Pitch）、偏航角（Heading）为必须包含项，（经度、纬度）或（GridX、GridY）至少包含一项，若POS文件中不包含GridX和GridY信息，则在导入航迹线文件时，需设置投影坐标系，航带拼接模块会根据投影坐标系和经纬度自动计算出GridX，GridY信息。

其文件存储的航迹信息结构如下：

Data	Units	Type
GPS time	seconds	double
longitude	degree	double
latitude	degree	double
height	meters	double
roll	degree	double
pitch	degree	double
heading	degree	double
GridX(Optional)	meters	double
GridY(Optional)	meters	double

以下为POS文件部分信息

示例1（不包含GridX，GridY）：

```
380954.000,112.5311950876, 26.8969520123,378.543,  7.1701230000,  3.0890110000,-39.4065340000
380954.008,112.5311938923, 26.8969533249,378.537,  7.2001860000,  3.0914780000,-39.4034150000
380954.016,112.5311926975, 26.8969546376,378.531,  7.2368710000,  3.0936380000,-39.4011190000
380954.024,112.5311915034, 26.8969559507,378.525,  7.2683090000,  3.1015050000,-39.3975470000
380954.032,112.5311903098, 26.8969572641,378.518,  7.3007560000,  3.1115160000,-39.3929590000
380954.040,112.5311891169, 26.8969585779,378.512,  7.3269790000,  3.1179720000,-39.3878260000
380954.048,112.5311879247, 26.8969598920,378.506,  7.3525870000,  3.1180460000,-39.3804020000
380954.056,112.5311867331, 26.8969612065,378.500,  7.3745730000,  3.1151630000,-39.3713830000
```

示例2（包含GridX,GridY）：

```
383207.336,112.5421590662,26.9034172036,313.865,3.538615,2.660518,-67.848653,653147.099716932,2976670.62354689
383207.344,112.5421572108,26.9034177865,313.861,3.533299,2.659177,-67.840828,653146.914649722,2976670.68587654
383207.352,112.5421553554,26.9034183697,313.857,3.522385,2.658042,-67.828619,653146.729582108,2976670.74823943
383207.36,112.5421535001,26.9034189529,313.854,3.512757,2.659231,-67.816251,653146.544524429,2976670.81060244
383207.368,112.5421516447,26.9034195363,313.85,3.502656,2.662677,-67.807435,653146.35945655,2976670.87298749
383207.376,112.5421497892,26.9034201198,313.846,3.502243,2.664987,-67.803265,653146.174378605,2976670.9353835
383207.384,112.5421479336,26.9034207035,313.843,3.500293,2.668456,-67.80232,653145.989290462,2976670.99780155
383207.392,112.5421460783,26.9034212874,313.839,3.501546,2.671267,-67.797563,653145.804231844,2976671.06024212
383207.4,112.5421442231,26.9034218713,313.835,3.496569,2.674773,-67.789195,653145.619183163,2976671.12268281
383207.408,112.542142368,26.9034224554,313.832,3.483849,2.676885,-67.774991,653145.434144147,2976671.18514579
383207.416,112.5421405129,26.9034230395,313.828,3.471533,2.676137,-67.765536,653145.24910513,2976671.24760876
383207.424,112.5421386577,26.9034236237,313.824,3.47028,2.675779,-67.760612,653145.064056049,2976671.3100827
383207.432,112.5421368024,26.9034242079,313.82,3.475101,2.677064,-67.761833,653144.878997039,2976671.37255652
383207.44,112.5421349471,26.9034247923,313.817,3.476053,2.681571,-67.761664,653144.69393776,2976671.43505249
```

OUT文件

作为航迹文件的一种格式，*.OUT是一种二进制文件，下表为Applanix提供POSPac SBET文件的格式，具体可以参考PosPac入门手册。

其文件存储的航迹信息结构如下：

Data	Units	Type
time	seconds	double
latitude	radians	double
longitude	radians	double
altitude	meters	double
x velocity	meters/second	double
y velocity	meters/second	double
z velocity	meters/second	double
roll	radians	double
pitch	radians	double
platform heading	radians	double
wander angle	radians	double
x body acceleration	meters/second²	double
y body acceleration	meters/second²	double
z body acceleration	meters/second²	double
x body angular rate	radians/second	double
y body angular rate	radians/second	double
z body angular rate	radians/second	double

控制点文件格式

控制点文件为由逗号间隔的文本文件格式（扩展名*.txt），每一行包含由X、Y和Z坐标组成的三列，其中第一行是表头。下表为控制点文件部分示例：

```
X, Y, Z
473575.563, 291005.332, 127.244
473576.899, 291004.245, 126.328
473576.899, 291004.243, 126.317
473576.899, 291004.245, 126.328
473576.899, 291004.243, 126.317
```

高程注记点文件

高程注记点文件为逗号分隔的CSV文件，包含四列，分别为：X、Y、Z和Label。

下表为高程注记点文件部分示例：

```
X, Y, Z, Label
322539.46, 4102000.01, 2489.21, 2489.21
322551.33, 4102009.72, 2489.55, 2489.55
322562.85, 4102000.03, 2489.74, 2489.74
322563.16, 4102019.38, 2489.98, 2489.98
322511.58, 4102056.04, 2492.86, 2492.86
```

样地数据文件格式

样地数据文件为逗号分隔的文本文件格式（txt扩展名），包含描述数据信息的文件头。每行的前两列为样地中心的X、Y坐标位置，后跟任意数量的因变量（可能会包含多个因变量，但是每次回归分析只使用一个因变量）。

下表为样地数据文件的部分示例，因变量为树高：

```
X,Y,树高
322859.25,4102463.86,33
322862.25,4102459.35,31.5
322864.56,4102462.49,32
322874.58,4102463.50,35
322655.52,4102192.25,21.1
```

ALS种子点文件格式

种子点文件为CSV表格文件或树属性文件，包含描述数据信息的表头，其中至少包含四列，且这四列依次为：树ID、树的X坐标、树的Y坐标和树的Z坐标。

下表为样地数据文件的部分示例：

```
TreeID,TreeLocationX,TreeLocationY,TreeLocationZ
1,322971.5,4102497.5,47.387
2,322549.5,4102496.5,49.42
3,322678.5,4102495.5,48.456
4,322716.5,4102494.5,34.366
5,322516.5,4102489.5,23.726
```

TLS种子点文件格式

种子点文件为CSV表格文件或树属性文件，包含描述数据信息的表头，其中至少包含五列，且这五列依次为：树ID、树的X坐标、树的Y坐标和树木DBH的Z坐标、DBH。

下表为样地数据文件的部分示例：

```
TreeID,TreeLocationX,TreeLocationY,TreeLocationZ,DBH
1,-5.135,-21.219,1.303,0.244
2,-1.693,-30.778,1.3,0.365
3,3.249,-26.096,1.3,0.389
4,-3.852,-28.103,1.304,0.309
5,4.89,-30.851,1.301,0.299
```

CHM分割结果

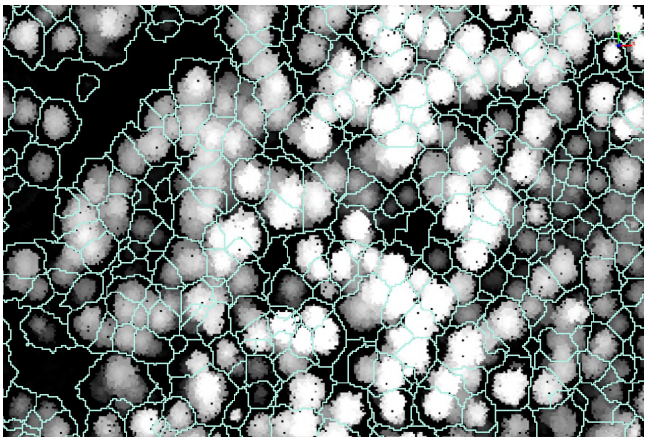
CHM分割结果包含一个polygon类型的shp矢量文件及一个CSV表格文件或树属性文件。

CSV表格或树属性文件中包含树的ID、x、y坐标位置、树高、树冠直径、南北冠径、东西冠径及树冠面积属性。

下表为CHM分割结果部分示例：

```
TreeID, TreeLocationX, TreeLocationY, TreeHeight, CrownDiameter, CrownDiameter(S-N),CrownDiameter(E-W),CrownArea
1, 322716.24, 4102494.69, 36.165, 8.982, 9.865, 8.099, 63.36
2, 322751.21, 4102499.9, 41.282, 4.491, 5.132, 3.850, 15.84
3, 322519.35, 4102499.3, 32.008, 4.708, 4.712, 4.704, 16.64
4, 322742.15, 4102497.7, 26.956, 8.347, 7.536, 9.158, 54.72
5, 322892.26, 4102499.5, 45.493, 7.792, 7,967, 7.617, 47.68
```

SHP文件中包含每棵树的边界范围，属性表中包含每棵树的ID、x、y坐标位置、树高、树冠直径和树冠面积属性。



C:/ALS Forest Sample Data/Forest_Outliers Removal_CHM Segmentation.shp

	TreeID	X	Y	TreeHeight	Diameter	Area
1	33	322716.250	4102494.750	17.719	8.272	53.750
2	7	322751.250	4102499.250	8.767	3.141	7.750
3	9	322813.750	4102499.250	29.870	2.931	6.750
4	1	322510.750	4102499.250	13.972	6.358	31.750
5	2	322519.750	4102499.250	13.099	7.756	47.250
6	4	322573.250	4102499.250	7.661	3.568	10.000
7	6	322733.750	4102499.250	19.508	5.140	20.750
8	16	322742.750	4102498.250	12.150	4.686	17.250
9	19	322746.750	4102497.250	19.537	4.686	17.250
10	8	322766.250	4102499.250	17.510	4.853	18.500
11	12	322838.750	4102499.250	32.976	7.878	48.750
12	10	322815.250	4102499.250	31.832	3.568	10.000
13	5	322578.250	4102499.250	11.403	6.154	29.750
14	13	322892.250	4102499.250	32.772	7.797	47.750

ALS点云分割和基于种子点的点云分割结果

机载点云分割和基于种子点的点云分割结果均为一个CSV表格文件或树属性文件，其中包含树的ID、x、y坐标位置、树高、树冠直径、树冠面积和树冠体积属性。

下表为ALS点云单木分割结果部分示例：

```
TreeID, TreeLocationX, TreeLocationY, TreeHeight, CrownDiameter, CrownArea, CrownVolume
1, 322511.52, 4102089.78, 60.606, 10.85, 92.04, 3240.171
2, 322511.81, 4102015.14, 53.785, 13.15, 135.09,4358.651
3, 322537.43, 4102062.51, 46.667, 12.45, 126.76, 3272.472
```

```
4, 322529.42, 4102073.12, 45.197, 4.071, 13.019, 342.992
5, 322525.07, 4102101.07, 43.861, 3.105, 7.57, 107.672
```

TLS点云分割和基于种子点的点云分割结果

地基点云分割和基于种子点的点云分割结果均为一个CSV表格文件或树属性文件，其中包含树的ID、x、y坐标位置、树高、胸径、树冠直径、树冠面积和树冠体积属性。

下表为TLS点云单木分割结果部分示例：

```
TreeID, TreeLocationX, TreeLocationY, TreeHeight, DBH, CrownDiameter, CrownArea, CrownVolume
1, 136547.147, 289995.532, 6.498, 4.394, 12.964, 132.006, 120.961
2, 136562.037, 289985.496, 5.652, 3.008, 6.234, 30.524, 32.742
3, 136543.853, 290001.586, 6.115, 4.123, 8.627, 58.447, 78.947
4, 136547.766, 289997.909, 5.868, 4.464, 9.574, 71.984, 43.512
5, 136547.127, 289980.102, 5.217, 6.070, 11.155, 97.727, 307.870
```

TLS点云分割单木属性信息量测格式

地基点云分割单木属性信息为一个CSV表格文件或树属性文件，其中包含树的ID、x、y坐标位置、树高、胸径、树冠直径、树冠面积、树冠体积、枝下高及直度。

下表为TLS点云分割单木属性信息部分示例：

```
TreeID, TreeLocationX, TreeLocationY, TreeHeight, DBH, CrownDiameter, CrownArea, CrownVolume, CBH, Straightness
1, 136547.147, 289995.532, 6.498, 4.394, 12.964, 132.006, 120.961, 1.221, 7
2, 136562.037, 289985.496, 5.652, 3.008, 6.234, 30.524, 32.742, 1.351, 3
3, 136543.853, 290001.586, 6.115, 4.123, 8.627, 58.447, 78.947, 1.234, 4
4, 136547.766, 289997.909, 5.868, 4.464, 9.574, 71.984, 43.512, 1.471, 6
5, 136547.127, 289980.102, 5.217, 6.070, 11.155, 97.727, 307.870, 1.186, 1
```

七参数计算控制点文件格式

控制点应至少三对（对应地保存在源坐标与目标坐标文件中），支持坐标格式有空间直角坐标系坐标(X,Y,Z)或者地理坐标系坐标（B,L,H）（度或者度:分:秒），每行一个点，需要注意的是，地理坐标系坐标格式为：纬度，经度，高程。坐标之间以逗号隔开。

示例（度:分:秒）：

```
24:20:52.04982,116:40:30.53733,75.01
24:20:16.93056,116:40:25.28056,78.57
24:19:41.28740,116:40:18.60240,83.92
```

断面成果输出文件格式

2D断面成果输出文件格式

2D断面文件格式可以是ASCII文件(.txt)、矢量文件(.shp)、dxf文件(.dxf)和hdm格式。

- CSV。CSV文件是以逗号分隔的文本文件，可以按名称区分为横断面和纵断面（默认CrossSection为横断面，LongiSection为纵断面）。断面文件中共有三列，分别为：名称，到原点（纵断面以起始点为原点；横断面以与纵断面交点为原点，向左为负，向右为正）的距离，高程。“名称”表示该点所属的横断面名称，例如CrossSection1(0),表示该点所属的横断面名称为CrossSection1，该横断面和0号纵断面正交。“高程”记录了该点在三维坐标系下的的真实高度。下表为ASCII文件示例：

```
Name,Distance,Height
CrossSection1(0),39.510,0.025
CrossSection1(0),39.413,0.085
...
CrossSection2(0),33.884,0.000
CrossSection2(0),32.447,0.033
...
CrossSection7(1),43.774,0.000
CrossSection7(1),42.662,0.025
```

- hdm（南方）。该格式文件是以逗号分隔的文本文件，记录了各个断面的里程以及垂直于中轴线的距离。该格式可描述如下：
  - 1个hdm文件可包含多个横断面。
  - 每一条断面线均以BEGIN字段起始，后跟断面里程，断面序号（可省），到下一个BEGIN字段前结束。如BEGIN,0.000:1，表示此断面的里程为100.000，序号为1。
  - 随后记录断面数据，并以逗号分割，每行2个字段，第1个字段是偏距，第2个字段是高程，偏距分正负，以中桩为基点，面对前进方向（大里程方向），左偏为负，右偏为正。
  - 对于没有中桩点的横断面，偏距以左边第一个点为基点，都为正值。
  - 示例如下，包含3个有中桩点断面的hdm数据：

```
BEGIN,0.000:1
-13.265,90.242
-12.617,90.284
0.000,90.173
13.819,89.890
18.002,89.631
19.329,88.435
20.581,88.404
20.721,89.645
23.318,89.641
BEGIN,7.229:2
-13.918,90.280
-7.584,90.219
0.000,90.106
1.415,89.919
16.547,89.944
BEGIN,27.542:3
-24.713,90.563
-22.875,90.290
-7.484,90.045
0.000,89.819
7.535,89.624
21.322,89.731
```

注意：中桩不一定是横断面的中心点，有些横断面的左右宽度不一样

- hdm（纬地）。该文件是以逗号分隔的文本文件，记录了各个断面的桩号、中桩高以及到中轴线的距离。1个hdm文件可包含多个横断面。每一条断面线均占三行，第一行为里程桩号和中桩高，第二行为顺线路左方向的偏距和高程，第三行为顺线路右方向的偏距和高程。然后再记录下一条断面线。

```
里程桩号     中桩高
    左偏距     高程     左偏距     高程     左偏距     高程     左偏距     高程     左偏距     高程
    右偏距     高程     右偏距     高程     右偏距     高程     右偏距     高程     右偏距     高程
0    288.08
    5.93    0.18    21.79    3.45    32.07    4.49    36.32    8.21
    4.22    -0.09    10.03    0.08    12.31    -5.28    26.9    -5.28
0    456
    4.22    -0.09    10.03    0.08    12.31    -5.28    26.9    -5.28
    5.93    0.18    21.79    3.45    32.07    4.49    36.32    8.21
...
```

- 当导出格式为矢量文件时，偏距和高程将分别作为x和y值，顺次相连，形成若干多边形。每一个多边形分别对应一条断面。断面名称将作为属性值保存在文件中。
- 当导出格式为dxf（2004）时，各个断面将根据各自的坐标值自动排列为N行三列的表格，纵断面将单独形成一行。各个断面下方为文字标注（可选），标注内容含有 填高/挖深、左宽度(Wz)、右宽度(Wy)、中桩高差（以标注形式表示，可选）、填方面积(At)、挖方面积(Aw)、填方体积(Fill Volumn)、挖方体积(Cut Volumn)。导出时可以选择横向和纵向比例尺、填高/挖深标注文字的前缀等。比例尺信息会标注在图形的右下角。标注文字和断面坐标分别在不同的的图层中。

3D断面成果输出文件格式

3D断面文件格式断面文件格式可以是ASCII文件(.csv)、矢量文件(.shp)和dxf文件(.dxf)。

- ASCII文件。以逗号分隔的文本文件，文件中共有4列，分别为：名称，X坐标，Y坐标，Z坐标。Name相同的点属于同一个断面。

  Name,X,Y，Z CrossSection1(0),323128.788,4104260.073,0.025
  CrossSection1(0),323130.481,4104261.752,39.413 ... CrossSection2(0),323245.294,4104234.559,0.073
  CrossSection2(0),323245.659,4104234.934,0.103 ... CrossSection7(1),323429.209,4104472.832,0.000
  CrossSection7(1),323430.965,4104472.877,0.011

- 矢量文件。X、Y、Z将作为坐标值被顺次相连，形成一系列多边形。每一个多边形分别对应一条断面。断面名称将作为属性值保存在文件中。
- dxf格式文件。X、Y、Z将作为坐标值被顺次相连，形成一系列多边形。每一个多边形分别对应一条断面。

注：当导出多个文件时，所有的纵断面和横断面将分别输出成单独的文件；当导出单个文件时，所有属于同一纵断面的横断面将被整合成一个文件，所有的纵断面仍然将被输出成单独的文件。

矩阵文件格式

矩阵文件格式是四行四列的文件格式，每行数据用逗号进行分隔

```
a00,a01,a02,a03

a10,a11,a12,a13

a20,a21,a22,a23

a30,a31,a32,a33
```

示例如下所示：

```
0.99, 0.085, 0.86, -100

0.99, 0.085, 0.86, 100

0.99, 0.085, 0.86, 100

0, 0, 0, 1
```

中心线文件

中心线文件为逗号分隔的CSV文件，包含两列，分别为：X和Y。

下表为中心线文件示例：

```
X, Y,
322539.46, 4102000.01
322551.33, 4102009.72
322562.85, 4102000.03
322563.16, 4102019.38
322511.58, 4102056.04
```

LiBIM文件格式

LiBIM是保存3D建筑物建模数据的文件格式，它由文件头和模型数据记录区组成。

可通过LiDAR360软件导入并显示该数据内容，支持基于该数据进行三维建筑物模型编辑，也支持转换LiBIM为OBJ、转换LiBIM为FBX、转换LiBIM为CityJson功能。

批处理**json**调用功能**ID**列表

下表中展示json文件调用具体功能时需要填写对应的Plugin ID 及 Action ID，具体对应关系见下表。

中文名	英文名	**Plugin ID**	**Action ID**
去噪	Remove_Outliers	0	0
归一化	Normalize_by_DEM	0	1
根据地面点归一化	Normalize_by_Ground_Points	0	15
按范围分块	Tile_by_Range	0	2
按点数分块	Tile_by_PointNumber	0	16
合并	Merge	0	3
边界提取	Extract_Point_Cloud_Boundary	0	4
重采样	Subsampling	0	5
PCV	PCV_Rendering	0	6
定义投影	Define_Projection	0	7
重投影	Reproject	0	8
纹理映射	Extract_Color_from_Image	0	9
点云分幅	Subdivision	0	10
坐标转换	Transformation	0	11
按圆裁剪	Clip_by_Circle	0	30
按矩形裁剪	Clip_by_Rectangle	0	31
按多边形裁剪	Clip_by_Polygon	0	32
转换为LiData	Convert_to_LiData	0	40
转换为Las	Convert_to_Las	0	41
转换为ASCII	Convert_to_ASCII	0	42
转换为栅格	Convert_to_TIFF	0	43
转换为Shape	Convert_to_Shape	0	44
转换为DXF	Convert_to_DXF	0	48
按类别提取	Extract_by_Class	0	60
按高程提取	Extract_by_Elevation	0	61
按强度提取	Extract_by_Intensity	0	62
按回波次数提取	Extract_by_Return	0	63
地面点分类	Classify_Ground_Points	1	0
提取中位地面点	Extract_Median_Ground_Points	1	5
按属性分类	Classify_by_Attribute	1	10
分离低点	Classify_Low_Points	1	11
低于地表分类	Classify_Below_Surface_Points	1	12
孤立点分类	Classify_Isolated_Points	1	13
空中噪点分类	Classify_Air_Points	1	14
高于地面分类	Classify_byHeightAboveGround	1	15
最小高程分类	Classify_byMinElevationDifference	1	16
建筑物分类	Classify_Buildings	1	20

模型关键点分类	Classify_Model_Key_Points	1	17
机器学习分类	Classify_by_Machine_Learning	1	25
按机器学习模型分类	Classify_by_Trained_ML_Model	1	26
数字高程模型	DEM	2	0
数字表面模型	DSM	2	1
点云生成等高线	Point_Cloud_to_Contour	2	20
生成TIN	Generate_TIN	2	23
高度变量	Elevation_Metrics	4	0
强度变量	Intensity_Metrics	4	1
郁闭度	Canopy_Cover	4	2
叶面积指数	Leaf_Area_Index	4	3
间隙率	Gap_Fraction	4	4
线性回归	Linear_Regression	4	5
支持向量机	Support_Vector_Machine	4	6
快速人工神经网络	Fast_Artificial_Neural_Network	4	7
点云分割	Point_Cloud_Segmentation	4	10
层堆叠生成种子点	Generate_Seeds_from_Layer_Stacking	4	14
清除树ID	Clear_Tree_ID	4	11

快捷键

分别介绍了常用菜单栏快捷键、常用视图窗口快捷键以及剖面编辑点云类别的快捷键。

- 常用菜单栏快捷键
- 常用视图窗口快捷键
- 剖面窗口编辑点云类别的快捷键

常用菜单栏快捷键

快捷键	含义
Ctrl+N	新建 LiDAR360 工程 (*.LiPrj 格式文件)
Ctrl+O	打开LiDAR360工程(*.LiPrj格式文件)
Ctrl+Shift+O	打开LiDAR360支持的数据
Ctrl+S	保存LiDAR360 工程(*LiPrj格式文件)
Alt+F4	退出LiDAR360
Ctrl+F3	新建窗口
Ctrl+F4	关闭当前窗口
F11	全屏
F3	正交/透视投影之间切换
F1	查看帮助文档

常用视图窗口快捷键

快捷键	含义
A	逆时针旋转
G	顺时针旋转
C	向前旋转
E	向后旋转
T	显示提示信息
W	显示模型/三角网/点之间切换
P	调整光照（可改善LiModel、LiTin、OSGB等模型文件显示效果）
↑	向上平移
↓	向下平移
←	向左平移
→	向右平移
+	放大
-	缩小
鼠标左键	旋转
鼠标右键	平移
鼠标滚轮	缩放
空格键	全局视图
删除键	删除标签/删除种子点

剖面编辑快捷键

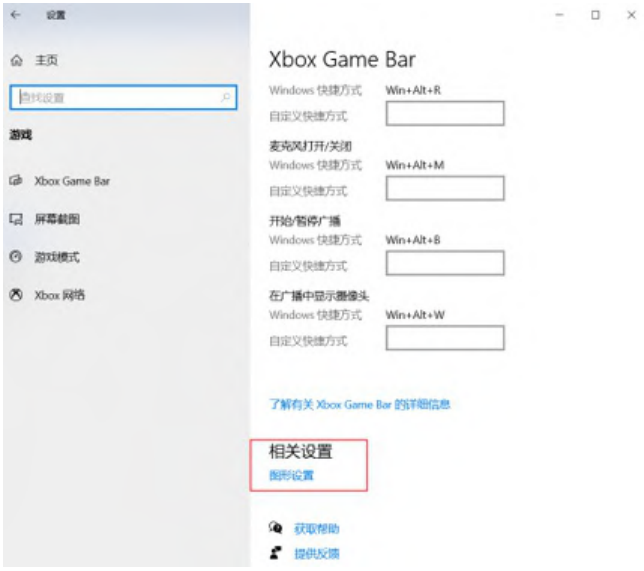
快捷键	含义
0-9	将当前选择的点分为新的类别，根据选择的数字键决定目标类别
L	激活“线上选择”工具
Shift+L	激活“线下选择”工具
Shift+R	激活“矩形选择”工具
Shift+P	激活“多边形选择”工具
Shift+C	激活“圆形选择”工具
Shift+F	激活“圆形画刷”工具
Ctrl+Shift+L	激活“套索选择”工具
Ctrl+Shift+D	激活“平面探测”工具
Shift+Q	按顺序依次切换不同的选择工具
Shift+E	按顺序依次切换不同的分类方法
Alt+←	左移数据块
Alt+→	右移数据块
Alt+↑	上移数据块
Alt+↓	下移数据块
X	激活/取消剖面工具旋转
Ctrl+Shift+S	保存
↑	向前移动横截面/剖面区域
↓	向后移动横截面/剖面区域
→	顺时针旋转横截面/剖面区域
←	逆时针旋转横截面/剖面区域
R	激活/取消剖面场景旋转工具

调整高性能显示模式

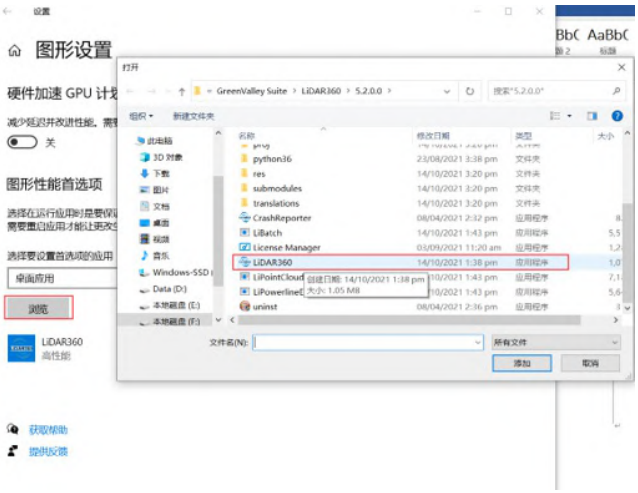
按照以下步骤优化LiDAR360（用于NVIDIA显卡）的图形模式。

1. 打开系统设置。

2. 选择游戏设置 - >图形设置



3. 单击浏览 - >选择“LiDAR360.exe" - >选项下拉菜单，选择“高性能”



图形性能首选项
选择在运行应用时是要保证更
需要重启应用才能让更改生效
选择要设置首选项的应用
桌面应用
浏览
LiDAR360
高性能
F:\V5.210.14\GreenVal
\LiDAR360\5.2.0.0\LiD
选项
删除
图形首选项
你想要用什么来提高图形性能?
让 Windows 决定
节能
GPU: NVIDIA GeForce GTX 1650
高性能
GPU: NVIDIA GeForce GTX 1650
保存
取消

FAQ

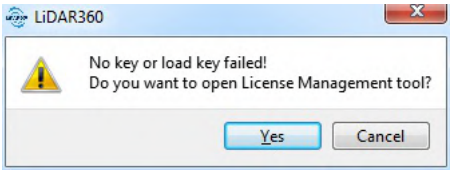
本章介绍了LiDAR360软件使用过程中常见的问题以及解决办法，分为安装和授权常见问题、平台常见问题、航带拼接常见问题、地形模块常见问题以及林业模块常见问题常见问题。更多常见问题信息请从软件起始页进入官网FAQ页面查询

- 安装和授权常见问题
- 平台常见问题
- 分类模块常见问题
- 航带拼接常见问题
- 地形模块常见问题
- 林业模块常见问题

LiDAR360对计算机硬件和操作系统的要求是什么？

- 内存（**RAM**）：不小于8GB；
- 中央处理器（**CPU**）：Intel® Core™ i5/i7；双核处理器；
- 显示适配器：推荐NVIDIA独立显卡，显存不低于2GB；使用GPU进行加速计算，显存不低于6GB。
- 操作系统：微软 Windows 7 （64位），微软 Windows 8 （64位），微软 Windows 10（64位），微软 Windows 11（64位）或Windows Server 2012及以上。

为什么安装LiDAR360后，运行软件会提示试用license过期？



- LiDAR360无法试用可能有以下几个方面的原因：
  - 系统时间改变：LiDAR360在试用过程中，可能会遇到一些原因致使系统时间改变，导致试用过期。
  - 试用过期：LiDAR360每个版本试用期为7天，如果同一个版本之前安装超过7天后，导致试用过期。
  - 其他原因：请发邮件至info@lidar360.com。

LiDAR360支持Server系统么？如何使用？

- 目前LiDAR360仅支持Windows Server系统。服务器系统使用说明如下：
  - 使用管理员账户安装激活LiDAR360软件，且注意将软件安装在其他非管理员账户具备权限的文件夹中。

如果电脑损坏，无法迁出授权码，如何在其他电脑上使用该授权码？

- 请联系info@lidar360.com，我们将从后台回收该授权码，然后可以在其他电脑上使用该授权码。

LiDAR360软件申请试用渠道？

- 请关注”数字绿土“公众号，回复“LiDAR360试用”获取试用授权码，或在“数字绿土”公众号，单击下方工具栏“线上互动”，单击“软件试用”填写个人信息后，后续会有工作人员将软件安装包、软件激活码发送到您的邮箱。

为什么运行数据处理工具之后，进度条移动缓慢？

- 请确认您数据文件的大小，或者是否有其它程序占用电脑性能。在保证精度要求的前提下您可以进行点云抽稀后再次运行工具。

LiDAR 360数据窗口内颜色条显示不正确，如何设置?

- 在桌面上点击鼠标右键，选择NVIDIA Control Panel (NVIDIA 控制面板)，选择管理3D设置 -> 程序设置 -> 添加，将LiDAR360软件添加到高性能图形模式列表中。

LiDAR360能否处理影像生成的点云?

- 只要是LiDAR360支持的数据格式都支持。

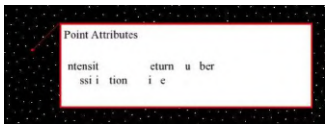
为什么用LiDAR360的3D仿射变换进行转换之后点云坐标不正确？

- LiDAR360中Rx、Ry、Rz的单位为度，所以在变换之前需要先进行弧度和度的转化。（角度=180*弧度/π）。

为什么几何校正之后的数据误差很大，如何解决？

- 选择的同名点对残差较大，可以去掉残差大的点对。

为什么查看单点点云信息，出现对话框文字加载不全或者乱码？



- 将独立显卡驱动更新至最新，然后使用高性能图形模式运行软件，Win10操作系统下调整高性能显示模式可参考设置高性能显示模式。

为什么大疆L1数据通过LiDAR360打开是一条直线（数据显示不正确）?

- 这种情况是因为LiDAR360支持投影坐标的显示，需要将地理坐标转为投影坐标
- 数据管理->点云格式转换->Las转换为LiData选择投影坐标，转换后的数据重新导入软件中就可以正确显示。

LiDAR360突然无法正常使用，如软件无法打开、打开后加载数据失败、加载部分数据灰屏、加载数据后无法正常运行，程序卡死等问题？

- 可首先通过更新NVIDIA显卡驱动、调整NVIDIA显卡性能模式，来排除问题，若通过上述方法均不能解决，可查看AMD集成显卡状态，如是否存在：被识别为windows默认显卡、显卡驱动是否为AMD官方推荐的稳定版驱动，如若

不是，可通过更新AMD集成显卡驱动来解决。

LiDAR360软件在高分辨率屏幕上字体和图标过大/过小，该如何调整？

- 可在电脑的显示设置中调整“缩放与布局”选项，使软件界面缩放到合适大小。

LiDAR360软件提示缺少某dll文件，该如何处理？

- 导致此问题的原因通常为杀毒软件误杀，LiDAR360已经加入多个常用杀毒软件的白名单，但仍然可能存在误杀现象。遇到此问题时，在杀毒软件中还原被误杀的文件即可解决。

LiDAR360软件在运行提取多值到点时，出现：Write operation not permitted on dataset opened in read-only mode报错？

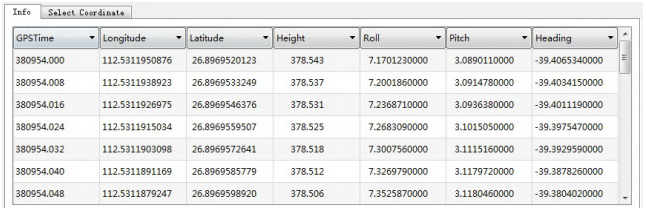
- 这说明您的矢量是已经写过值的矢量数据，无法再重复写入。

LiDAR360导出las时树ID问题，las再导入无法再按树ID显示？

- las常规属性标准中不含tree id这种属性，导出到las 1.4版本中，tree id会写入到附加属性中，再导入lidata会记录到lidata的附加属性，可以按附加属性显示查看treeid效果。

LiDAR360支持的POS数据格式有哪些？

- LiDAR360支持文本文件格式（*.pos）和二进制格式（*.out）的POS数据。
  - *.pos文件是一个包含GPS时间、经纬度、飞行高度、横滚角（Roll）、俯仰角（Pitch）和偏航角（Heading）的文本文件，如下图所示：



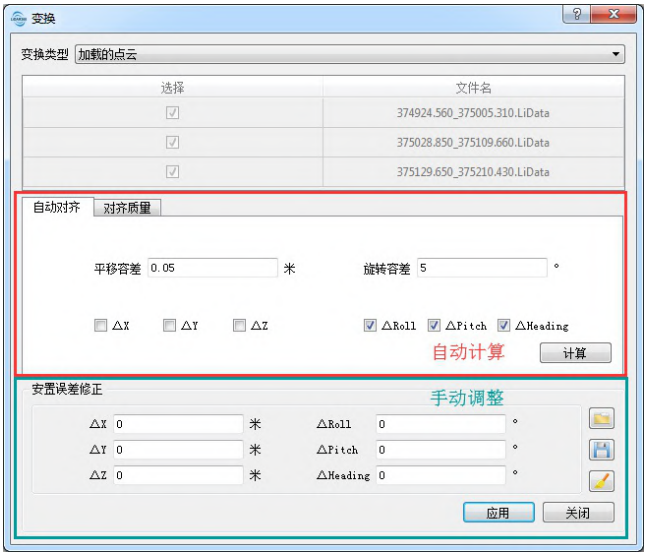
Info | Select Coordinate

GPSTime	Longitude	Latitude	Height	Roll	Pitch	Heading
380954.000	112.5311950876	26.8969520123	378.543	7.1701230000	3.0890110000	-39.4065340000
380954.008	112.5311938923	26.8969533249	378.537	7.2001860000	3.0914780000	-39.4034150000
380954.016	112.5311926975	26.8969546376	378.531	7.2368710000	3.0936380000	-39.4011190000
380954.024	112.5311915034	26.8969559507	378.525	7.2683090000	3.1015050000	-39.3975470000
380954.032	112.5311903098	26.8969572641	378.518	7.3007560000	3.1115160000	-39.3929590000
380954.040	112.5311891169	26.8969585779	378.512	7.3269790000	3.1179720000	-39.3878260000
380954.048	112.5311879247	26.8969598920	378.506	7.3525870000	3.1180460000	-39.3804020000

  - *.out是Applanix公司自定义的二进制POS数据格式，请参考OUT文件。

LiDAR360中航带拼接是自动实现还是手动实现？

- LiDAR360中包含自动航带匹配和手动航带匹配，并可以实时查看拼接结果，生成高精度点云。



为什么按pos数据裁剪点云没有生成结果？

- 请检查pos数据的起止GPS时间和点云的GPS时间范围是否有重叠。

大疆L1设备采集的数据，轨迹时间基准与点云GPS时间基准不一致问题，如轨迹时间为周秒，点云时间信息为调整GPS时？（GPS周秒范围为0~604800,可以以此来区分GPS周秒及调整GPS时）？

- GPS时间转换流程如下： 预处理->航带平差，输入轨迹文件,大疆L1设备轨迹文件为.out格式，输入轨迹线文件后，会弹出GPS时间转换及选择坐标系对话框，勾选“GPS时间转换”，选择源GPS时间，及“转换为”，采集日期选择数据采集日期，将轨迹时间转换为点云时间一致。

航带平差和安置有什么区别？

- 安置修复的是设备安装的系统误差；航带平差是对pos和点云的误差进行整体平差。

如果自动计算检校和航带平差完之后精度还是不能达到要求，是否可以通过控制点平差计算出误差改正？

- 不可以，这里控制点报告只是一个Z值上的精度报告，与安置误差修正无关，目前安置检校模块主要是通过消除激光雷达和惯性测量单元之间的安置误差来实现航带之间的匹配，前提条件是航飞处理后的POS数据精度也需满足相应规范要求。这里建议用户可基于自动计算的结果，手动调整安置误差值来进行检校。

使用重投影功能改变垂直投影后为何点云坐标无变化？

- 垂直坐标系转换以及格网投影需要提供垂直基准格网数据才能进行有效转换。 软件中默认提供EGM2008大地水准面模型高程转换。 如果需要支持其他区域大地水准面模型， 则需要下载相应的格网数据文件。格网文件均由PROJ库官方提供， 这里提供proj-data-1.8下载， 也可在官网https://proj.org/download.html下载最新版的proj-data数据。下载后将文件解压至软件安装目录下geoid文件夹内， 默认在C:\Program Files\GreenValley Suite\LiDAR360\6.x.x\geoid， “6.x.x”为版本号， 不同版本会有差异。请从 https://cdn.proj.org/ 下载相应的 geoid 文件（TIF 格式），并将其复制到软件安装目录的 geoid 文件夹，使用过程中请严格遵守内容提供方的要求，并遵守该等内容所来源地区的所有适用法律。

影像空三或影像拼接失败？

- 为获得最佳处理性能，影像空三与拼接功能将调用GPU进行加速。请确保您的电脑已安装相应的CUDA驱动。

去噪和噪声滤波有什么区别？

- 与去噪功能不同的是，噪声滤波对于表面具有平面结构的物体（如墙体、隧道内壁、地面）处理效果更好，过滤的噪声点更多。

实际采集的激光雷达点密度远大于生产对应的**DEM**的点密度要求，能否对数据进行抽稀处理？

- 若实际采集的激光雷达点密度远高于生产需求，可使用重采样功能实现数据抽稀，LiDAR360提供了三种抽稀方式：最小点间距、百分比和八叉树。

对于已生成的**DEM**数据，如何在**LiDAR360**软件中更直观地检查**DEM**的生成质量及对质量不合格区域进行修改？

- 可通过地形->剖面编辑->DEM预览查看DEM效果，对不合格DEM可通过地形补点、插入断裂线进行优化，重新生成DEM，通过地形->DEM精度检查，对生成的DEM进行精度检查，并输出报告

LiDAR360是否可实现特定区域分类，如湖泊、河流区域？

- 可通过分类->剖面编辑->开始编辑->生成TIN->添加断裂线->置平区域（湖泊）/双条断裂线（河流）->设置初始类别，目标类别，比如水体->添加，完成湖泊区域分类（在此过程还能通过关联窗口联合影像进行）。还可以通过分类->水域分类来完成。

LiDAR360是否可实现给定矢量范围内点云统一赋值高程？

- 可通过分类->剖面编辑->开始编辑->生成TIN->添加断裂线->闭合区域断裂线->多边形选择待统一高程的区域，可以指定高程，也可通过鼠标拾取三角网面片点统一高程。

LiDAR360生成的**DEM**为何会呈现出散点、部分区域黑块现象？

- 此问题通常由地面点密度过低导致，可在需求范围内调大DEM生成时的分辨率（即Xsize、Ysize参数），或根据用户手册内容调整参数，生成更密集的地面点，再使用DEM功能。

LiDAR360中的控制点报告功能，为何无法计算出结果？

- 使用控制点报告功能前需要先进行地面点分类，将地面点设置为初始类别，即可计算出结果，当控制点在地面以外的硬表面上时，可以将该物体也进行分类并在初始类别中选择。

LiDAR360中使用**DEM**接边工具后，为何仍然能明显地看出**DEM**边界，导入其他软件中也会显示出明显的边界？

- 接边后地DEM仍然为2个数据，分别进行了阴影渲染，在LiDAR360的渲染模式中将“叠加山体阴影”选项取消勾选，边界即会消失；使用“影像镶嵌”功能，将接边后的多个DEM合并成一个文件，在其他软件中打开便也不会显示出

DEM分块的边界。

LiDAR360中地面点较为稀疏？

- 情况一：已提取足够密集的地面点，但是显示起来较为稀疏。

这里可以“按类别提取点云”，单独导出地面点可视化查看。这是由于原始数据只显示地面点的时，可能会因为存在其他类别的点云。然后点云的树结构，导致离得远的时候 部分地面点还没有加载显示。

- 情况二：确实提取的地面点较为稀疏，这里有三种方法解决。

1、用地面点分类功能时，取消勾选“停止构建三角形，当边长<x”选项； 2、如果是非城区，可以选择“深度学习分类地面点功能”； 3、如果对精度要求不高，可以选择“CSF地面点滤波”来提取地面点。

CHM分割精度受哪些参数影响，应该如何设置这些参数？

- CHM分割的精度受CHM分辨率和高斯平滑因子的影响。CHM为DSM和DEM的差值，其分辨率由DSM和DEM的分辨率决定，一般而言，该值不宜超过冠幅的三分之一，可设置范围为0.3-1米，通常情况下，分辨率设置为0.5-0.6米能得到较高的分割精度。Sigma为高斯平滑因子（默认为“1”），该值越大，平滑程度越高，反之越低。平滑程度影响分割出的树木株数，如果出现欠分割，建议将该值调小（如：0.5），反之，如果出现过分割，建议将该值调大（如：1.5）。

针阔混交林数据采用哪种分割方式能得到较高的精度？

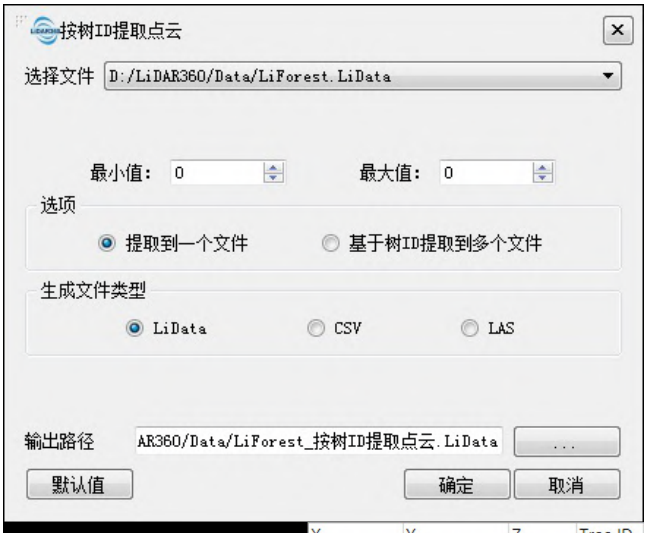
- 对于针阔混交林，建议采用CHM分割。

树木长势不一样，如何分割能得到较高的精度？

- 对于长势差距较大的数据，建议通过选择工具或者裁剪工具将不同长势的点云保存为不同的文件，单独予以处理。

LiDAR360的单木分割结果如何导出到第三方软件进行分析？

- 点击机载林业 > 按树*ID*提取点云，可以将分割过的点云导出为Lidata、CSV和LAS格式，利用其它软件进行后续分析。软件支持将每棵树导出为单独的CSV文件，也可以将所有点导出为一个文件。导出的CSV文件如下图所示，其中包含X、Y、Z坐标和树ID信息。



X	Y	Z	Tree ID
322621.07	4102041.99	6.743	46
322622.48	4102043.31	11.736	46
322618.82	4102039.19	9.151	46
322620.57	4102045.13	5.883	46
322619.84	4102038.8	12.972	46
322622.83	4102042.92	14.346	46
322615.72	4102046.2	12.111	46
322616.58	4102039.91	15.035	46
322619.36	4102038.52	13.747	46
322620.34	4102039.26	12.779	46
322621.21	4102040.27	11.625	46
322620.34	4102045.87	10.745	46
322621.85	4102042.73	8.413	46
322622.65	4102044.29	14.441	46
322621.83	4102044.93	13.393	46
322622.24	4102044.99	12.59	46
322622.57	4102045.85	11.602	46
322616.23	4102040.06	15.539	46

回归分析至少需要多少个样地调查数据？

- 用于回归分析的样地数量一般没有明确的规定。一般而言，在保证样地位置和样地测量准确性的前提下，样地的数量越多，回归分析的精度越高。样地应随机选择且具有代表性，能够覆盖研究区内不同的林型。样本量小于30个被称为小样本，样本量大于等于30个被称为大样本，为了保证回归精度分析，推荐样本数量应该大于等于30个（还要考虑研究区大小及复杂情况等），样本个数应当大于回归自变量个数。

单木分割之后，成果表格里面哪一列是树的高程呢？没有怎么办？

- 单木分割之后，成果表格里一般情况下会有树高值。如果没有树的高程值，或者想要生成带有树高值的单木属性文件可以：机载林业->统计单木属性，勾选“新文件”，下方需要统计的的属性中，确保树高处于选中状态，点击下一步，然后点确定即可。

单木分割后的成果**CSV**表格中的种子点坐标不是经纬度的怎么办？

- 先把这个CSV表格里面的树ID，x坐标，y坐标复制一下，然后粘贴到一个新建的TXT文档里面，再利用LiDAR360里面的工具箱-数据管理-投影和坐标转换-ASCII重投影工具，把这个文件里的坐标转换为经纬度，最后再把生成的新文档里面的坐标粘贴回原来的单木分割表格即可。

为何正常生成**CHM**文件后，无法生成种子点/进行**CHM**分割？

- 此问题通常由CHM质量过差，算法难以识别导致，通常与DEM质量过差关联。可根据手册内容基于点云生成TIN，编辑TIN保证地形质量，基于TIN生成高质量DEM，再进行CHM生成种子点/分割。

为何基于种子点的单木分割，分割结果单木数量与种子点数量不同？遇到这种情况该如何处理呢？

- 单木分割采用的是竞争策略，当某些树木形态较差时，可能会被识别到其他树木中。将单木分割产生的CSV表格和种子点表格同时导入到软件中，单木位置和种子点位置通常很接近，会形成点对，此时孤立点便为未形成单木的种子点，可在该位置对单木点云进行手动编辑，调整结果。

为何正常生成**CHM**文件后，无法生成种子点/进行**CHM**分割？

- 此问题通常由CHM质量过差，算法难以识别导致，通常与DEM质量过差关联。可根据手册内容基于点云生成TIN，编辑TIN保证地形质量，基于TIN生成高质量DEM，再进行CHM生成种子点/分割。

基于树干单木分割出错？（深度学习分类报错？）

- 此错误通常与GPU计算环境有关。为确保深度学习模型稳定运行，建议您：

首选方案：访问NVIDIA官网更新您的显卡驱动。

备用方案：在处理设置中，将计算设备从更改为“CPU”后重试（即：取消勾选“优先使用GPU”）。

LiDAR360版本更新说明

v9.0 - 8/26/2025

- 预处理：
  - 增加 UAV 激光雷达精度质检：
    - 设备检校记录
    - 点云精度检查
  - 标靶自动识别增加 X 型标靶类型，相应功能包括 3D 控制点、航带平差、影像控制点、配准等支持
  - 优化密度质量检查，支持增加质检范围
  - 优化配准功能：
    - 增加数据类型支持，扩展支持表格、光谱、模型等格式；
    - 增加控制点标靶识别；
    - 增加自动匹配控制点对；
- 数据管理：
  - 优化点云工具集
    - 增加点云赋值光谱属性
    - 增加点云属性计算器工具，可利用点云包含属性进行更多特征计算
    - 优化点云分块，支持多文件合并分块
    - 优化按多边形裁切，支持内环多边形裁切
  - 增加栅格工具集
    - 定义栅格 NoData 值
    - 按多边形裁切栅格
    - 按矩形裁切栅格
    - 按圆裁切栅格
    - 按掩模裁切栅格
    - 按属性提取栅格
    - 波段合成
    - 创建彩色合成
    - 优化栅格计算器，支持多波段计算，增加范围设置及计算公式等
  - 增加矢量工具集
    - 定义栅格 NoData 值
    - 按多边形裁切矢量
    - 矢量合并
    - 移除重复的顶点
    - 栅格贴合
    - 按属性分割
    - 提取多值到点
  - 增加 3D Tiles 合并
  - 增加模型格式转换
    - LiModel 转 S3M
    - LiTin 转 3D Tiles
    - LiTin 转 LandXML/J-LandXML
    - OBJ 转 3D Tiles
    - LiBIM 转 3D Tiles
    - LiBIM 转OSGB
    - LiTree 转OBJ
    - LiTree 转CityJSON
    - LiTree 转 3D Tiles

        - LiTree 转OSGB
        - 3D Tiles 转 S3M
        - 3D Tiles 转 OSGB
        - 3D Tiles 转 OBJ
        - OBJ 转 3D Tiles
    - 增加栅格格式转换
        - TIFF 转为 USGS DEM 格式
        - TIFF 转为 ASCII 格式
        - TIFF 转为 IMG 格式
        - ASCII 转为 TIFF 格式
        - USGS DEM 转为 TIFF 格式
        - IMG 转为 TIFF 格式
    - 增加矢量转 LandXML/J-LandXML
    - 优化点云转 3D Tiles
    - 优化投影与坐标转换
        - i. LiTree 支持定义投影信息
        - 优化重投影支持格式扩充，增加 obj、LiBIM、LiTree、光谱数据
        - 坐标转换支持格式扩充，增加 obj、LiBIM，截止目前支持点云、矢量、表格与模型格式
        - 投影界面更新，增加坐标重投影过程选择
- 分类：
    - 增加基于深度学习的地面点分类
    - 增加表面点分类
    - 增加基于掩模的类别映射
    - 优化 CSF 滤波效果，支持并行计算
    - 优化建筑物提取，支持生成掩模文件
    - 优化道路提取提取，支持生成掩模文件
    - 自定义深度学习工具支持添加到工具箱
    - 优化分类编辑：
        - 新增智能识别分类功能，可显著减少人工编辑工作量
        - 新增矢量工具，支持拷贝、移动等
        - 支持对光谱数据使用 SAM 联合影像对点云分类
        - 优化编辑体验，减少内存占用
- 林业：
    - 增加基于正射影像的单木分割，支持通用场景与棕榈树场景
    - 增加机载林业基于树干的点云分割
    - 增加地基林业灌丛垂直结构量化
    - 优化地基林业种子点编辑
        - 合并树种标识，可在一个工具中进行标记
        - 树种标记支持从树木模型库中选择树种
        - 优化编辑用户体验 *支持地基林业覆盖度计算高度范围设置
    - 树模型入库支持三维预览
    - 优化林分分析画布专题图绘制效果
    - 优化基于单木分割点云配准功能
    - 移除工具
        - 移除提取桉树树干工具
        - 移除树种标记工具，合并到 TLS 种子点编辑工具中
        - 树种标记支持从树木模型库中选择树种
- 地形：
    - 增加等高线自动接边工具
    - 等高线支持国标代码标注
    - 增加断裂线自动接边工具
    - DEM\DSM 支持生成 IMG、USGS-DEM、ASCII 等格式，支持精度设置

    - LiTIN 扩充支持 3D Tiles 的 2DTIN 格式，使用后缀.2DTIN.json
        - 支持大数据构建与存储
        - 支持大数据编辑
        - 支持转换为其他 LiTIN 支持转换的格式
        - 支持生成等高线\DEM 等
    - 优化断面分析
        - 支持多文件点云数据断面生成
        - 支持导出 pdf 格式断面报告
        - 支持断面导出 LandXML/J-LandXML
    - 扩充水文分析工具集
        - 填洼
        - 流量
        - 流向
        - 水网提取
        - 升级水淹分析
    - 优化 LiModel 编辑
        - 增加画刷选择工具
        - 优化交互过程，支持编辑区域多次应用
        - 支持选择已有矢量成果作为编辑区域，支持单独选择与批量选择
        - 支持编辑区域高程使用最高、平均、最低及百分比高程值，便于批量应用
    - 优化 LiTin 编辑
        - 支持大数据编辑
        - 优化外部导入断裂线支持
- 矿山：
    - 优化表面重建，扩充 3D Tiles 格式大数据支持
    - 优化 mesh 编辑，支持 3D Tiles 编辑
    - 优化多期体积变化分析报告，支持 3D Tiles（2D TIN）格式
    - 优化断面分析
        - 同步地形断面功能
        - 增加多期巷道断面变形分析，生成分析报告
- 建筑物：
    - 建筑物属性表支持几何对象计算
    - 升级 LiBIM 版本，支持属性区分大小写
    - 建筑物矢量模型赋色拆分为基于正射影像的和基于影像工程两个工具
- 影像模块
    - 增加不规则三角网模型贴图
    - 增加相机分组工具，可将大场景影像工程 SFM 计算拆分成多个子场景影像工程计算
    - 增加合并相机组工具，将多个子场景合并为一个影像工程进行融合平差
    - 优化对齐到点云，提供更稳健的特征计算方案
    - 优化 SFM 效率，提升 30%以上
- 新增光谱分析模块
    - 增加 113 种光谱指数工具集
    - 增加光谱角分类
    - 增加光谱库入库
    - 增加光谱曲线查看
    - 增加掩模创建工具
    - 增加最小噪声分离工具
    - 增加 S-G 平滑滤波器
    - 增加主成分分析工具
    - 增加波长管理
- 批处理\分布式模块
    - 增加模型构造器，支持超 200 个工具组合，支持模型定义与命令行调用

    - 增加倾斜影像 SFM 过程分布式计算
    - 优化分布式逻辑控制，支持动态添加计算节点
- 矢量编辑
    - 影像标注工具作为独立工具，移动到分类模块中
    - 支持多边形填充渲染
    - 优化文字提示控制，支持隐藏与大小设置
    - 支持对光谱数据使用 SAM 进行矢量提取
- 平台
    - 增加 X-Ray 渲染特效
    - 数据捕捉全平台工具支持，工具移动到控制台，支持快捷键 F3
    - 增加渲染场景天空盒显示
    - 增加坐标原点显示
    - 升级目录树管理
        - 扩充支持 3D Tiles 等模型格式渲染、点选、量测与裁切等
        - 扩充支持 dat、img 等光谱格式渲染、点选、量测、波段选择等
        - 扩充数据源列表与编辑列表
        - 窗口列表中新增创建组，可选中不同数据创建为一组便于移动、查看等
        - 窗口关闭，可以保留窗口数据列表，便于重新打开
        - 多个数据可多选直接导入新窗口中
        - 支持光谱数据波长设置、坏波段识别与标记、根据传感器导入波长等
        - 支持多点云数据选中右键信息统计
        - 支持右键导出 SBET.out、*.txt 等格式轨迹数据
        - 支持影像工程连接点删除，便于重新计算
        - 优化 treedb 表格数据导出 shp\gpkg 时按显示几何导出
        - 优化数据右键信息展示，可直接导出信息页
    - 升级工程文件保存，可恢复场景状态，支持场景快照便于查找工程文件
    - 升级数据裁切，支持 3D Tiles 格式数据
    - 优化点云渲染策略
    - 优化等高线带高程注记点场景显示
    - 优化点云与模型渲染效率，降低内存占用
    - 优化属性表操作
        - 支持批量修改与删除属性表（表格、矢量及模型）操作
        - 增加反选、仅显示选中行、删除选中行工具
        - 导出仅支持选中数据导出
    - 升级显示模式
        - 点云显示设置界面支持点大小设置
        - 模型显示设置界面支持透明度设置
        - 矢量显示设置界面支持点大小、线宽、透明度设置
        - 表格显示设置界面支持点大小设置
        - 支持栅格掩模文件按类别标签显示
        - 支持影像功能连接点大小设置
- 其他
    - 新增 AI 智能问答助手
    - 开始页可在线观看教程视频
    - 成果发布共享
        - 支持模型转换为 3D Tiles 大数据展示

v8.0 - 8/15/2024

- 预处理：
    - 新增3D控制点报告功能：

        - 新增自动检测控制点对应的靶标
        - 新增支持在控制点报告中直接定义坐标转换模型
    - 新增DJI L1\L2数据在线解算功能，支持流程化处理
    - 优化航带平差功能，支持海量点云与影像联合平差，支持从点云/影像中自动识别靶标并匹配控制点
    - 优化配准功能：
        - 新增自定义局部空间直角坐标系功能
        - 新增支持导入控制点进行配准
- 数据管理：
    - 新增调整点云颜色功能
    - 新增单位转换功能，支持平台所有数据格式
    - 新增ASCII转矢量/矢量转ASCII功能
    - 新增支持定义投影/重投影栅格、矢量、ASCII数据
    - 新增支持从当前加载的数据中选择定义投影、重投影的目标坐标系
    - 新增支持LiTIN、LiModel数据导出为obj、osgb格式
    - 新增3D放射变换转换关系计算
    - 优化归一化功能，减弱地形起伏导致的地物开裂等问题
    - 优化按属性聚簇功能，支持统计时选择附加属性
    - 优化点云转栅格功能，支持孔洞修补
    - 优化影像分幅功能，支持生成分幅边界线
    - 优化按回波提取功能，支持最大15回波
- 分类：
    - 新增支持道路分类提取
    - 新增建筑物分类支持墙体分类
    - 优化深度学习分类功能，新增多种场景
    - 优化地面点分类功能效率，支持并行计算
    - 优化自定义深度学习分类功能：
        - 新增支持将训练后的模型定义为独立工具
        - 新增支持影像数据标注、训练与推理
        - 新增内置巷道分类模型功能
        - 优化点云深度学习模型
    - 优化分类编辑功能：
        - 新增支持定时保存
        - 新增基于SAM大模型的半自动分类功能
        - 新增选择区域地面点分类支持创建种子点设置范围
        - 优化地面点模拟，支持随机分布
        - 优化内存占用
- 林业：
    - 新增林分结构划定功能
    - 新增树木建模功能内置模型库，支持70种树木模型
    - 优化单木属性：
        - 优化单木属性统计、扩展功能，将其合并，支持一键提取多种参数
        - 新增支持树干弯曲度计算
        - 新增支持树干切割分析及立木材积计算
        - 新增支持提取、记录、管理分叉胸径
        - 优化树高、胸径提取精度
        - 优化林业设置选项，支持单木属性计算相关设置
    - 新增林分分析与报告功能，支持间伐分析、立木材积分析及报告
    - 新增样地树木方位角和距离计算功能
    - 新增支持单木属性文件treedb右键导出为表格、矢量数据
    - 新增支持点云与关联单木属性，按属性值渲染
    - 优化单木报告，新增样地面积、树木棵数等信息，新增单木影像，支持生成pdf格式的报告
    - 优化回归分析功能，分析成果新增散点图

    - 新增CHM增加填坑功能，解决阔叶林场景生成的CHM存在孔洞的问题
    - 优化基于树干分割功能的成果精度
    - 优化按树ID提取点云，支持提取单点云为LiData和LAS格式
- 地形：
    - 新增相对高程模型（REM）功能
    - 新增水淹分析功能
    - 新增视域分析功能
    - 新增天空视域因子分析功能
    - 新增年日照量分析功能
    - 新增入射太阳辐射分析功能
    - 优化LiTIN、LiModel编辑功能，支持单步回退、重做操作
    - 优化LiModel编辑功能，支持添加多种断裂线
    - 优化等高线编辑功能，支持拓扑检查、选择区域面积过滤
    - 优化DOM功能，支持正射影像纠正模式
    - 优化生成等高线功能，支持多种曲线拟合与简化功能
    - 优化DEM功能，支持标准模式下成果名称带原数据名称、扩充分幅比例尺到1:5000
    - 优化断面分析功能，新增断面质检，支持外部导入断面位置、断面成果背景网格等设置
    - 优化生成高程注记点功能，支持菱形采样
    - 优化变化检测功能，支持缺失部分标记
- 矿山：
    - 新增井下巷道的断面分析成果
    - 新增巷道中线提取功能
- 建筑物：
    - 新增支持建筑物单体属性编辑
    - 新增支持建筑物属性表属性计算、扩充、筛选导出等
    - 优化建筑物属性计算，支持计算点云与模型的rmse作为附加属性
    - 优化纹理贴图交互过程种的缩略图显示
    - 优化LiBIM渲染，减少数据量较大时的卡顿
- 新增影像模块
    - 新增创建影像工程功能，支持可见光与多光谱数据
    - 新增空三计算功能，支持GPU高性能计算
    - 新增特征点自动\半自动筛选编辑
    - 新增DOM编辑功能
    - 新增支持控制点刺点，平面标靶自动识别
    - 新增相机校正参数设置功能
    - 新增畸变矫正功能
    - 增加去雾功能
    - 新增支持影像工程连接点显示，支持按照置信度等模式显示
    - 优化对齐到点云功能，支持相机安置检校，支持影像刺点与标靶自动探测
- 新增分布式模块
    - 支持多个点云工具分布式集群计算
    - 支持多文件与大文件分布式处理
    - 支持计算节点优先级动态配置
    - 支持计算节点多实例计算、监控与管理
    - 支持成果合并
- 矢量编辑
    - 新增联合SAM半自动矢量提取功能
    - 新增半自动脚趾线提取功能
    - 新增地形贴合功能
    - 新增几何要素均匀化工具
    - 新增直角化绘制工具
    - 新增直角转圆弧工具

    - 新增线打断工具
    - 新增曲线离散化工具
    - 新增支持影像深度学习样本标注并导出labelme格式
    - 优化线合并等多个工具，合并部分相同工具
    - 优化曲线绘制工具，支持设置参数生成曲线
    - 优化矢量文件图层管理，支持图层修改设置
    - 优化平行拷贝工具，支持平移距离设置
    - 优化编辑选项，支持符号化、捕捉设置
    - 优化矢量交互，新增绘制操作提示
- 其他
    - 新增单位设置，支持在不同单位下处理数据，生成成果
    - 新增成果发布功能，支持在线展示各类数据成果
    - 新增量测捕捉设置功能，支持捕捉不同数据类型，提高点选、测量精度
    - 增加线上、线下、面上、面下、面内选择工具
    - 优化体积量测功能及报告，新增测区点云截图、照片等内容及设置
    - 优化剖面工具，支持设置连接窗口，便于不同窗口使用剖面
    - 优化矢量数据渲染，支持控制图层显隐
    - 优化目录树：
        - 新增影像工程支持相机显隐控制、影像大小调整、右键导出等菜单及控制
        - 优化表格数据、矢量（SHP\GPKG）、LiBIM数据属性管理，支持属性表字段筛选、字段计算器
        - 优化表格数据显示，支持动态切换渲染状态、标签大小调整
    - 优化配置选项，支持GPU选择、单位设置、林业属性计算方案配置
    - 优化批处理工具，扩充更多功能支持，详见使用手册

v7.0 - 9/30/2023

- 预处理：
    - 航带平差新增livox激光器镜面误差改正
    - 新增多源航带平差，提升点云和影像匹配精度
    - 优化配准功能流程，ICP功能支持点云与模型配准
    - 安置检校新增轨迹自动裁剪
    - 轨迹解算时投影坐标增加Z值记录
- 数据管理：
    - 新增点云色彩亮度和对比度调节
    - 新增多段线平滑工具，提供多种平滑方式
    - 新增点云批量转换PLY格式
    - 新增建筑物模型导出DAE格式
    - 新增三角网模型平滑工具
    - 优化重投影工具，支持复制投影坐标并修改，支持收藏管理，支持从图层目录树中选择投影
    - 优化边界提取，支持内环和岛状边界提取
    - 优化点云赋色工具，支持基于原始影像赋色
    - 优化点云转影像工具，支持多种属性生成RGB影像
    - 优化点云平滑，支持多文件联合平滑
- 分类：
    - 新增深度学习城市场景分类
    - 高于地面点分类新增支持多个分段分类
- 地形：
    - 新增排水线分析工具
    - 新增施工进度分析工具
    - 新增等高线矛盾检查工具
    - 新增等高线半自动编辑工具

        - 等高线打断
        - 等高线连接
        - 面积过滤
        - 生成注记点
        - 注记点矛盾检查
    - 等高线新增支持线上高程注记点生成
    - 新增支持外部空三工程生成DOM
    - LiTIN编辑与分类编辑新增断裂线高程自动计算
    - 优化TIN生成DEM，解决边界外部插值问题
    - 优化山体阴影偏暗问题
    - 断面分析
        - 支持隧道断面参数化设计
        - 生成断面支持根据坡度绘制
        - 断面对比支持距离显示
        - 支持导出隧道断面中线轨迹
- 林业：
    - 新增生物量估算与生物量模型管理
    - 新增基于深度学习的树干分类与单木分割
    - 新增林业单木属性自定义格式，简化属性使用
    - CHM单木分割新增东西、南北冠幅参数提取
    - 优化机载林业群体参数，支持类别选择
    - 优化地基林业群体参数，支持输出格式选择
    - 地基林业种子点编辑支持矩形剖面选择
- 矿山：
    - 新增坡道间合规检查
    - 优化边坡线提取，支持坡顶坡底线分类
    - 优化泊松建模，支持格网密度预览
    - 优化三角网模型重建，提升重建效率与效果
    - 新增三角网模型编辑
        - 支持三角网正反面显示，点、线、面叠加显示
        - 支持三角网选择工具，套索、多边形、矩形
        - 支持三角网正反选、减选
        - 支持三角网透选与可见性选择
        - 支持选择扩充和缩减、组件选择、泛洪选择
        - 支持选择隐藏、全选与反选
        - 支持填充所有孔洞、单个孔洞填充
        - 支持孔洞桥接
        - 支持三角网平滑
        - 支持三角网简化
- 建筑物：
    - 新增基于影像自动提取建筑物轮廓线
    - 新增影像与点云对齐功能
    - 新增自动影像纹理贴图
    - 新增交互影像纹理贴图、材质纹理贴图，自定义材质及材质库管理
    - 新增建筑物属性管理，支持增删改等操作
    - 新建筑物属性自动计算，支持体积、高度、房屋形态等属性
    - 优化扩展建筑物白模编辑
        - 增加面片分割
        - 增加面片重新拟合
        - 增加曲面编辑
        - 建筑物分割支持多段线分割
        - 增加删除后的文件管理

- **UAV**数据处理向导：
  - 新增航带平差、轨迹自动裁剪、去冗余、平滑、采样、去噪、分类一键全流程处理
- 矢量编辑：
  - 新增矢量实体属性联动编辑，支持批量修改高程
  - 新增矢量对象合并
  - 新增支持gpkg数据格式
  - 新增矢量文本标注
  - 新增矢量布尔运算
  - 新增矢量相交
  - 新增线平移拷贝
  - 新增基于模型提取建筑物轮廓线
  - 新增矢量编辑自动保存
  - 新增矢量节点显示设置
  - 优化图层管理，无缝聚合CAD与GIS数据
  - 优化要素整形与交汇画线工具交互
- 其他：
  - 目录树新增轨迹、空三工程管理
  - 新增矢量显示线宽设置
  - 矢量数据支持显示属性字段
  - 支持矢量属性增删改查和属性表导出
  - 选择裁剪工具新增支持保存剩余数据
  - 体积量测报告新增当前场景截图
  - 卷帘工具支持点云、模型、矢量、表格多种数据
  - 三角网、LiBIM、LiModel、LiTIN等编辑支持快捷键设置
  - 支持渲染场景背景色设置渐进色

v6.0 - 8/10/2022

- 新增模块和功能：
  - 增加加载数据转换为LiData时体素降采样
  - 增加多架次航带平差功能
  - 增加基于高程投影面坐标转换
  - 增加KML矢量格式支持
  - 矢量绘制
    - 增加圆弧绘制
    - 增加一点圆、两点圆、三点圆绘制
  - 增加建筑建模模块
    - 增加基于底图自动构建LOD2级别模型
    - 增加半自动构建LOD2级别模型
    - 增加建筑物模型编辑工具
      - 增加移动顶点工具
      - 增加删除顶点工具
      - 增加添加顶点工具
      - 增加移动线工具
      - 增加对齐线工具
    - 增加建筑物模型平面编辑工具
      - 增加面片合并工具
      - 增加面片删除工具
      - 增加面片相交线工具
      - 增加添加面片工具
    - 增加建筑物地面高度调整

        - 支持建筑物模型导出obj、fbx、cityjson等格式
        - 支持LiBIM数据合并
    - 林业模块
        - 增加单木分割成果接边工具
        - 增加树木三维建模
        - 增加导出单木报告
        - 增加基于TLS数据提取树干工具
        - 增加提取单木枝下高工具
        - 增加地基林业孔隙率计算
        - 增加地基林业覆盖度计算
        - 增加地基单木点云编辑工具
            - 增加半自动去除支撑架工具
            - 增加单木属性过滤检查
        - 增加机载林业单木点云编辑工具
            - 增加半自动单木点云分割
            - 增加基于属性过滤检查
            - 增加单木点云创建、删除与合并操作
    - 地形模块
        - 增加基于DEM\DSM生产DOM工具
    - 增加自定义深度学习分类工具包
        - 支持训练与推理任务定制化处理过程
        - 支持模型管理
        - 支持算法更新
- 已有功能完善：
    - 选择裁剪工具支持快捷键操作
    - 体积量测支持点云拟合平面作为量测基准面
    - 点云渲染支持分窗口渲染模式
    - 提升点云转换LiData数据效率30%
    - 优化平滑、去噪、重采样等常用工具效率，并行模式可提升50%-120%
    - 支持模型数据建筑语义渲染
    - 工程管理
        - 支持.*ligeo*、 .mmprj工程数据导入
    - 裁剪工具
        - 按多边形分块，支持缓冲区设置
        - 矩形裁剪支持单点绘制矩形区域
    - 手动平移旋转支持对象移动器控制
    - 地形
        - 道路断面分析工具支持断面是否插值控制

v5.4 - 25/7/2022

- 新增模块和功能：
    - 增加按附加属性提取功能
    - 增加按属性分割功能
    - 体积量测
        - 增加三角网法体积量测，体积计算更精确
        - 增加实体模型体积量测
    - 投影与坐标转换
        - 增加geoid选择
        - 支持水平投影和垂直投影独立选择
        - 增加四参数与大地水准面联合转换

        - 增加大地水准面模型拟合
        - 手动平移旋转和手动配准增加模型数据转换
    - 增加按附加属性分类功能
    - 增加模型平滑功能
    - 矢量编辑
        - 增加点打断、线打断、合并、删减功能
        - 增加B样条、白塞尔曲线绘制
        - 增加B样条、白塞尔曲线整形绘制
        - 增加二三维矢量绘制高程模式设置
        - 增加多段线平滑工具
        - 增加高点和低点捕捉
    - 增加手动树种标识功能
    - 增加单木属性设置，支持树木位置、冠幅等计算方式选择
    - 矢量编辑
        - 增加自动提取坡顶坡底线
        - 增加体积变化分析
- 已有功能完善：
    - 界面常用编辑工具使用gallery模式，支持工具浮动显示
    - 分类类别支持0-255类别选择
    - 支持二三维数据联动
    - 自定义tab页支持全功能搜索
    - 数据渲染
        - 增加栅格、矢量、模型、表格数据按窗口显示
        - 按窗口范围显示支持点云、栅格、矢量、模型、表格数据按值范围过滤
        - 增加栅格数据山体阴影特性渲染
        - 支持数据保存上一次右键属性渲染设置
    - 多点选择支持坐标定位
    - 航带拼接支持使用选择类别进行安置误差计算
    - 航带平差支持多航迹线导入平差
    - 控制点报告支持导入标签显示，支持导出报告格式设置
    - 点云分块与分幅功能支持预览
    - 边界提取支持提取到同一矢量文件
    - 分类编辑
        - 增加建筑物、噪声半自动分类
        - 支持三维编辑模式
        - 支持联合影像编辑
        - 支持按范围、按比例尺及外部导入范围分块编辑
        - 完善地面点补点功能
    - TLS种子点编辑
        - 支持剖面和主窗口位置定位
        - 主窗口高度过滤支持快捷键
        - 剖面窗口支持范围线显示
        - 优化DBH批量提取功能，提升树木识别准确率
    - 清除TreeID支持高度过滤
    - 优化地质统计玫瑰图显示 v5.3 - 20/3/2022

- 新增模块和功能：
    - 新增基于深度学习分建筑物、植被类别
    - 新增DEM接边
    - 新增DEM精度评估

    - 新增CSF滤波
- 已有功能完善：
    - 剖面查看与编辑
        - 增加垂直拉伸显示
    - 剖面分类编辑
        - 增加地面点模拟
        - 增加DEM预览
        - 支持框选多块构建编辑块数据
    - 颜色渲染
        - 增加实时等高线渲染
        - 提升点云属性渲染操作便捷性
    - 地面点分类支持地形场景选择
    - 点云数据导入过程中支持坐标与投影变换
    - 手动平移和旋转工具支持设置旋转中心
    - 提升生成等高线效率2-10倍
    - 优化去噪、平滑、地面点分类、噪声滤波等功能效率，选项中支持多线程与内存资源设置
    - 优化影像渲染操作体验，提升流畅度
    - 解决快捷键自定义冲突问题，支持统一控制

v5.2 - 19/11/2021

- 新增模块和功能：
    - 断裂线
        - 剖面点云编辑支持断裂线绘制
        - 完善LiTIN编辑断裂线绘制
        - 生成DEM支持添加断裂线
        - 生成等高线支持添加断裂线
    - 增加水域提取分类
    - 增加PCD点云格式
- 已有功能完善：
    - 断面
        - 增加模型数据生成断面
        - 增加任意位置添加断面
        - 优化点云生成断面，解决点云缺失导致的断面缺失
        - 优化导出断面，更符合生产应用
    - 优化投影与坐标转换，增加存储用户定义转换模型，统一从解算到转换应用
    - 量测工具支持单位设置
    - 优化控制点报告功能效率，平均提升40%
    - 生成CHM功能支持大数据处理
    - 航带平差支持SBET格式轨迹数据
    - 等高线功能支持类别选择
    - 漫游工具支持漫游过程中暂停
    - 开始页增加试用申请
    - 点云数据GPS时间转换支持选择日期进行转换
    - shp和kml互转支持地理坐标系
    - 分幅工具支持缓冲区设置
    - 生成的报告支持自定义设置
    - 优化录屏工具比特率根据系统分辨率提供默认值

v5.1 - 29/7/2021

- 新增模块和功能：
    - 增加矿山模块
        - 提取巷道点
        - 计算点云法向量
        - 三角网建模
        - 泊松建模
    - 矢量编辑
        - 支持三维矢量绘制
        - 增加整形要素工具
        - 增加切分多边形工具
        - 增加半自动提取建筑物轮廓
        - 增加半自动提取路肩
        - 增加交汇画线
        - 增加剖面辅助绘制
        - 增加关联窗口辅助绘制
        - 增加选择文件编辑
        - 增加临时草稿编辑
        - 支持三维捕捉
        - 支持三维选择
        - 支持快捷键设置
        - 支持回退重做
    - 增加hover模式，支持量测点选下使用hover模式
    - 增加按直线裁切
    - 增加按多边形分块
- 已有功能完善：
    - 剖面编辑分类
        - 选择工具支持类别设置改为单独设置和记录
    - 选择裁切支持对三角网模型进行裁剪
    - 林业单木点云编辑支持目录树控制显隐
    - 按多边形裁切支持内裁外裁选项
    - 手动平移旋转支持X\Y\Z分量进度控制
    - 目录树
        - 支持右键打开所在文件夹
        - 矢量数据支持dxf格式

v5.0 - 29/1/2021

- 新增模块和功能：
    - 增加地质模块
        - 增加流向
        - 增加流向累积量
        - 增加填洼分析
        - 增加查询倾角和走向
    - 增加支持数据IO开发接口
        - 支持创建LiData数据文件
        - 支持读取LiData文件数据
        - 支持修改LiData文件数据
    - 增加点云平滑功能
    - 增加树干提取功能
    - 增加基于等高线生成高程注记点功能

        - 格式转换
            - 增加shp转换为kml
            - 增加kml转换为shp
    - 窗口支持背景网格显示
    - 增加按TreeID文件提取单木点云
    - 支持按TreeID文件清除单木ID
    - 增加按林分计算森林参数
- 已有功能完善：
    - 界面
        - 全新的Ribbon界面风格
        - 支持窗口拖出
        - 支持用户自定义page页
        - 停靠窗口支持自动隐藏
        - 支持一键式行业应用处理
    - 航带拼接
        - 增加航带平差
        - 航迹线裁切支持按质量和画刷选择裁切
    - 目录树
        - 点云信息显示更全面
        - 点云右键导出las支持版本选择
        - 点云右键支持添加附加属性
        - 数据支持右键重命名
        - 表格支持点大小设置
    - 扩展投影库，支持更多投影及大地水准面
    - 优化PCV效率，支持更多点云数量计算PCV
    - 优化机载自动单木分割
    - 完善单木点云属性扩展，支持坡度、海拔等信息
    - 优化单木种子点编辑
        - 改进绘制剖面方式
        - 改进添加、删除种子点方式
        - 添加视点位置与方向，便于定位树木
        - 种子点修改对应属性表实时更新
        - 支持撤销与重做
        - 支持剖面视点距离设置
    - 优化单木点云编辑
        - 改进绘制剖面方式
        - 创建单木支持选择使用的指定树木
        - 支持剖面视点距离设置
        - 自动保存设置
    - 优化剖面点云编辑
        - 提升分块编辑效率50%以上
        - 支持剖面窗口鼠标轨迹位置跟踪
        - 支持数据导出
    - 断面分析增加断面对比分析
    - 升级LiModel格式，解决坐标精度损失问题
    - 降低点云显示占用GPU使用比率20%
    - 批处理支持多次调用同一功能
    - 解决交叉选择和选择工具组合裁切数据问题
    - 提升点云转换DXF格式效率

v4.1 - 8/6/2020

- 新增功能：
    - 增加三点角度量测
    - 增加无人机与背包林业数据配准
    - 增加单木属性信息扩展
    - 增加森林结构变化检测
    - 增加DBH量测
    - 帮助菜单
        - 增加软件使用问题和需求反馈
        - 增加FAQ、快速入门、官网链接等
- 已有功能完善：
    - 优化加载多文件效率
    - 完善点云属性颜色渲染
    - 附加属性管理
        - 支持删除
        - 支持分量组合渲染
    - 完善剖面编辑分类
        - 剖面窗口支持格网比例尺
        - 支持目录树管理内存点云块
    - 体积量测支持导入多边形范围
    - 改进滤波功能效率，提升地面点密度
    - 单木点云编辑支持目录树管理内存点云块
    - 森林参数支持组合计算
    - 按树ID提取点云支持导出LAS和LiData格式
    - ALS种子点编辑支持属性过滤
    - 完善LiTIN编辑，支持三维视图编辑，支持断裂线起始高程设置
    - 断面分析增加隧道断面
    - 窗口布局支持多种布局模式
    - 全新设计UI图标

v4.0 - 30/12/2019

- 新增功能：
    - 增加反归一化工具
    - 增加邻近点分类
    - 增加手动平移旋转工具
    - 增加ASCII转换经纬度格式
    - 增加林业单木点云数据编辑，支持创建、合并和删除单木ID
    - 增加单木属性重新统计工具
    - 增加地基林业数据LAI统计
    - 增加机载林业区域群体参数计算
    - 增加两期数据偏差分析功能
    - 增加数据变化分析功能
    - 增加转换GPS时间工具，支持GPS时间周秒与协调时互转
- 已有功能完善：
    - 支持在线版本更新检测与安装
    - LiData版本升级到V2.0，支持las1.4全属性信息（除全波形信息），支持扩展附加属性
    - 支持点云全属性颜色渲染
    - 支持2D窗口旋转
    - 体积量测支持快速量测和精确量测模式，提供量测面积信息

- 目录树图层支持双击数据进行缩放图层
- 工程文件路径支持相同路径数据关联修复
- 数据录屏和截图渲染功能支持EDL状态保存
- 航带拼接支持生成拼接报告、清除航带拼接信息
- 优化剖面编辑，增加快捷键配置信息等，解决剖面缓冲区设置问题
- 改进EDL在正交投影下显示效果
- 优化交叉选择工具，可配合选择工具进行数据裁剪，或配合矢量编辑工具进行二维绘图
- 提升数据交互体验：
  - 提升浏览流畅性
  - 支持自动旋转中心
  - 提升点选体验
  - 量测工具支持分量信息
  - 密度量测支持点数显示
- 归一化支持保留原始Z值
- 完善数据格式支持：
  - 增加E57格式支持
  - 增加LAS、PLY、ASCII对附加属性的支持
  - 支持导出las版本选择（las1.2、las1.3、las1.4）
  - 支持LiData格式互转（V1.9）
  - 支持经纬度点云转换LiData
- 优化单木冠层体积计算方法
- 提升林业群体参数计算效率

v3.2 - 6/6/2019

- 新增功能：
  - 新增亮度设置
  - 新增ICP配准
  - 新增TIN导出DXF
  - 新增栅格统计
- 已有功能完善:
  - 优化EDL在剖面编辑下的显示效果
  - 提升地面点滤波效果
  - 提升建筑物分类效率与效果
  - 按圆和矩形裁切工具支持交互选择区域
  - 波段运算改进为栅格计算器，支持自定义公式
  - ALS单木分割编辑支持右键菜单与快捷键
  - 回归分析支持位置不确定性优化模式
  - 按航迹线裁切点云支持一条航迹线对应多个点云数据
  - 剖面编辑分类：
    - 新增套索选择工具
    - 新增平面探测工具
    - 支持清除构建的三角网
    - 支持设置画刷选择工具大小
    - 支持剖面平移步长设置
    - 优化三角网构网效率
  - TLS单木分割编辑：
    - 支持导入种子点忽略Z值
    - 支持右键菜单与快捷键
    - 单木属性量测支持自定义属性字段

        - 支持LiBackpack轨迹线显示
    - 手动配准：
        - 支持导入\导出坐标变换矩阵
        - 支持转换预览
    - 矢量和表格数据：
        - 颜色显示设置
        - 属性列表选中高亮
        - 双击属性字段跳转
- **Bug**修复:
    - 修复矢量和表格数据属性表排序错误
    - 修复TLS编辑批量提取DBH只使用显示数据问题
    - 修复剖面编辑绘制剖面停留问题

v3.1 - 31/12/2018

- 新增功能：
    - 剖面编辑分类：
        - 支持内存模式编辑分类
        - 支持多窗口选择数据分类
        - 新增画刷选择工具
        - 内存模式支持重做/撤销
        - 新增定时/自动保存设置
        - 新增多种选择区域滤波分类/分类设置工具
        - 支持快捷键功能切换
        - 内存模式支持内存使用预警
    - 新增凸包和凹包边界提取
    - 新增新版本检测工具
- 已有功能完善:
    - 优化LiData文件构建效率
    - 点云数据高度和强度直方图支持重新统计
    - 将校正工具移植到坐标转换模块
    - 多点选择功能支持扩展属性字段
    - 投影系支持JGD2011坐标系
    - 扩展pos格式，支持导入投影坐标pos
    - las与LiData转换支持单位转换

v3.0.1 - 10/12/2018

- 新增功能：
    - TLS单木分割编辑：
        - 新增圆形选择工具
        - 新增剖面平移工具
        - 新增DBH检查工具
- 已有功能完善:
    - 单木分割增加优化单木分割结果的显示配色选项
    - 优化CHM单木分割冠幅矢量边界结果
    - 断面分析功能增加对shp格式的支持

- **Bug**修复:
  - 修复已知BUG

v3.0 - 16/10/2018

- 新增功能：
  - 新增功能默认保存用户参数设置，新增功能界面参数提示信息
  - 新增无凹坑TIN构网算法
  - 新增随机森林回归
  - 新增回归预测分析
  - 新增投影与坐标转换模块：
    - 新增七参数解算
    - 新增四参数解算
    - 新增高程基准转换
  - 新增噪声分类功能
  - 新增栅格数据转为LiData 文件
- 已有功能完善：
  - 改进地面点滤波效果
  - 改进TLS单木分割效果与效率
  - 升级LiTIN格式，支持类别保存和显示
  - 改进LiTIN编辑置平操作，支持坡度置平
  - 按范围分块支持缓冲区设置和矢量输出
  - 分幅功能支持经纬度模式
  - 多边形裁切支持生成多文件
  - 转为las功能支持rgb范围选择

v2.2 - 20/06/2018

- 新增功能：
  - 支持多线程批处理模式；
  - 支持命令行功能调用；
  - TLS林业编辑支持单木属性量测（树高、枝下高、直度等）。
- 已有功能完善:
  - 改进回归分析，支持外部导入自变量；
  - 高度变量、强度变量支持输出tif格式；
  - 支持选择类别进行单木分割；
  - 改进TLS编辑：（1）默认使用全部数据批量提取DBH；（2）支持在剖面窗口选择点云拟合DBH；
  - 地基单木分割结果增加树冠直径、面积和体积；
  - 改进地形模块断面分析功能：（1）支持dxf格式；（2）支持多文件导入、多断面线绘制；（3）支持关键点步长设置和断面简化；（4）支持断面多文件导出；
  - 生成等高线支持输出2D polyline；
  - 支持矢量数据属性字段编辑；
  - 改进剖面功能用户体验。
- **Bug**修复:
  - 修复了单木分割后单木筛选没有更新树高的BUG;
  - 修复了读取las数据投影信息的BUG。

v2.1.2 - 25/04/2018

- 已有功能完善:
  - 更新地基林业模块批量拟合胸径的功能；
  - LiData 升级。

v2.1.1 - 08/04/2018

- 已有功能完善:
  - 支持 las 1.4, laz 1.4 格式的点云数据；
  - 可读取 ply 格式点云的强度信息。

v2.1 - 05/02/2018

- 新增功能：
  - 自动计算航带匹配参数；
  - 中位数分地面点；
  - 基于机器学习的通用监督分类；
  - 选择区域分离地面点；
  - 断面分析；
  - 矢量编辑；
  - 剖面窗口增加剖面两端延伸功能；
  - 按点数分块；
  - 生成带投影信息的TIF影像。
- 已有功能完善:
  - DEM、DSM插值算法改进；
  - 点云生成等高线、TIN生成等高线效率提升；
  - PCS分割、基于种子点的PCS单木分割算法效率提升；
  - 更丰富的地形产品格式，栅格数据新增ASC格式，等高线新增DXF格式。
- **Bug**修复:
  - 修复了去冗余的BUG;
  - 修复了多点选择的BUG；
  - 修复了按属性分类的BUG。

v2.0 - 30/10/2017

- 新增功能：
  - 新的License Key，可按月或者按模块激活；
  - 林业模块（拆分为机载林业模块和地基林业模块）；
    - 机载林业模块：
      - 新增种子点生成算法：基于CHM生成种子点、基于层堆叠算法生成种子点、基于点云分割生成种子点；
      - 新增种子点编辑工具，包括增加/删除种子点、筛选种子点、基于种子点单木分割等；
      - 新增基于种子点的单木分割批处理功能；
    - 地基林业模块：
      - 新增地基点云数据滤波功能；

        - 新增基于种子点的地基点云单木分割批处理功能；
        - 新增胸径提取功能；
        - 新增种子点编辑工具，包括增加/删除种子点、筛选种子点、基于种子点单木分割等；
    - 分类模块：
        - 已有滤波算法效果改进；
        - 新增模型关键点分类功能，此功能旨在保留地形上的关键点，而相对抽稀平缓地区的点，从而保证在建立DEM模型时既不损失地形精度，又能提高效率；
        - 地面点滤波功能界面上增加复选框，可以在分离地面点之后提取模型关键点；
    - 新增对于单个点云文件进行点大小设置的功能；
    - 新增自动计算中心，并作为旋转中心的功能；
    - 三角网显示效果改善；
    - 可以显示Shape数据的属性表；
    - 单木分割的属性表按表格打开时，可以从属性表中双击跳转到每棵树的位置。
    - 交叉选择工具可以更精准的调整包围盒范围；
    - 新增在LOG日志窗口显示运行时的参数设置，LOG日志的存放目录仍然为系统的TEMP临时文件夹；
    - 新增崩溃信息收集机制，软件崩溃时会弹出一个界面，可发送崩溃信息至指定邮箱中，方便定位导致程序崩溃的位置；
    - 多个数据裁剪，保存的时候可以保存为一个文件，也可以分别存成不同的文件。

v1.5 - 14/07/2017

- 新增功能：
    - 新增选择工具条，包括多边形选择、矩形选择、球形选择、从选区中减去、内裁切、外裁切、保存和取消；
    - 新增实时TIN辅助编辑点云类别功能；
    - 新增加载多个文件并合并为一个文件的功能；
    - 选择和剖面编辑支持Ctrl+Z回退。
- 已有功能完善:
    - CHM分割算法改进，有更多可调参数，可生成点云边界shp文件；
    - 几何配准功能增加残差报告，可勾选参与坐标转换的点；
    - 交叉选择功能支持导出；
    - 多文件多功能批处理支持保存和导入；
    - 剖面编辑效率提升；
    - 点云生成等高线和TIN生成等高线时，用户可勾选是否生成间曲线、首曲线和计曲线；
    - 重投影中增加七参数变换；
    - 按圆裁切和按矩形裁切功能，可保存为一个文件，也可按照圆心和半径或者矩形范围保存为单独的文件；
    - 状态栏实时坐标更加准确；
    - 改进了用户的场景导航体验。

v1.4 - 31/05/2017

- 新增功能：
    - 新增生成TIN、TIN编辑、TIN生成等高线和TIN生成DEM的功能；
    - 新增格网体积统计功能，可用于填挖方计算；
    - 新增相机漫游和录屏功能，可根据视点或者POS文件漫游；
    - 修复了打开PLY数据的内存泄漏问题。

v1.3 - 17/04/2017

- 新增功能：
    - I/O模块，新增PLY文件的读入和导出功能；
    - 航带拼接模块，新增高差质量检查、重叠率质量检查和密度质量检查功能；
    - 数据管理模块，新增基于八叉树重采样和点云转换为DXF（可分幅输出）功能；
    - 点云显示新增组合显示模式和玻璃效果；
    - 多文件、多功能批处理；
    - 几何配准（支持基于点或标靶球的数据配准）。
- 已有功能完善:
    - 点云生成等高线功能加速；
    - 点云生成等高线，可设置首曲线、间曲线和计曲线的属性功能，生成的等高线文件可查看高程信息；
    - 面积量测可显示凹多边形边界；
    - 数字模型分辨率不限制最小值0.5m。
- **Bug**修复:
    - 修复了多个CSV文件读取，遇到有问题的数据其它数据无法打开的BUG；
    - 修复了Win10系统的电脑，EDL效果导致窗口闪动的BUG；
    - 修复了逐步回归分析的BUG；
    - 修复了新版本软件打开旧版本生成的LiData数据导致软件崩溃的BUG；
    - 修复了投影信息非标准设置LiDAR360打不开的BUG。

Lite - 04/02/2017

免费版本，主要包括数据可视化和格网统计功能。

v1.1 - 22/12/2016

- 新增功能：
    - 平台升级，实现了二三维一体化显示，支持多窗口联动、卷帘显示、图层拖拽显示、交叉选择等；
    - 新增航线质量检查功能；
    - 新增基于点云生成等高线的功能；
    - 新增中文版本；
    - 修复了栅格影像分幅、生成带纹理的LiModel的BUG。

v1.0 - 11/10/2016

LiDAR360第一版发布。