



中国科学院空天信息创新研究院

Aerospace Information Research Institute (AIR)  
Chinese Academy of Sciences (CAS)

# 无人机点云数据处理与“点云魔方”软件



王成



中国科学院空天信息创新研究院

[wangcheng@aircas.ac.cn](mailto:wangcheng@aircas.ac.cn)

2020/12/4





# 报告内容



**01 /点云处理软件研制进展**

**02 /点云魔方软件介绍**

**03 /点云数据处理关键技术**

**04 /总结与展望**



# 报告内容



**01 / 点云处理软件研制进展**

**02 / 点云魔方软件介绍**

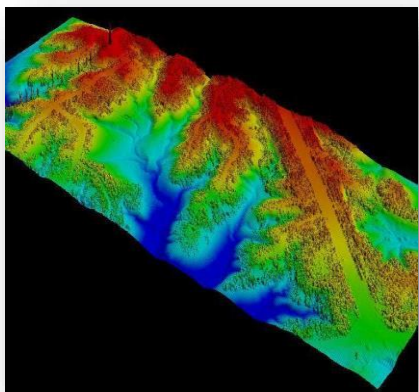
**03 / 点云数据处理关键技术**

**04 / 总结与展望**

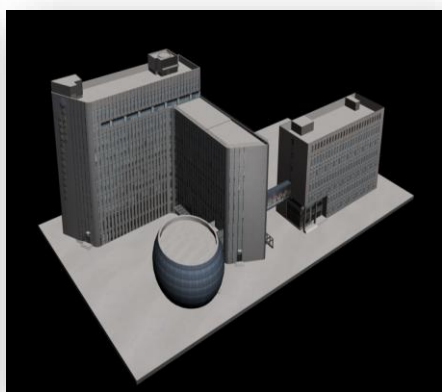


# 1. 点云处理软件研制进展

**激光雷达**作为**三维空间信息获取**重要手段，与成像光谱和成像雷达并列为对地观测领域的三大前沿技术，已广泛应用于基础测绘、林业调查、数字城市、高精度地图、电网运行等行业，为国民经济和社会发展提供了极为重要的信息支撑。



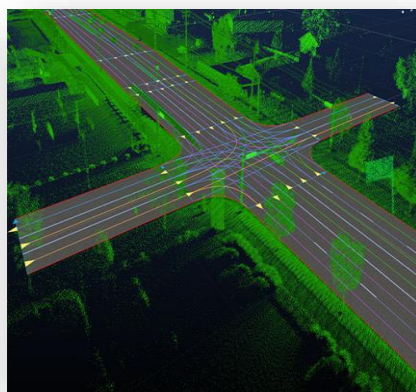
基础测绘



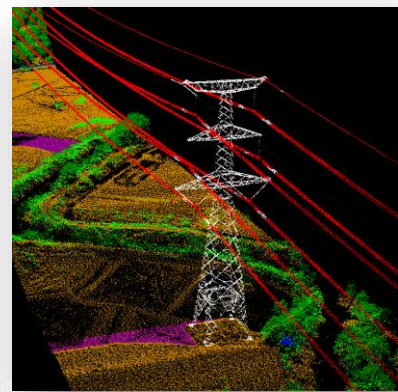
数字城市



森林调查



高精度地图

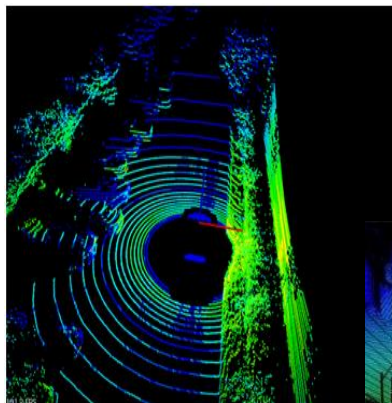


电力巡线

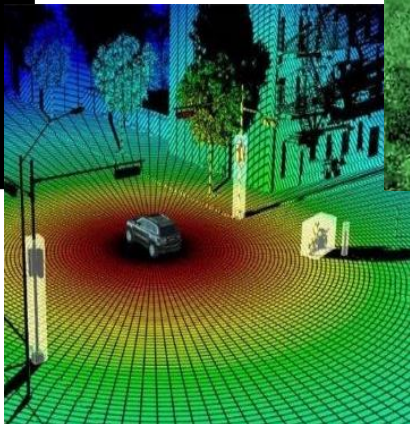


# 1. 点云处理软件研制进展

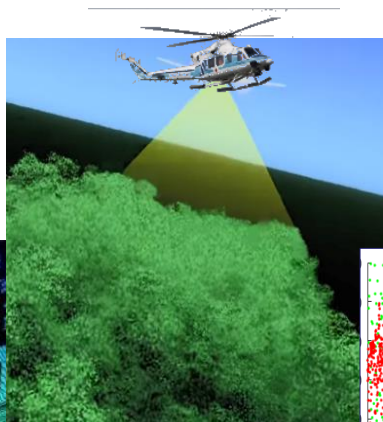
激光雷达**硬件技术**的迅速提升使得点云数据获取更加便捷。随之而来**爆炸式**增长的海量点云数据对数据处理和应用提出了新的挑战，亟待研发满足用户需求的**点云数据处理与应用软件**。



地基

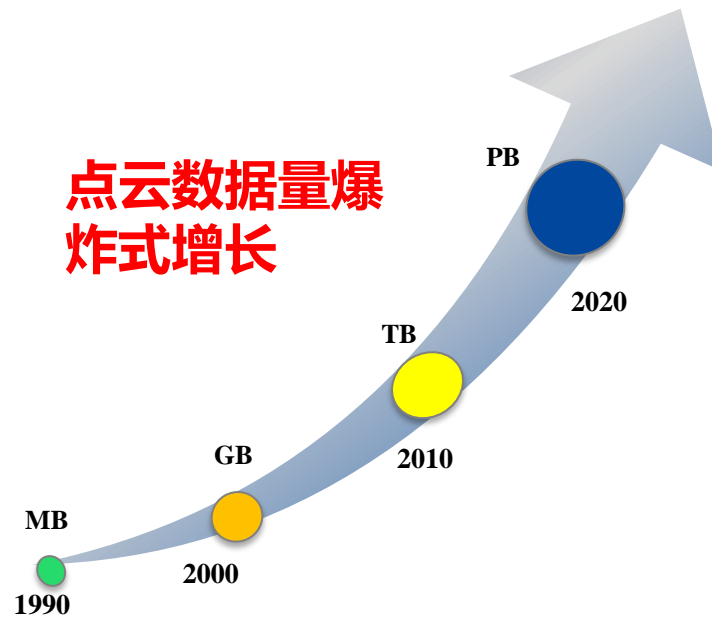
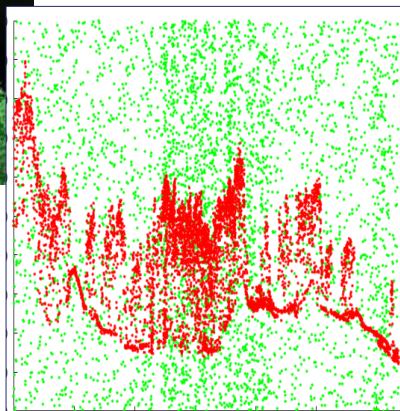


车载



机载

星载

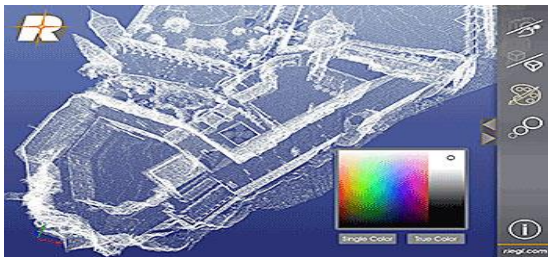




# 1. 点云处理软件研制进展

## □ 国外LiDAR处理软件

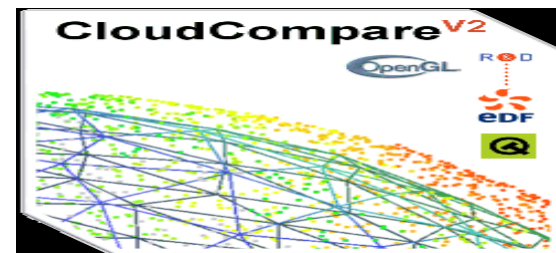
2020



RiALITY

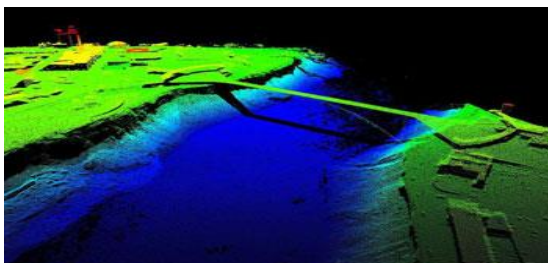


FME

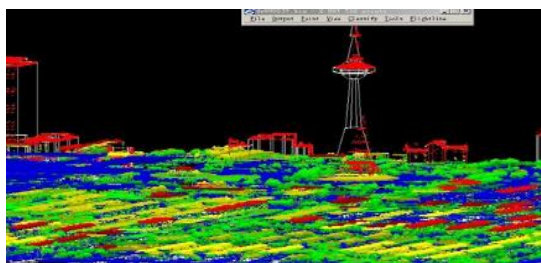


Cloudcompare

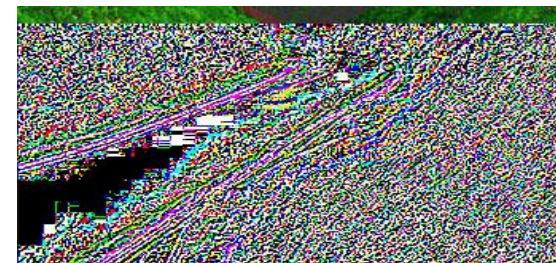
2010



LP360

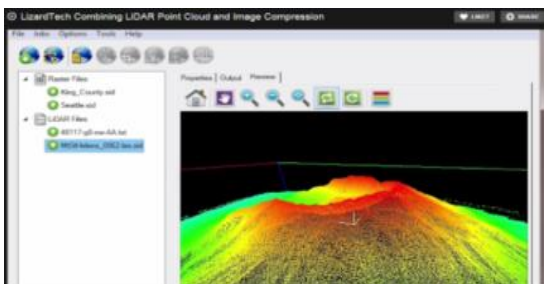


FUSION

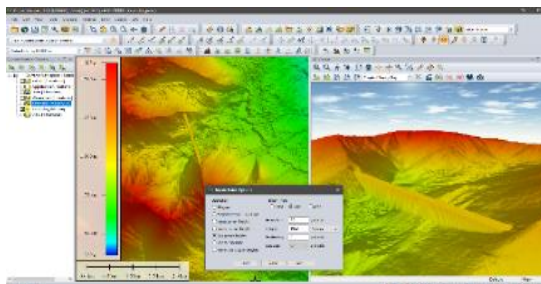


LiDAR in ArcGIS

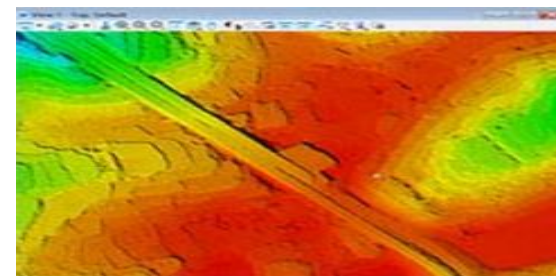
2000



LizarTech



Global Mapper LiDAR Module



Terrasolid

1990



# 1. 点云处理软件研制进展

↓ 2020年1月美国将点云处理软件列入**限制出口**清单

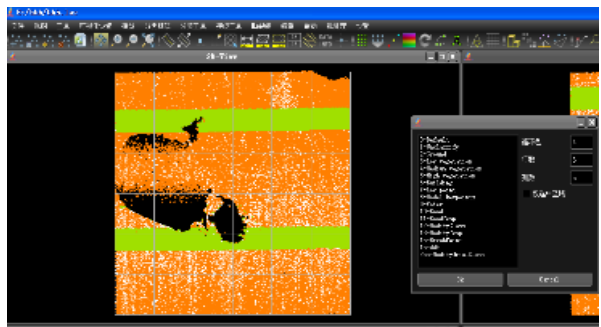
↓ **标准规范不统一**，国外软件无法服务于我国行业应用  
**急需加快我国自主知识产权软件研发进程**  
↓ 国外软件售后服务进度慢，很难满足**定制化需求**

↓ 我国软件研发**起步晚**，部分依托国外部件或技术



# 1. 点云处理软件研制进展

## 国内LiDAR处理软件



LiDAR-DP



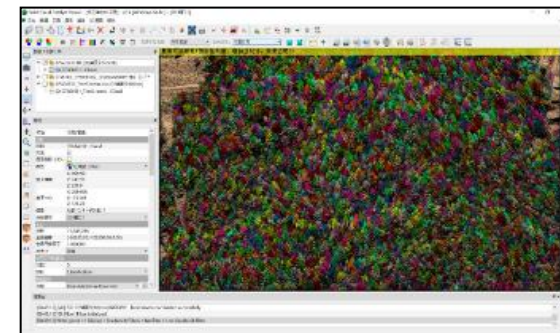
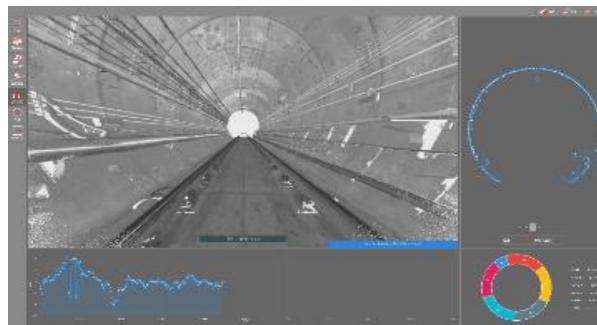
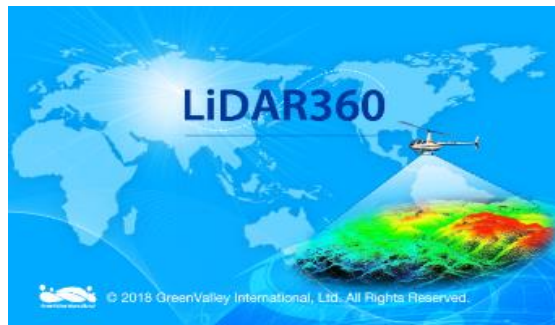
点云魔方



移动隧道激光检测系统

优立海量三维数据平台

点云催化剂



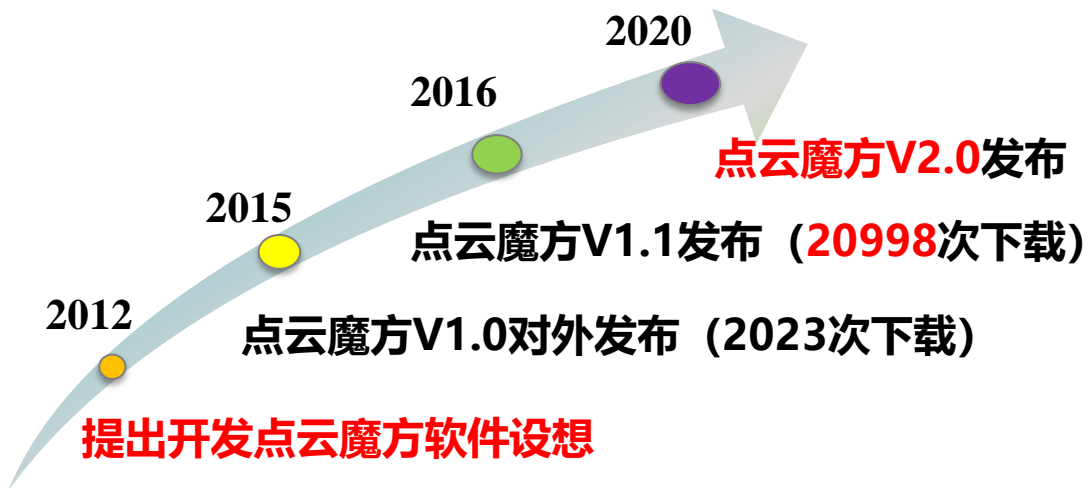




# 1. 点云处理软件研制进展

## □ 点云魔方软件发展——PCM V1.0

2015年发布**第一款国产免费激光雷达数据处理与应用软件**点云魔方PCM V1.0 (Point Cloud Magic) , 截至目前下载超**2万次**且被多所高校作为教学软件。





# 1. 点云处理软件研制进展

## □ 点云魔方软件发展——PCM V2.0

结合当前激光雷达海量数据处理难、定量化应用精度差以及行业应用不深入等现状，凝练团队最新成果，设计开发了**点云魔方V2.0**，功能性能再升级。

第六届全国激光雷达大会 **PCM V2.0 发布**



被测绘科学与技术、数字地形周刊等重点介绍





# 报告内容



**01 /点云处理软件研制进展**

**02 /点云魔方软件介绍**

**03 /点云数据处理关键技术**

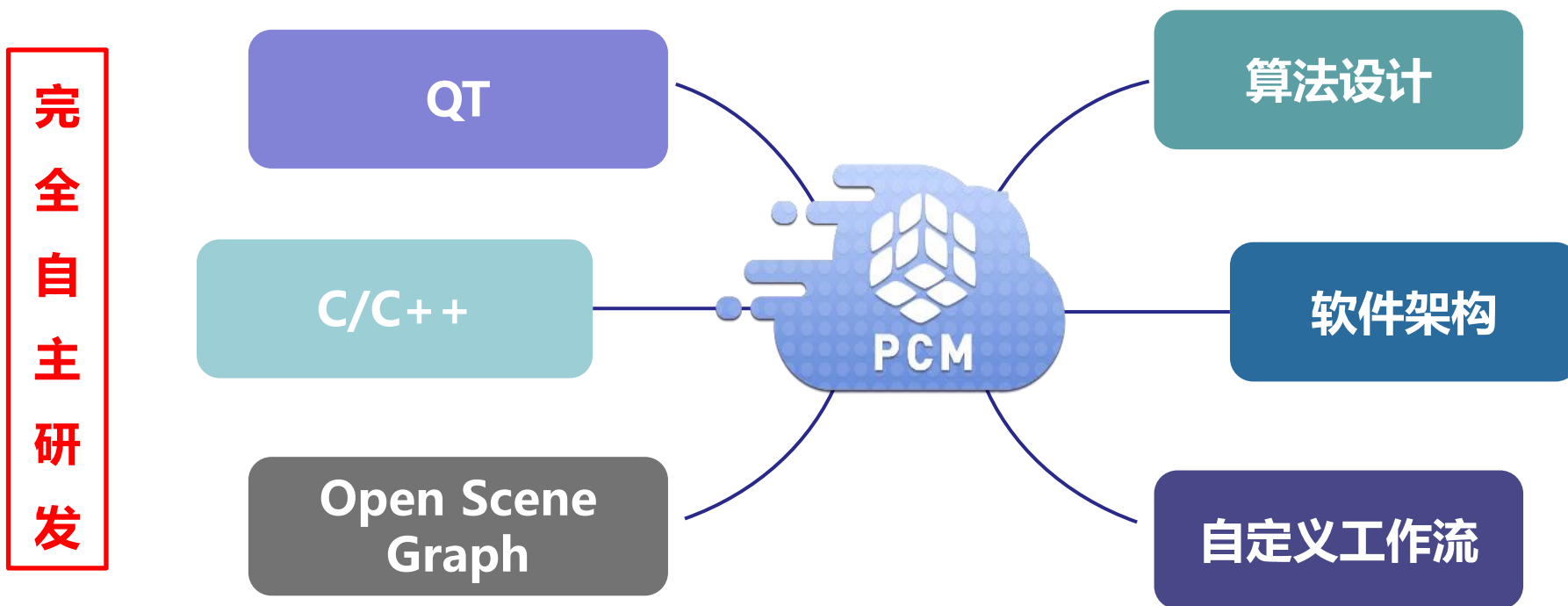
**04 /总结与展望**



## 2.点云魔方软件介绍

### □ 点云魔方Point Cloud Magic V2.0

**PCM2.0**采用扁平化主题风格、全新的架构与数据管理平台，功能多样化，并可自定义 workflow，进一步提升用户体验。





## 2.点云魔方软件介绍

### □ 软件主界面

The screenshot shows the PCM 2.0 Beta software interface. The main window displays a 3D point cloud visualization of a forest area, rendered with a color gradient from blue to red. The interface includes a menu bar at the top, a toolbar, a layer management panel on the left, a central view window, a property management panel on the right, and a log output window at the bottom.

**菜单栏** (Menu Bar)

**工具栏** (Toolbar)

**属性管理与功能列表窗口** (Property Management and Function List Window)

**视图窗口** (View Window)

**日志输出窗口** (Log Output Window)

**图层管理与项目管理窗口** (Layer Management and Project Management Window)

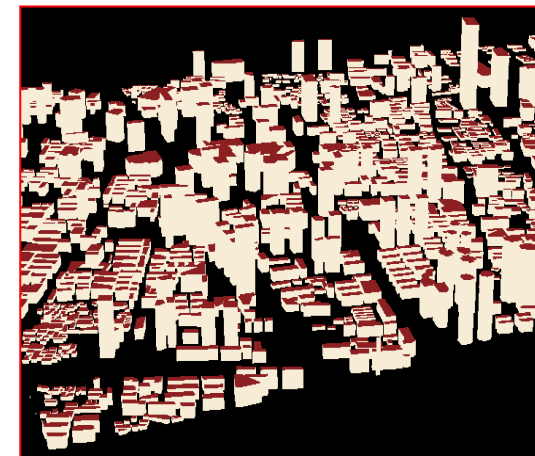
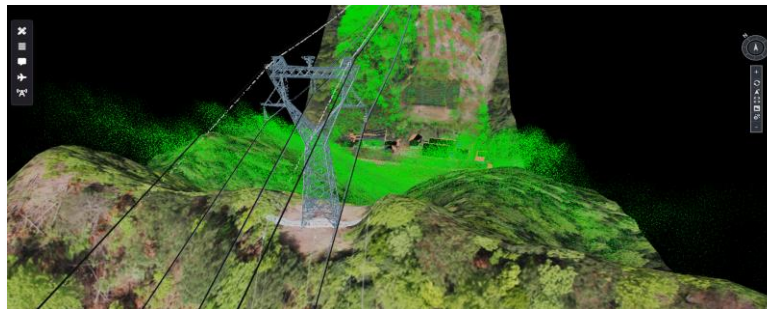
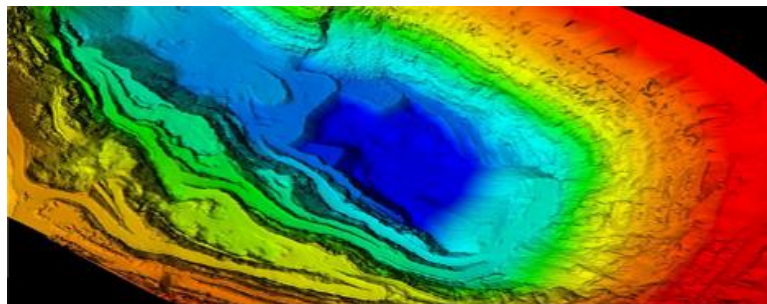
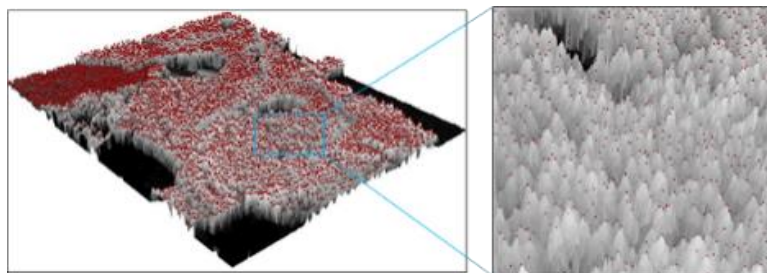
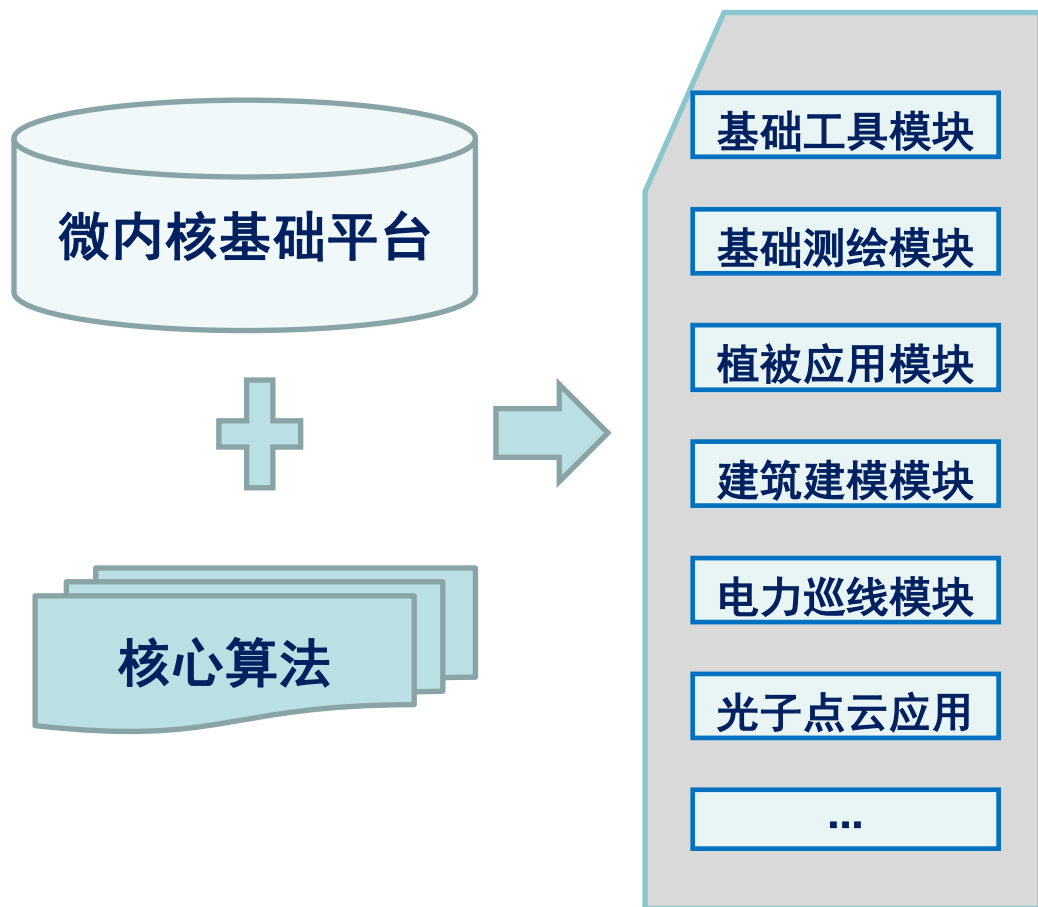
属性管理	
id	1
名称	Forest test
类型	点云数据
文件	D:/study/软件测试/测试...
点数量	3,123,944
包围盒大小	
最小值-x	187337.999
最小值-y	4989120.999
包围盒大小	
Green	255
Blue	255
Alpha	255
几何中心	
中心点-x	187733.000
中心点-y	4989579.500
中心点-z	349.500
点大小	3
渲染方式	按高程显示
渲染颜色	
显示图例	<input type="checkbox"/> 否

日志输出	
时间	说明
31	20:40:32 正在进行点云数据分析...
32	20:40:32 点云数据分析已完成。



## 2.点云魔方软件介绍

### □ 软件功能



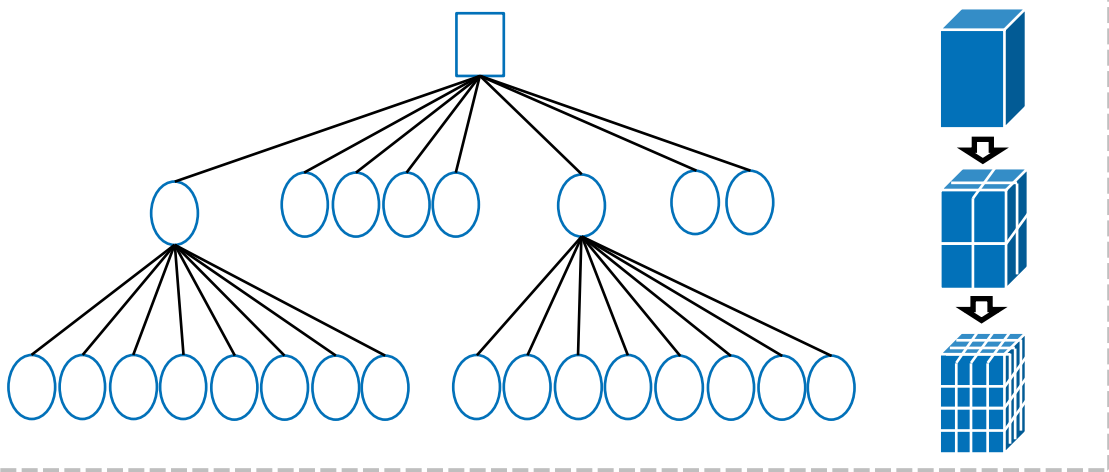


## 2.点云魔方软件介绍

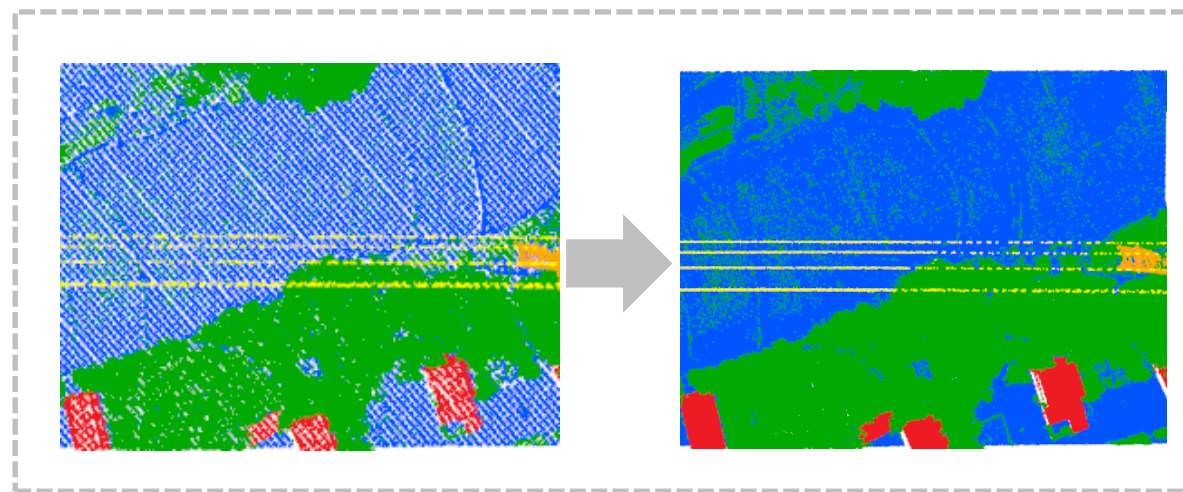
### □ 数据管理

基于八叉树和文件映射实现海量点云数据**高效组织管理**，基于OSG的LOD技术实现点云数据**快速渲染**，数据承载量可达**50GB**。

八叉树



LOD技术

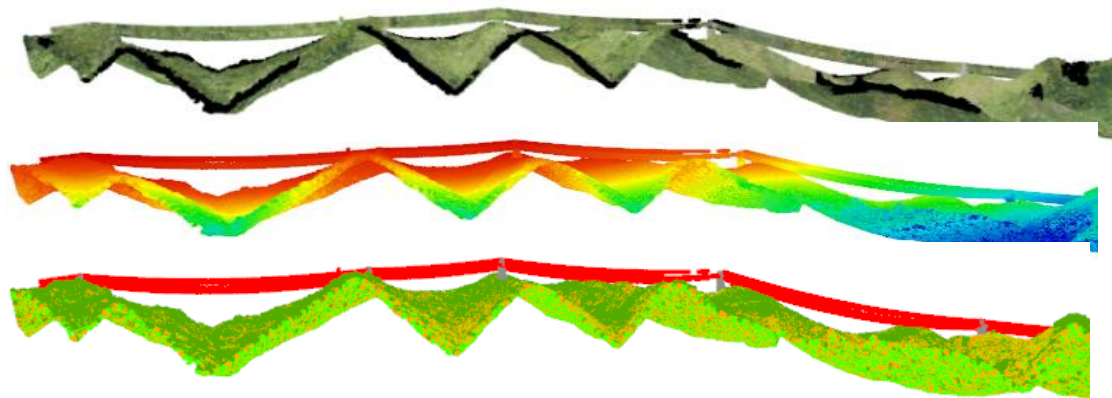




## 2.点云魔方软件介绍

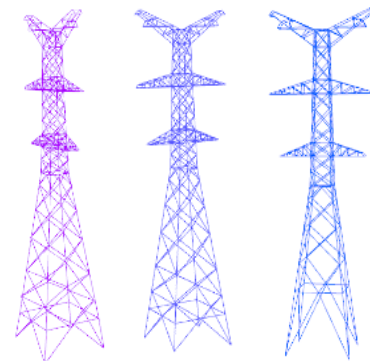
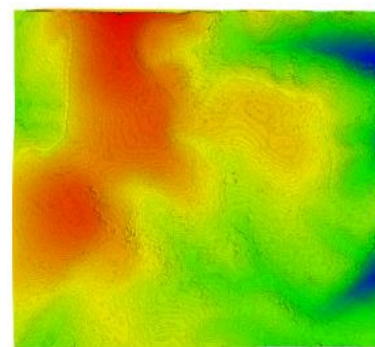
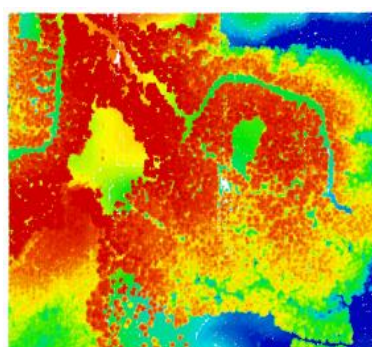
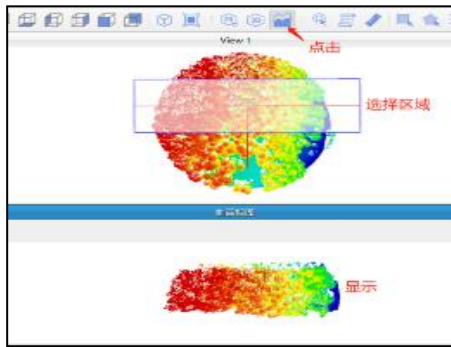
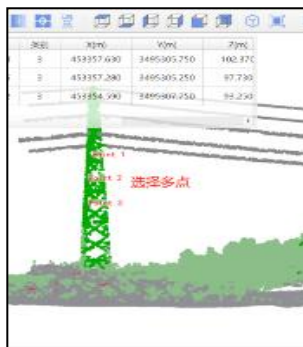
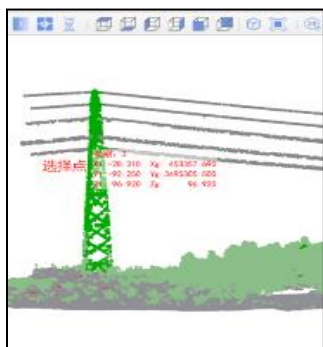
### □ 数据显示

基础功能丰富



支持多类型数据加载

- 点云: \*.PCMDData、\*.las、\*.laz、\*.txt、\*.pcd
- 影像: \*.tif、\*.png、\*.jpg、\*.jpeg
- 矢量: \*.shp
- 模型: \*.ive、\*.osg、\*.osga、\*.3ds、\*.obj、\*.flt、\*.osgb





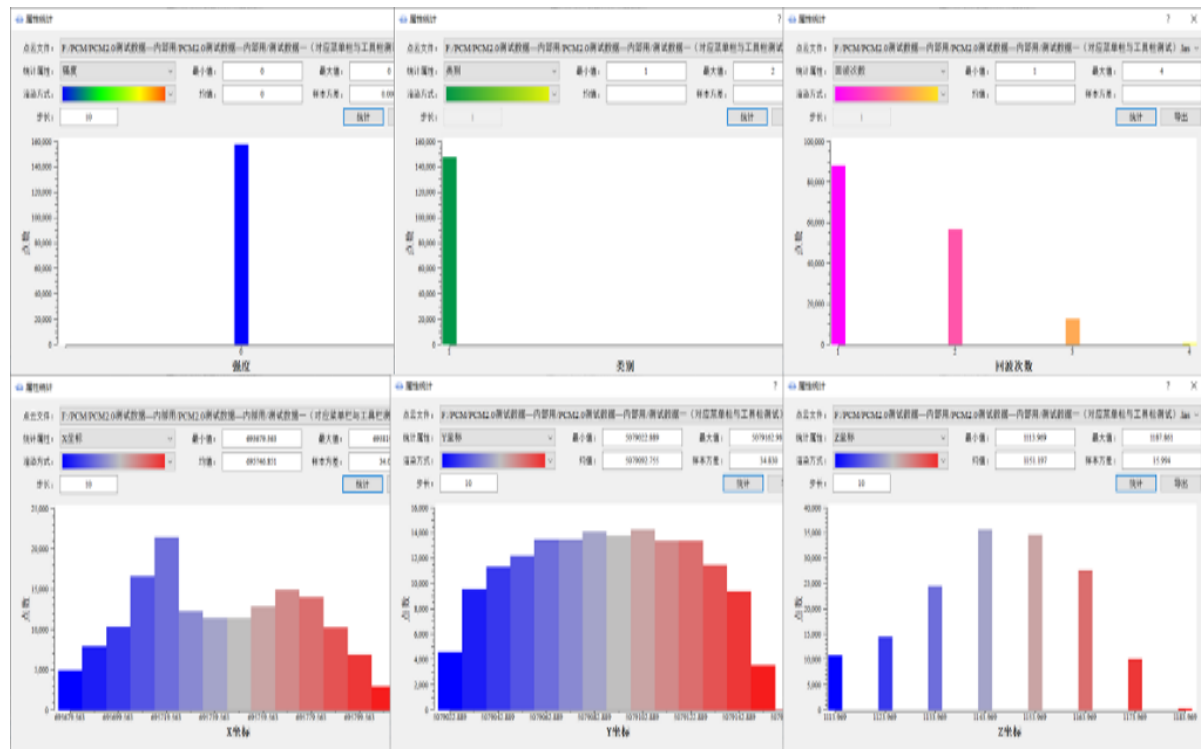


# 2.点云魔方软件介绍

## 数据统

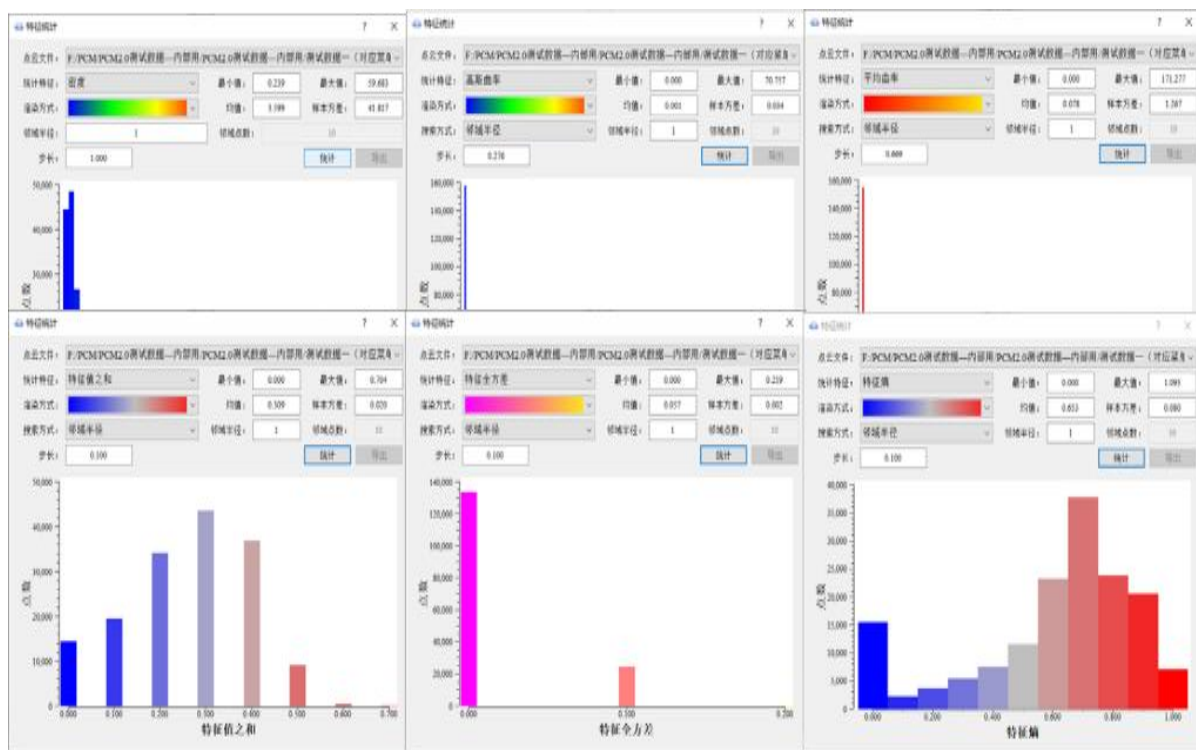
支持点云属性统计信息可视化

### 属性统计



支持点云特征提取和可视化

### 特征统计





## 2.点云魔方软件介绍

### □ 常用工具

#### ✓ 裁剪工具:

- 按圆裁剪
- 矩形裁剪
- 多边形裁剪

#### ✓ 点云滤波:

- CSF滤波
- 移动曲面滤波
- 坡度滤波
- 形态学滤波
- 三角网滤波

#### ✓ 数字模型:

- DEM
- DSM
- CHM

#### ✓ 筛选工具:

- 按类别筛选
- 按强度筛选
- 按回波筛选

#### ✓ 点云分类:

- 机器学习分类
- 按模型分类
- 按高程分类
- 按强度分类
- 按回波分类
- 离地高差分类

#### ✓ 统计工具:

- 特征统计
- 属性统计

数据处理  
及基本产  
品生成

#### 林业应用

- 参数统计
- 单木分割
- 参数反演
- 树种分类
- 森林制图

#### 建筑建模

- 建筑点云提取
- 建筑物精细化模型
- 建筑简易模型

#### 电力巡检

- 杆塔定位
- 数据分段
- 电力要素分类
- 导线矢量化
- 杆塔矢量化
- 点云质量检查
- 危险点分析
- 杆塔倾斜检测

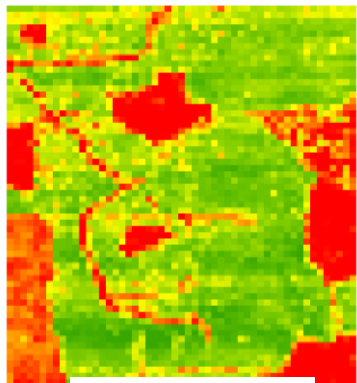
#### 光子应用

- 光子点云去噪
- 光子点云分类
- 植被高度提取

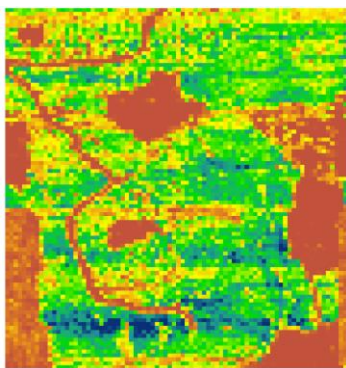


# 2.点云魔方软件介绍

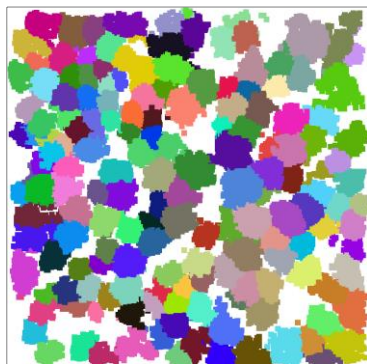
## □ 林业应用



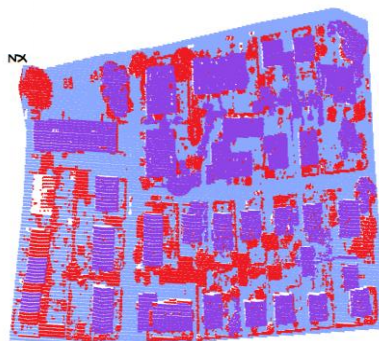
图例  
冠层间隙率  
高: 1  
低: 0.14



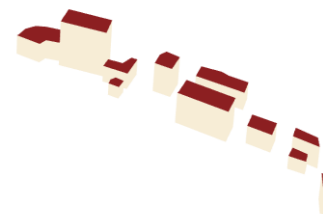
图例  
叶面积指数  
高: 4.05  
低: 0



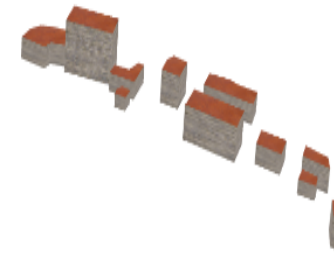
单木分割



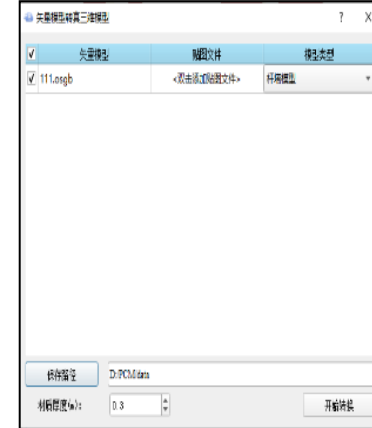
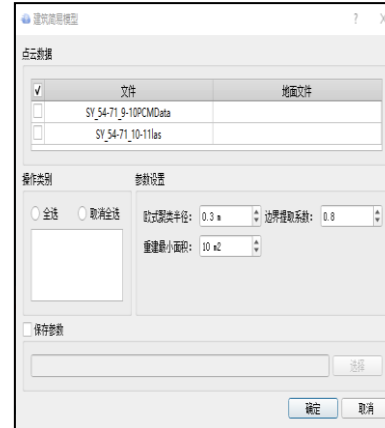
建筑点云提取



矢量模型构建



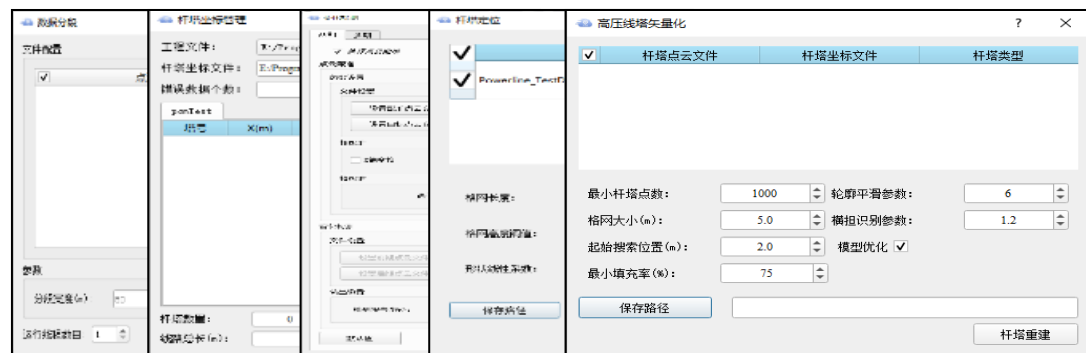
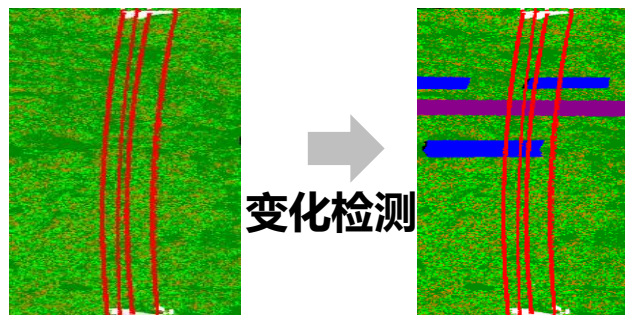
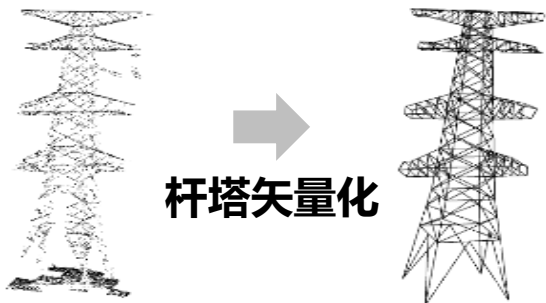
纹理贴图





# 2.点云魔方软件介绍

## □ 电力巡检



### 点云质量检查报告

**带状检查**

说明：严重缺失表示大面积缺失；一般缺失表示低于密度标准值且区域较小。

序号	缺失位置	缺失范围	平均点密度	标准值	备注
1.	X: 234.45 Y: -15.65	20.	12.	30.	严重缺失
2.	X: 245.00 Y: 3.75	7.	16.	30.	一般缺失
3.	X: 281.19 Y: 15.52	31.	7.	30.	严重缺失

### 导线缺失检查

序号	位置 (m)	缺失长度 (m)	备注
1.	X: 271.55 Y: -7.65	0.75	
2.	X: 247.07 Y: -6.19	0.88	
3.	X: 245.16 Y: 7.20	0.10	
4.	X: 267.90 Y: 9.40	6.78	

### 杆塔剖面图

塔号	坐标 (m)	高程 (m)	备注
4.	X: 393179.78 Y: 3478838.25	zMin: 2582.30 zMax: 209.75 塔高: 41.25	

### 交叉跨越报告

#### 4.1 分析结果统计

序号	杆塔区间	距小号塔距离 (m)	坐标点	跨越类型	实测距离 (m)	水平	垂直	净空	备注
1	17-18	300.93		公路	0.56	94.38	94.38	无	
2	17-18	486.70		公路	1.03	67.86	67.87	无	
3	17-18	525.59		公路	0.52	50.30	50.30	无	
4	18-19	566.48		公路	0.29	44.34	44.34	无	
5	18-19	572.95		公路	0.66	35.07	35.08	无	

#### 4.2 分析结果详细信息

4.2.1 图例

- 地面 (棕色)
- 建筑 (蓝色)
- 道路 (紫色)
- 交叉线 (红色)
- 低植被 (浅绿色)
- 输电线 (红色)
- 河流 (浅蓝色)
- 危险点 (黄色)
- 高植被 (深绿色)
- 电力塔 (灰色)
- 铁路 (灰色)
- 交跨点 (黄色)

### 交叉跨越报告

#### 4.2 详细信息

Δ 17

序号	杆塔区间	距小号塔距离 (m)	型	水平	垂直	净空	备注
1	17-18	300.93	公路	0.56	94.38	94.38	无
2	17-18	486.70	公路	1.03	67.86	67.87	无
3	17-18	525.59	公路	0.52	50.30	50.30	无



## 2.点云魔方软件介绍

### □ 软件特色



- 1) **具有完全自主产权**的激光雷达点云数据处理与应用软件，从算法设计、软件构架、代码实现均由**激光雷达团队**独立完成；
- 2) 基于八叉树和文件映射的点云高效组织管理、基于OSG高效LOD渲染等技术，实现海量激光雷达点云的**高效数据组织**和快速显示；
- 3) 实用的**数据处理算法**，包括点云滤波、机器学习分类、林业参数提取及土方量计算等，满足多行业需求；
- 4) 支持面向**多任务并行的定制化流式处理**，提升数据自动化处理效率和行业应用的业务水平；
- 5) 采用**微内核+插件式开发设计**，灵活、可靠并支持二次开发。



# 报告内容



**01 /点云处理软件研制进展**

**02 /点云魔方软件介绍**

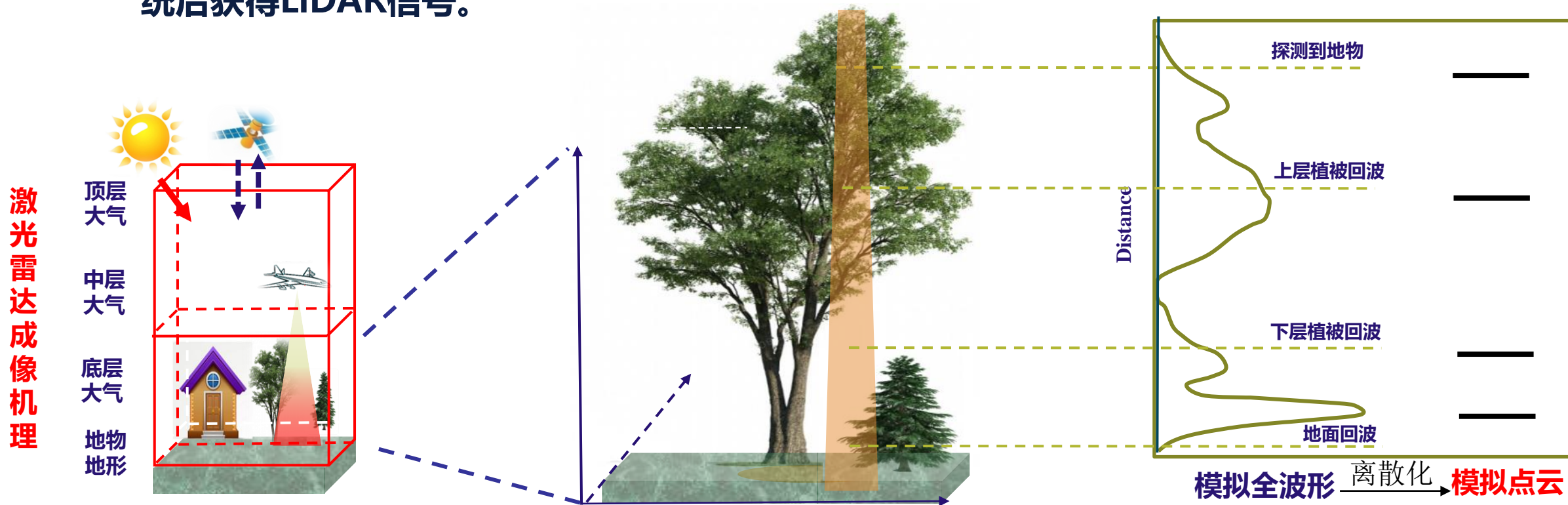
**03 /点云数据处理关键技术**

**04 /总结与展望**



# 3.1 点云数据模拟

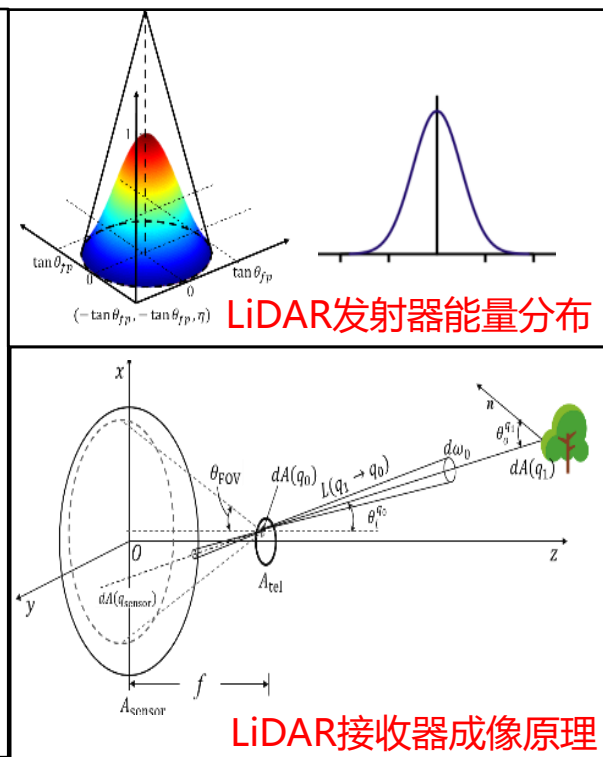
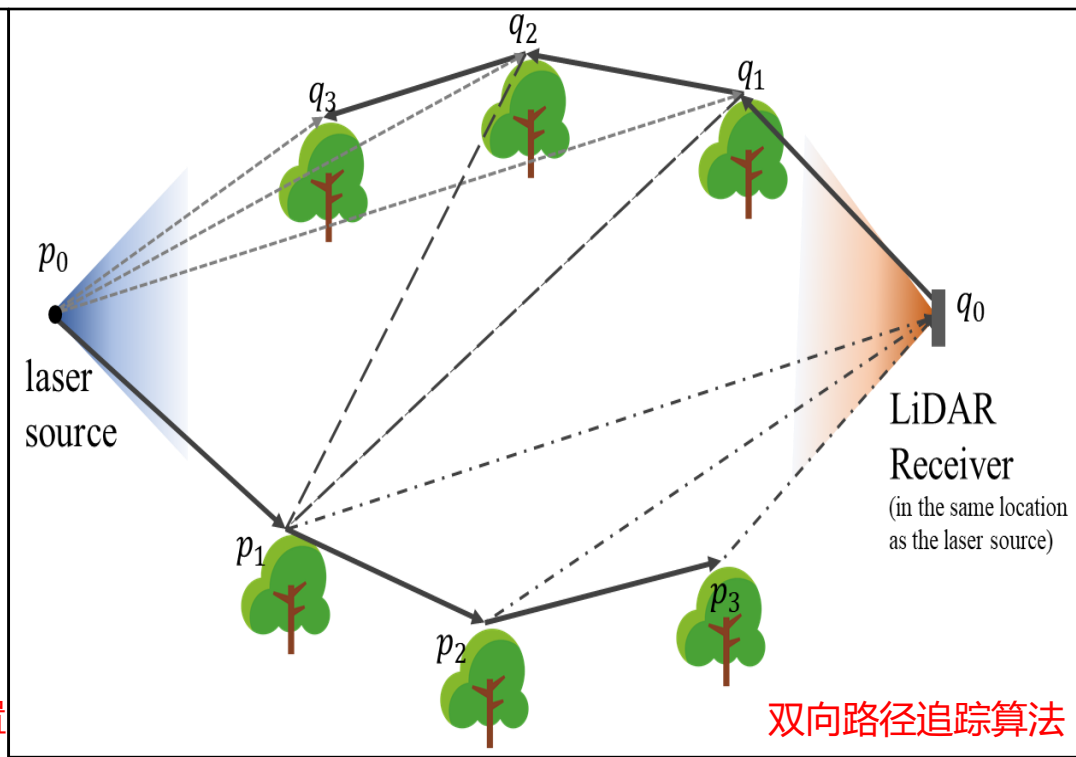
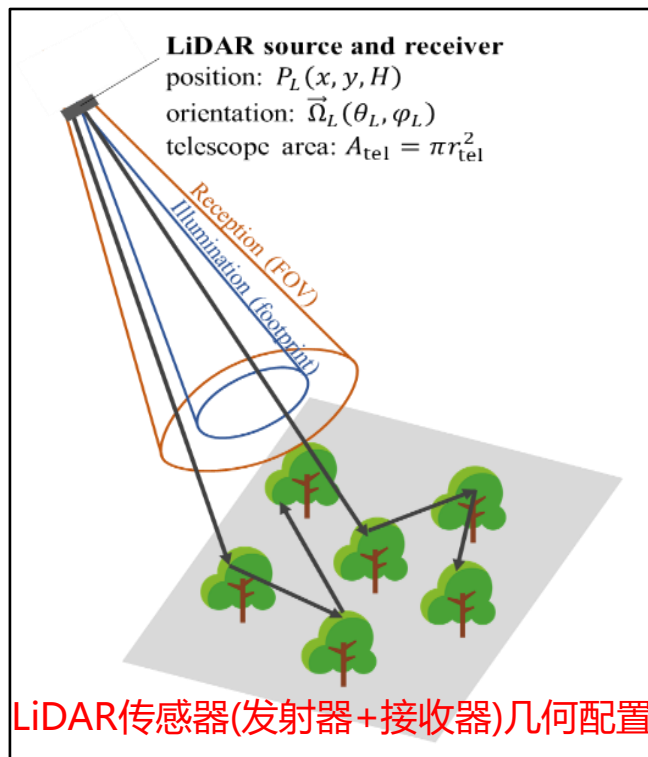
**LiDAR信号形成实际过程：**激光发射器发射激光脉冲，透过大气发生能量衰减，照射到地物表面，经过地表元素吸收反射后进入接收系统，通过不同的探测与光电转化系统后获得LiDAR信号。





# 3.1 点云数据模拟

高频的激光点云扫描设备和复杂场景的遥感应用对LiDAR辐射传输机理模型提出了更高的要求。首次将**双向路径追踪**算法引入LiDAR信号模拟，创建了LiDAR遥感成像机理模型**DART-Lux LIDAR**。



(与法国DART模型团队合作成果)

[www.aircas.ac.cn](http://www.aircas.ac.cn)





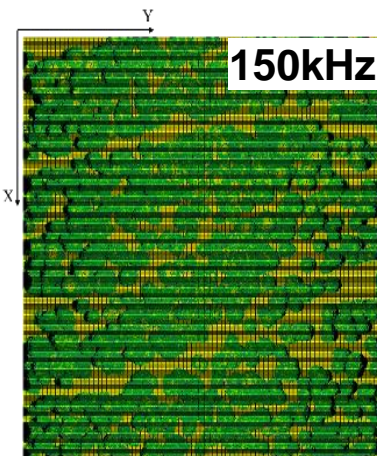
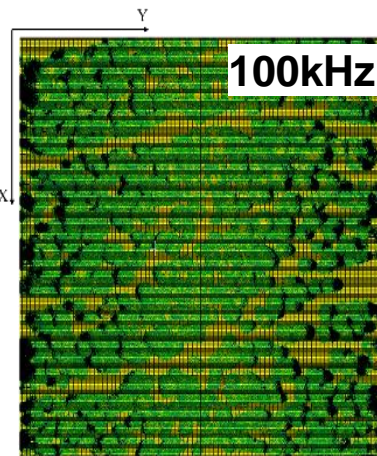
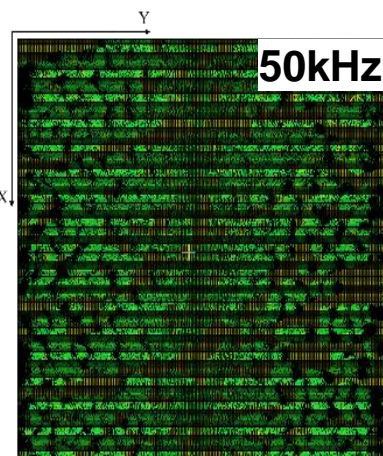
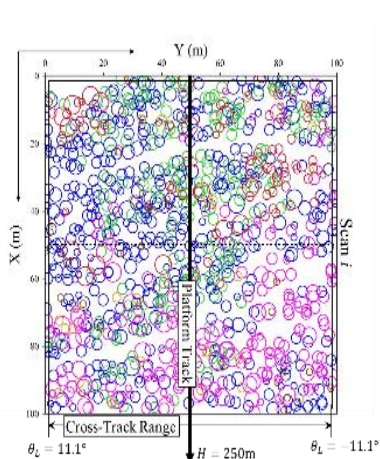


# 3.1 点云数据模拟

利用DART-Lux LiDAR模型模拟**机载/地基扫描模式**和**离散点云记录方式**，可实现复杂场景高频率LiDAR系统配置下点云数据的高精度快速仿真。

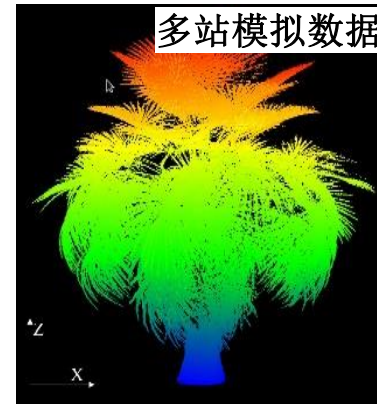
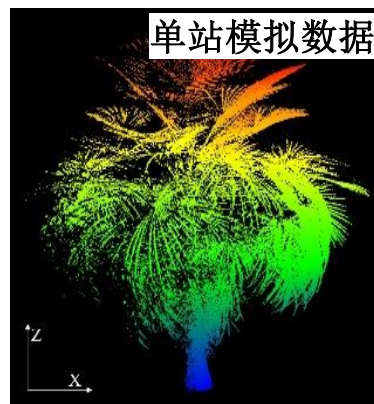
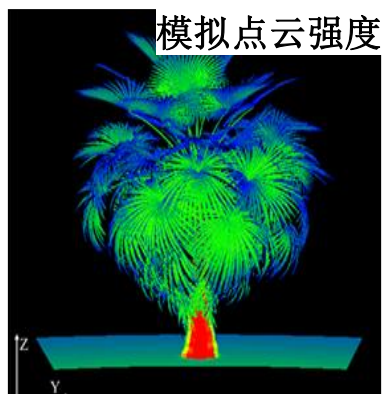
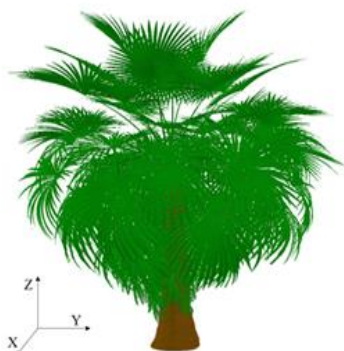
## 机载激光点云模拟

150 kHz脉冲扫描频率  
100 \* 100 m 真实森林场景  
耗时：2.5 小时  
内存：2.4 GB



## 地基激光点云模拟

100 kHz脉冲扫描频率  
单株植株  
单站耗时：10 分钟  
内存：0.1 GB



可用于探索不同系统配置下获取的点云数据及其**测量误差**，进而设计**点云扫描方案**

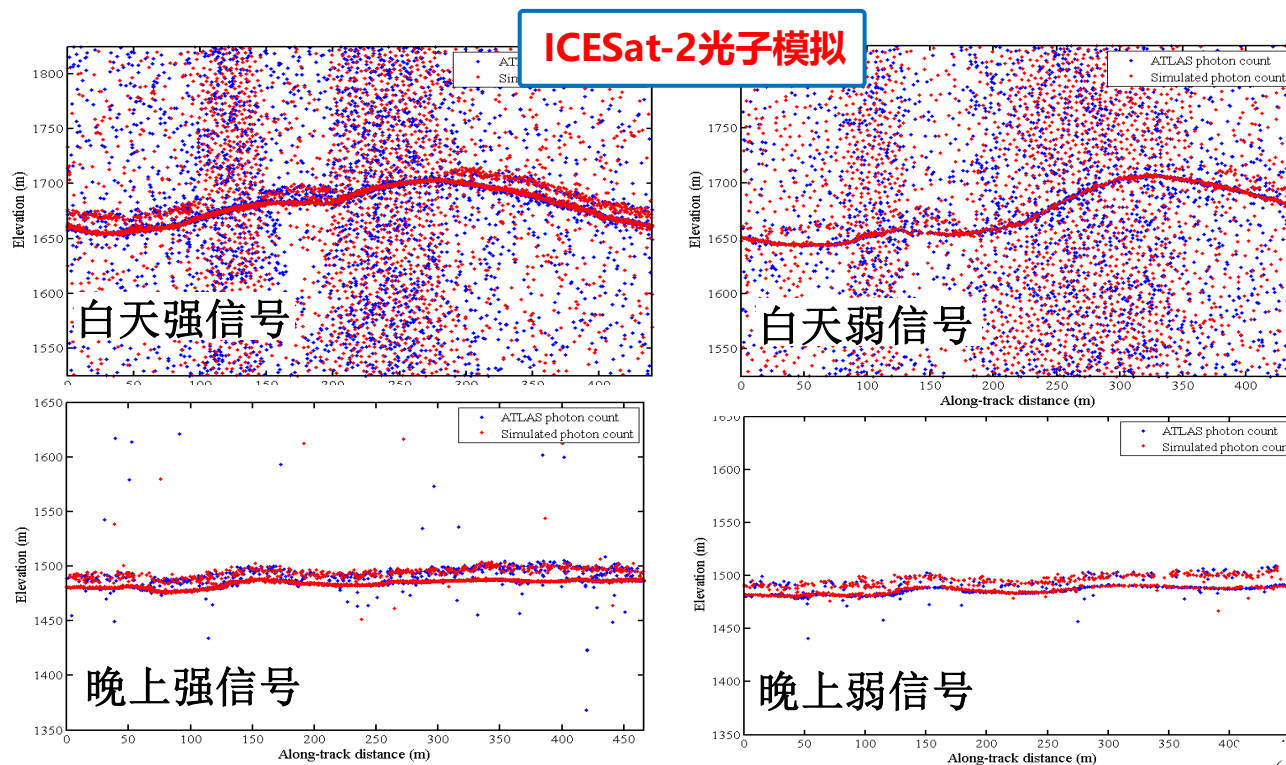
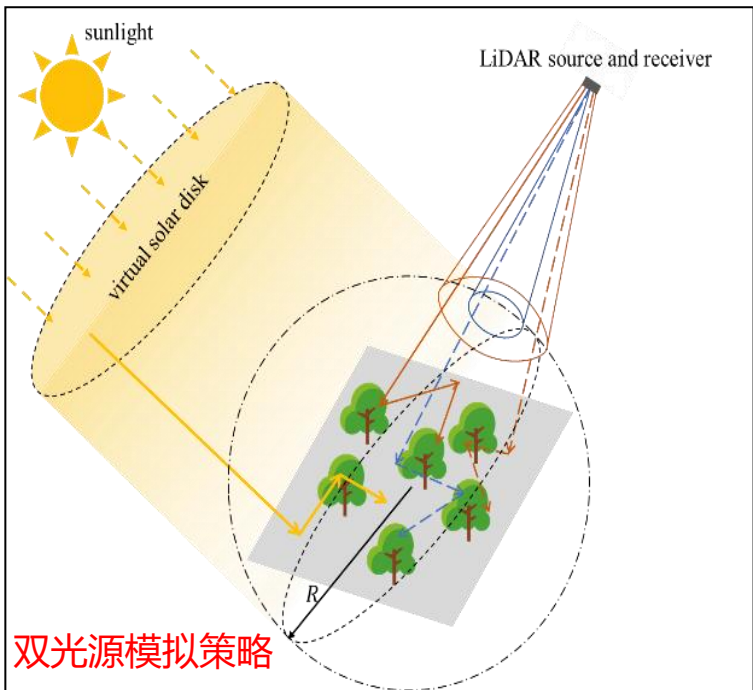


(与法国DART模型团队合作成果)



# 3.1 点云数据模拟

利用DART-Lux LiDAR模型模拟星载测高模式和光子点云记录方式，采用直接光源采样策略耦合太阳光源影响，实现星载光子点云数据的高精度快速仿真。



进一步探讨不同时间获取的强弱信号用于地表反演的不确定性估计、数据可靠性等



(与法国DART模型团队合作成果)

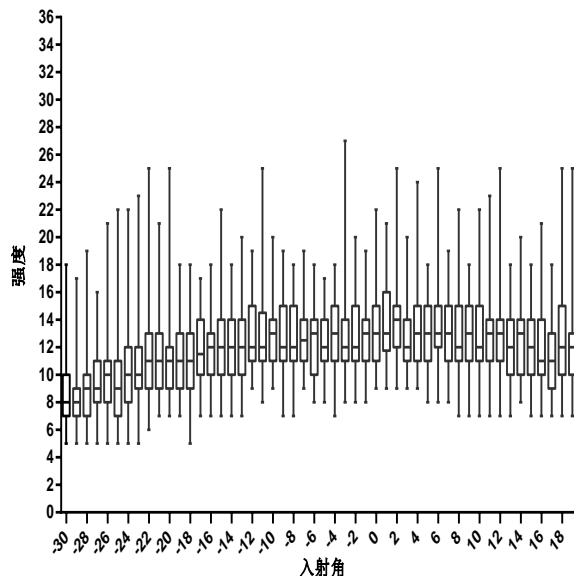


## 3.2 离散点云数据处理

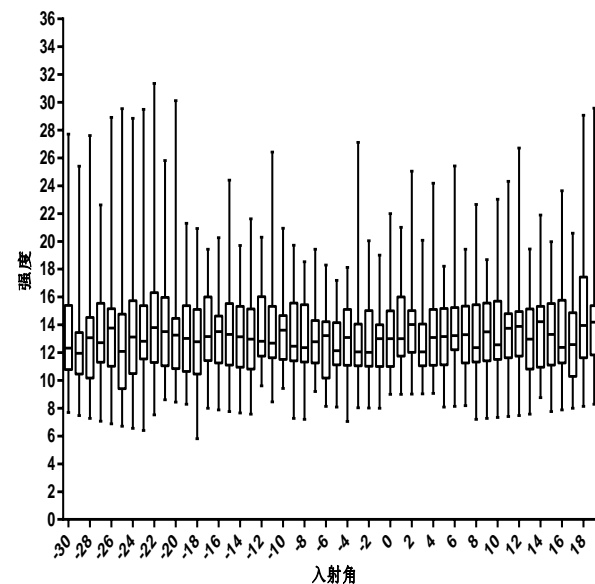
### □ 强度校正

基于激光雷达方程，创建了**强度校正模型**，消除了**距离、入射角**等因素对点云强度的影响，并成功应用于植被参数估算及土地覆盖分类中。

$$\text{强度校正模型: } I_c = I_{raw} \frac{R_i^2}{R_{ref}^2} \frac{1}{\cos \theta_i}$$



校正前强度随入射角变化情况



校正后强度随入射角变化情况

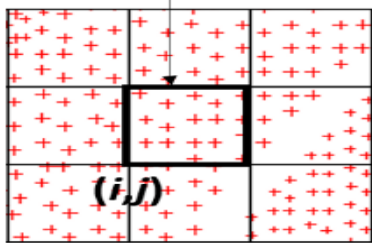
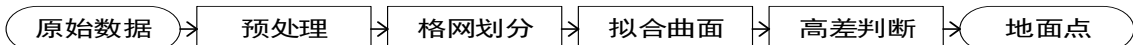


## 3.2 离散点云数据处理

### □ 点云滤波

提出了基于自适应阈值多级移动曲面拟合的点云滤波方法，提高了滤波算法的适应性和运行效率，滤波精度达93.66%。

算法原理



(i,j) 格网的3×3邻域格网

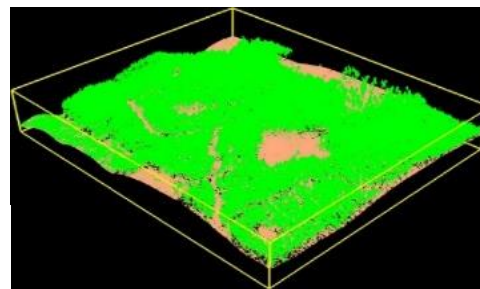


每个格网中的最低点

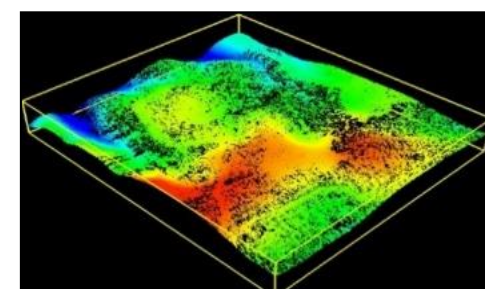
$$f(x_i, y_i) = a_0 + a_1 x_i + a_2 y_i + a_3 x_i^2 + a_4 y_i^2 + a_5 x_i y_i$$

$$slope = \frac{1}{8} \sum_{k=-1}^1 \sum_{t=-1}^1 \frac{Z_{\min}(i, j) - Z_{\min}(i+k, j+t)}{\sqrt{[X_{\min}(i, j) - X_{\min}(i+k, j+t)]^2 + [Y_{\min}(i, j) - Y_{\min}(i+k, j+t)]^2}}$$

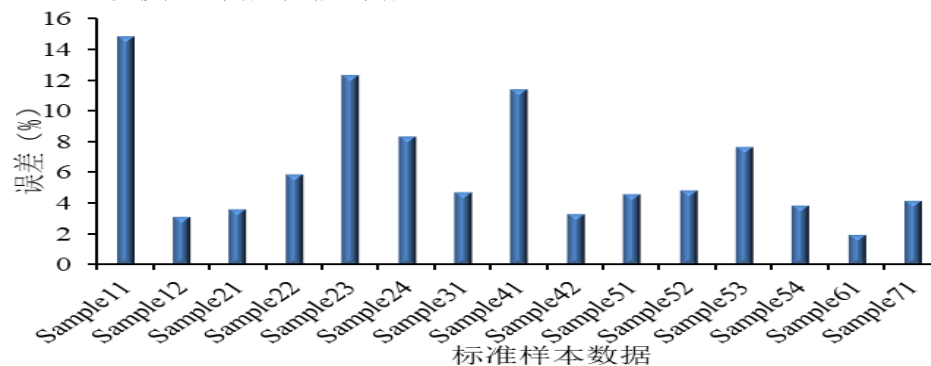
滤波结果



滤波后地面点和非地面点



滤波后地面点





## 3.2 离散点云数据处理

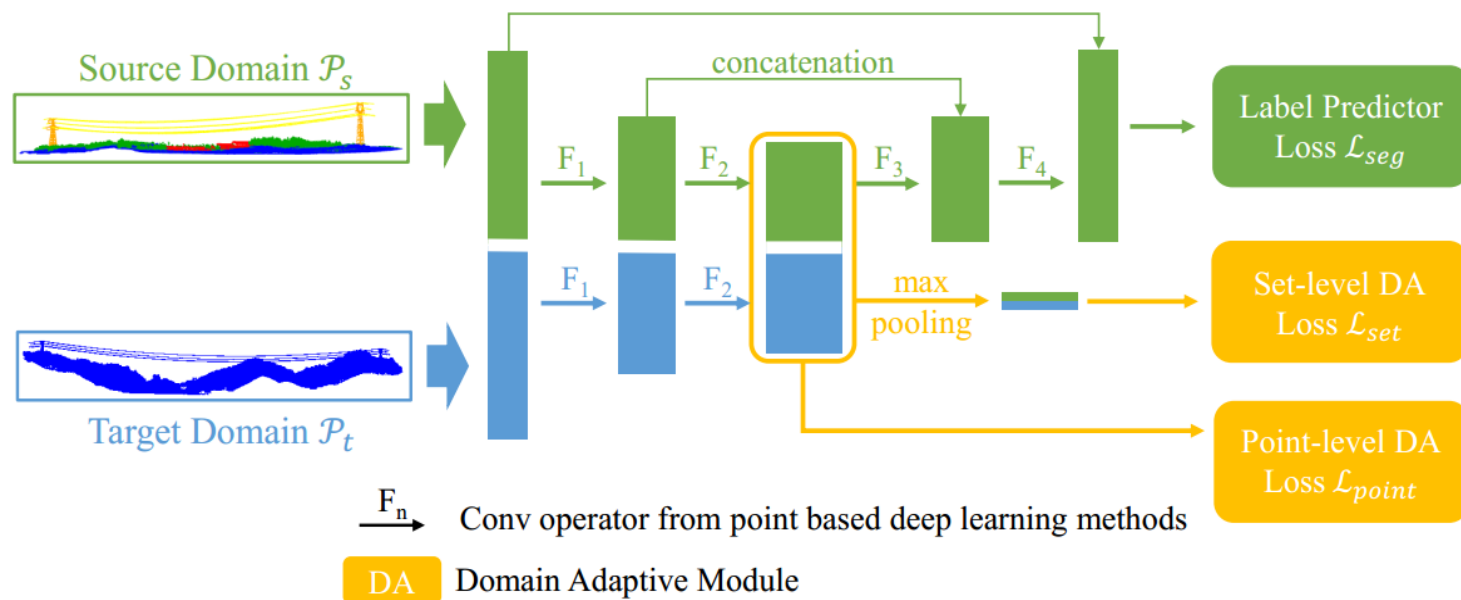
### □ 点云分类

提出一种用于点云语义分割的无监督域自适应方法，引入**点层次和点集层次**的域自适应模块，实现不同域的特征对齐，大大提高了模型的泛化能力。

$$\mathcal{L}_{point} = - \sum_{i,j} [D_i \log p_{i,j} + (1 - D_i) \log (1 - p_{i,j})]$$

$$\mathcal{L}_{set} = - \sum_i [D_i \log s_i + (1 - D_i) \log (1 - s_i)]$$

$$\mathcal{L}_{total} = \mathcal{L}_{seg} + \lambda_1 \mathcal{L}_{point} + \lambda_2 \mathcal{L}_{set}$$



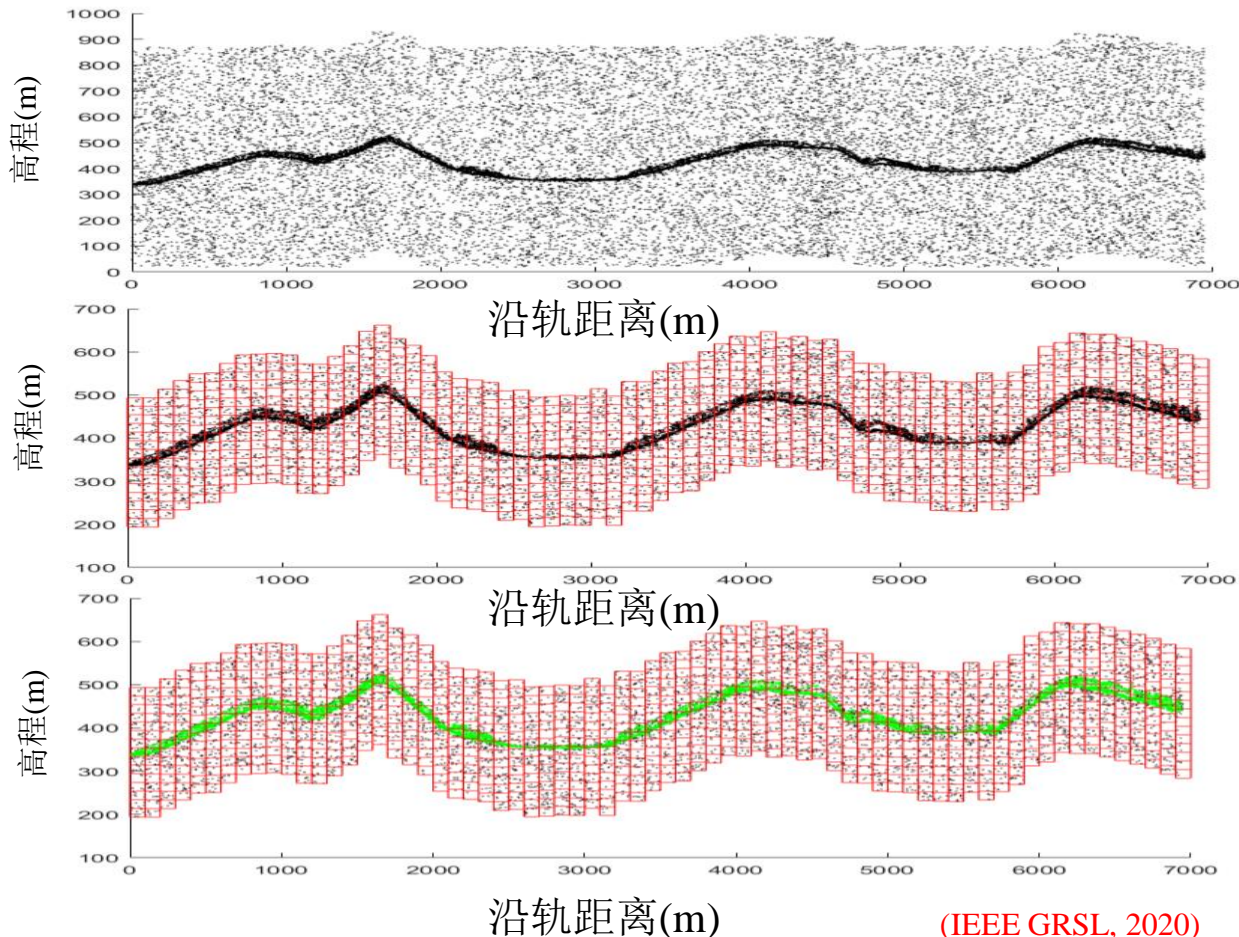
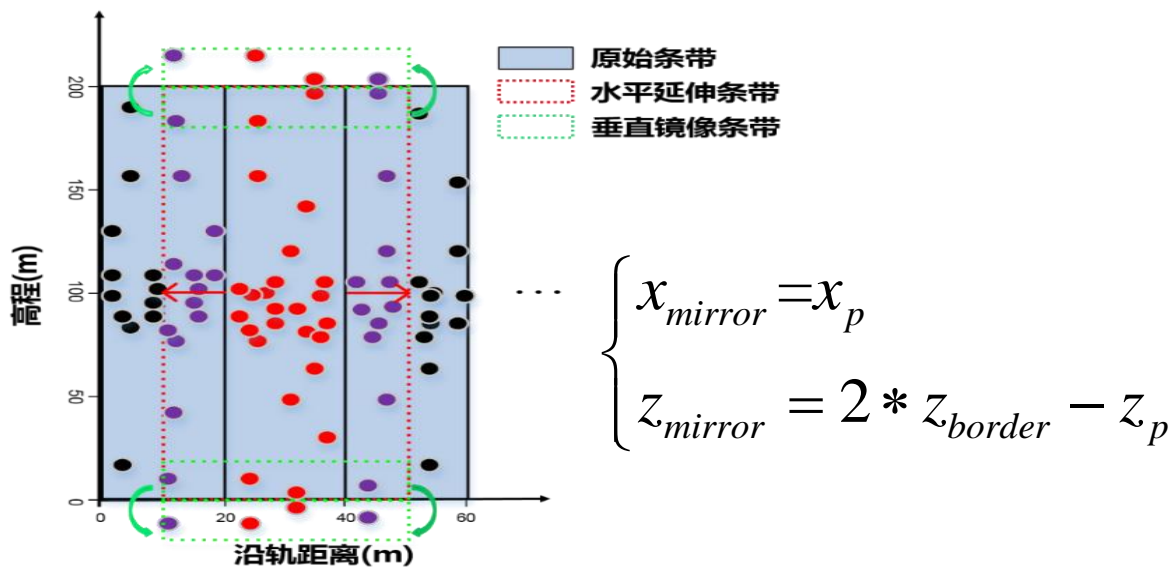


# 3.3 光子点云数据处理

## 光子去噪

**粗去噪：**建立高程频率直方图,利用缓冲区去除明显的噪声光子。

**精去噪：**解决密度不均、边缘效应及搜索区域的确定等问题，建立密度分布直方图，自适应获取阈值去除剩下的噪声光子。



(IEEE GRSL, 2020)



## 3.3 光子点云数据处理

### □ 光子分类

- **初始地面点提取**

建立高程频率分布直方图，提取**最低高程峰值**周围密度最大的光子；

- **精确地面点提取**

利用**EMD分解和重构**去除错分类的初始地面点；

- **加密地面点**

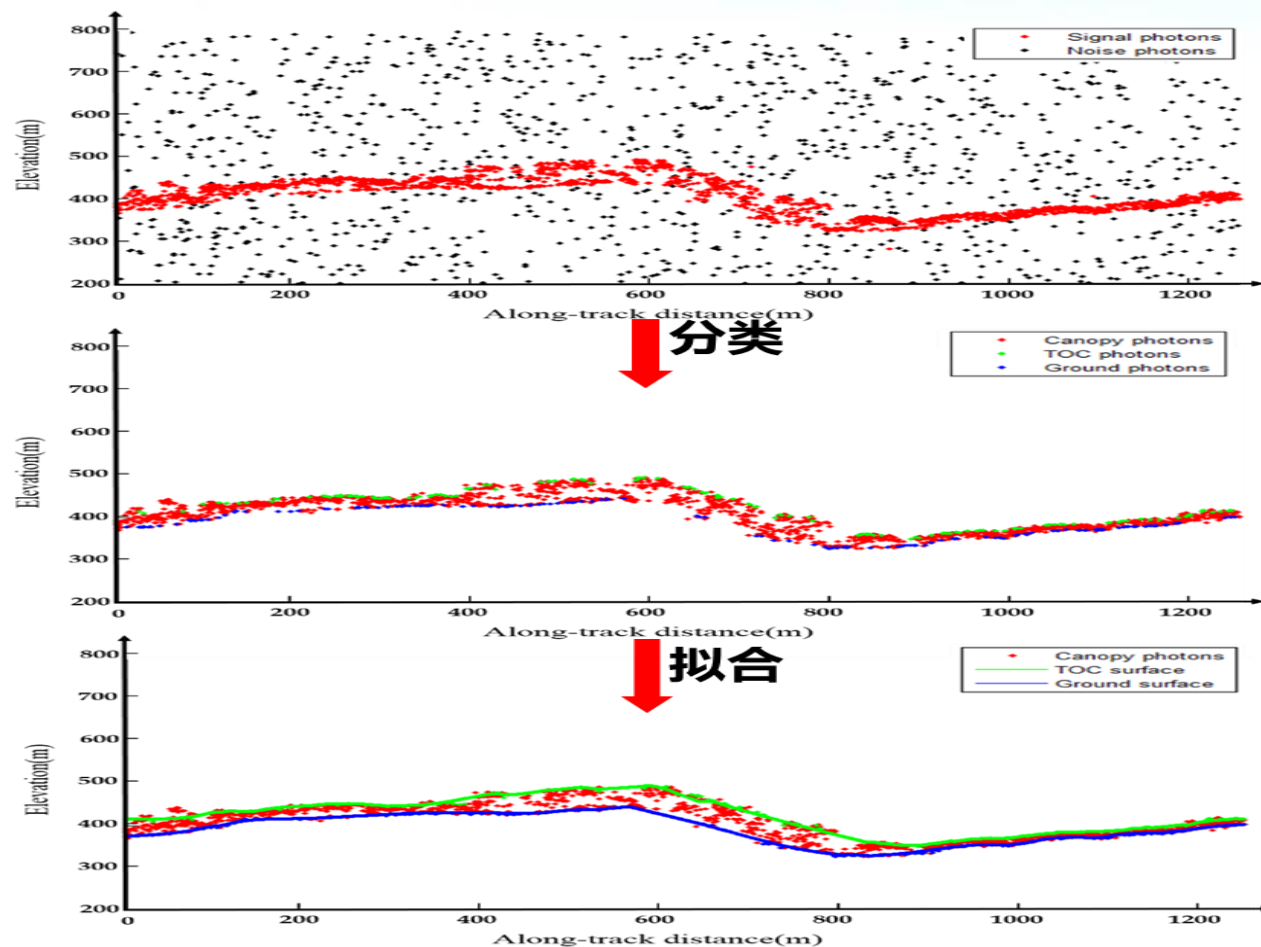
利用**三角形致密化**，增加精确地面点数量；

- **全部地面点提取**

通过**三次样条曲线拟合**从原始数据中找出最终的地面点；

- **植被冠层点提取**

提取去噪后的数据百分位数在**[0.96,0.99]** 的光子作为冠层点。





# 3.4 LiDAR植被参数反演

## □ 机载小光斑LiDAR低矮植被高度估算模型

低矮植被通常浓密矮小且分布均一，导致LiDAR信号中冠层与地面信号混叠且难以分离，提出了**表征低矮植被结构信息的点云特征参数**并建立了基于机载LiDAR的湿地植被高度反演模型。

基于CHM植被高度估算

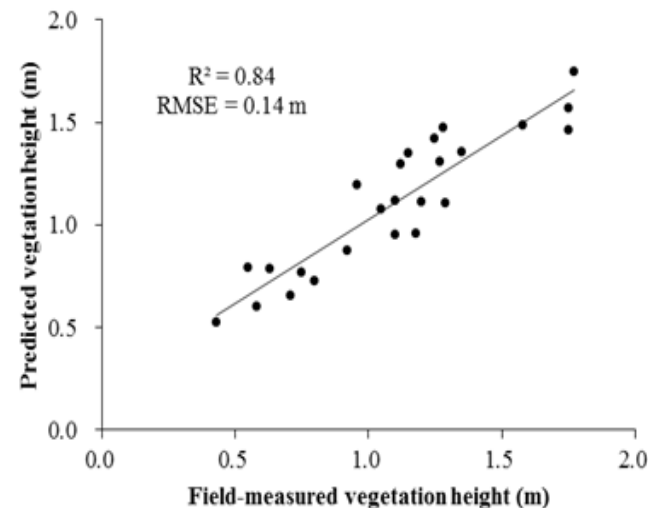
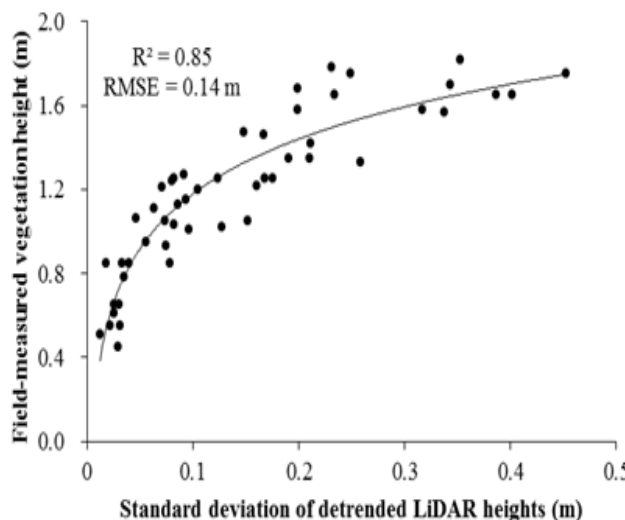
Grid size (m)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
R <sup>2</sup>	0.12	0.25	0.33	<b>0.38</b>	0.37	0.27	0.19	0.25	0.09	0.17
RMSE (m)	0.46	0.44	0.40	<b>0.39</b>	0.39	0.42	0.43	0.42	0.47	0.43

基于CHM校正的高度估算

Grid size (m)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
ME (m)	-0.99	-0.82	-0.71	-0.65	-0.58	-0.49	-0.41	-0.40	-0.25	-0.17
RMSE (m)	1.07	0.95	0.84	0.78	0.73	0.70	0.70	0.64	0.74	0.65

基于LiDAR高度标准差植被高度估算

Sample radius (m)	Linear regression			Logarithmic regression		
	R <sup>2</sup>	RMSE(m)	P-value	R <sup>2</sup>	RMSE(m)	P-value
0.50	0.35	0.43	< 0.01	0.38	0.42	< 0.01
0.75	0.50	0.27	< 0.01	0.60	0.23	< 0.01
1.00	0.59	0.24	< 0.01	0.68	0.21	< 0.01
1.25	0.69	0.21	< 0.01	0.77	0.18	< 0.01
1.50	<b>0.74</b>	<b>0.19</b>	< 0.01	<b>0.85</b>	<b>0.14</b>	< 0.01
1.75	0.74	0.19	< 0.01	0.83	0.15	< 0.01
2.00	0.73	0.20	< 0.01	0.80	0.17	< 0.01
2.25	0.56	0.25	< 0.01	0.62	0.23	< 0.01
2.50	0.50	0.27	< 0.01	0.52	0.26	< 0.01



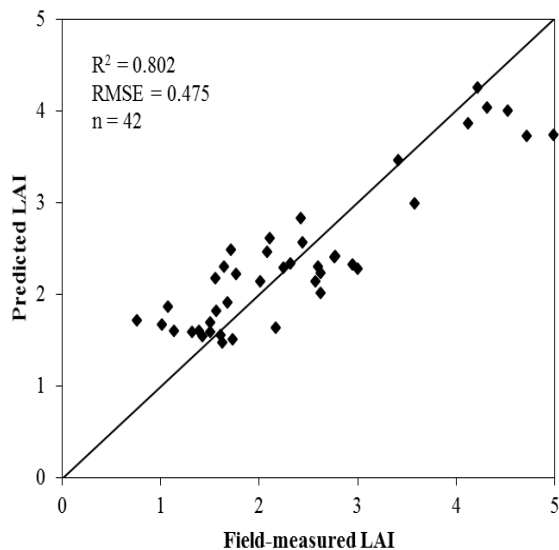




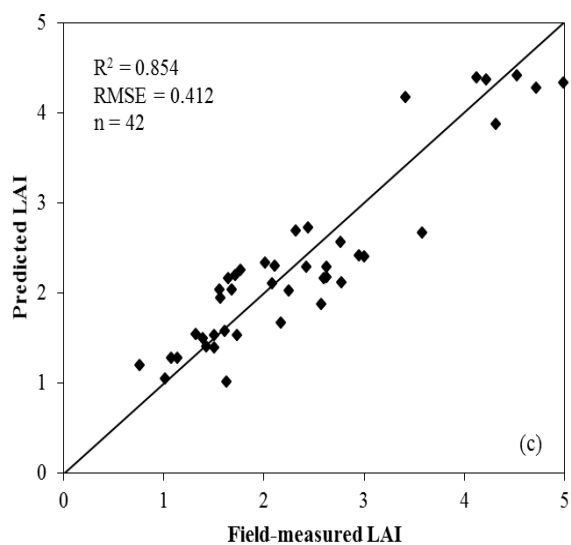
## 3.4 LiDAR植被参数反演

### □ 机载点云LiDAR叶面积指数提取

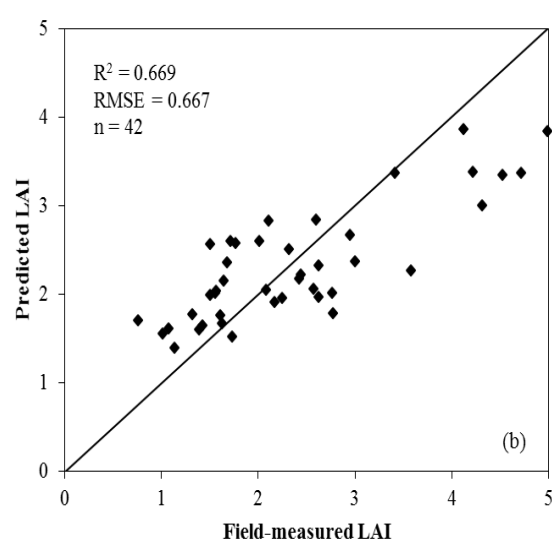
提出了**融合LiDAR强度与高度变量的LAI反演方法**，把LiDAR强度信息作为估算变量，充分利用了LiDAR数据提供的信息。



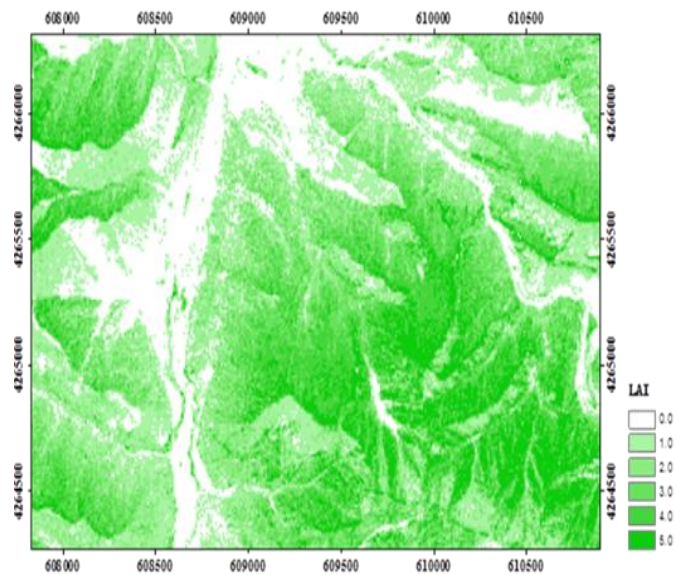
高度变量



高度+强度变量



强度变量



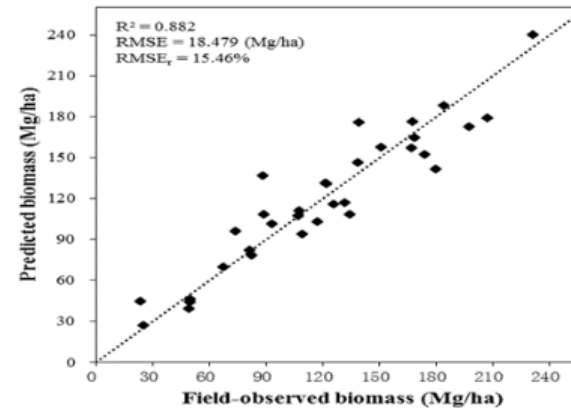
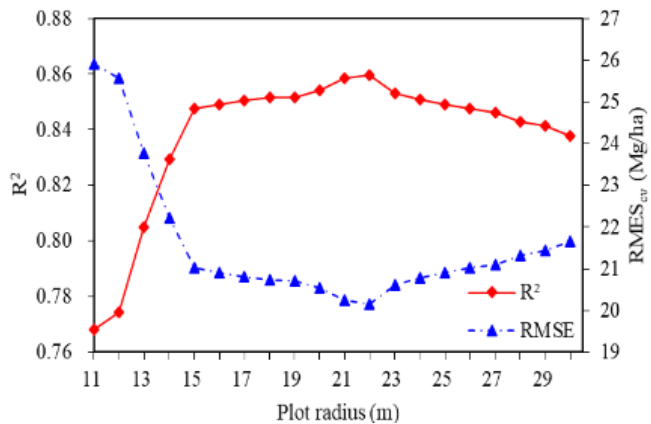
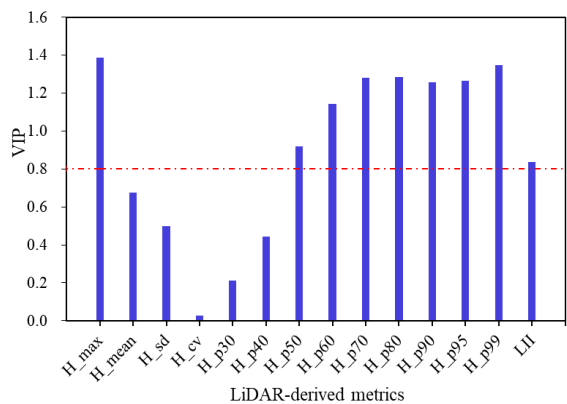
LAI制图



# 3.4 LiDAR植被参数反演

## 联合机载LiDAR和高光谱影像的森林生物量估算

通过偏最小二乘法 (PLS) 融合机载LiDAR点云和高光谱影像两种数据源, 进行**森林地下、地上及总生物量的估算**, 与单一的数据相比, 估算精度分别提高了5.8%, 2.2%和2.6%。



输入变量	地下生物量						地上生物量						总生物量					
	R <sup>2</sup>	adj.R <sup>2</sup>	RMSE	RMSE <sub>r</sub>	RMSE <sub>cv</sub>	AIC	R <sup>2</sup>	adj.R <sup>2</sup>	RMSE	RMSE <sub>r</sub>	RMSE <sub>cv</sub>	AIC	R <sup>2</sup>	adj.R <sup>2</sup>	RMSE	RMSE <sub>r</sub>	RMSE <sub>cv</sub>	AIC
LiDAR-metrics	0.742	0.734	4.141	21.76	4.261	109.7	0.874	0.869	16.545	16.46	16.946	201.1	0.860	0.855	20.154	16.86	20.695	214.2
CASI-metrics	0.513	0.497	5.691	29.91	5.824	128.7	0.545	0.531	31.361	31.19	31.882	241.3	0.552	0.538	36.016	30.12	36.590	250.5
LiDAR- and CASI-metrics	0.785	0.778	3.784	19.89	3.886	105.8	0.893	0.889	15.245	15.16	15.555	197.7	0.882	0.878	18.479	15.46	18.877	210.4

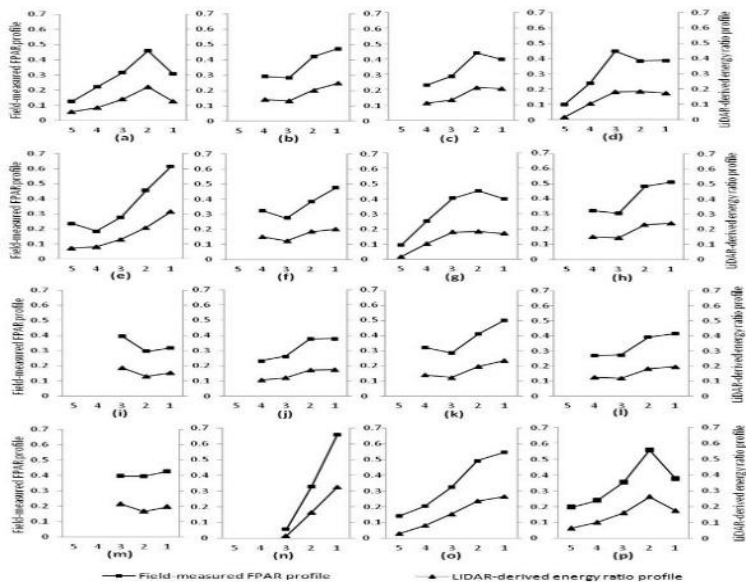


# 3.4 LiDAR植被参数反演

## □ 基于机载LiDAR的农作物FPAR剖面反演

将LiDAR数据引入到**农作物FPAR及其垂直分布**反演中，相比常规光学遥感影像获取的FPAR，估算精度提高了**20%**；同时联合高光谱影像实现区域FPAR反演制图。

FPAR剖面反演



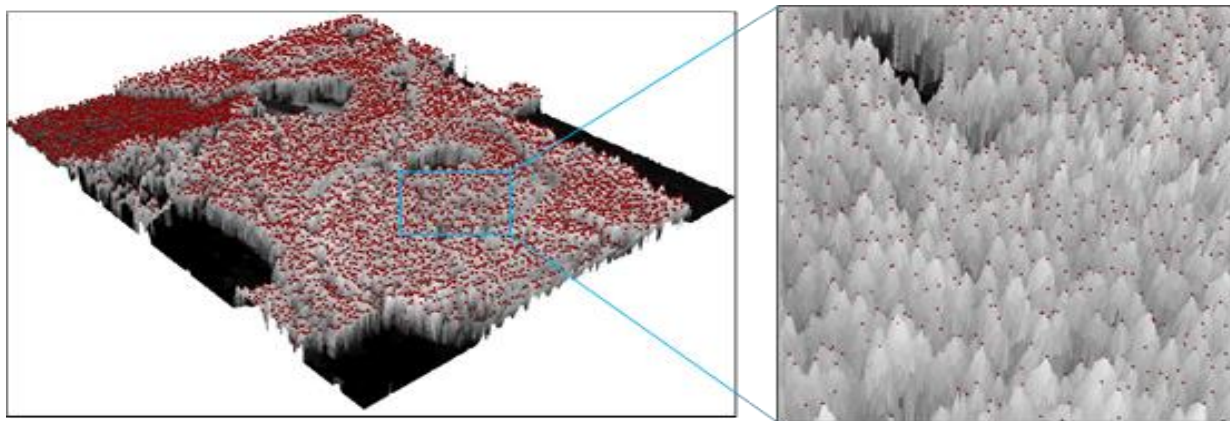
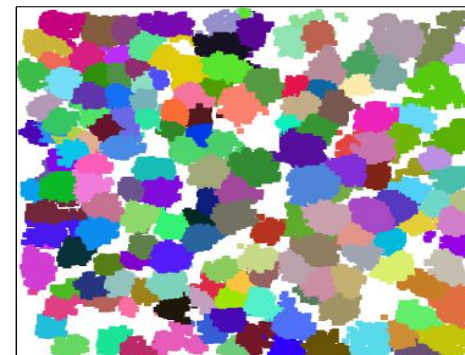
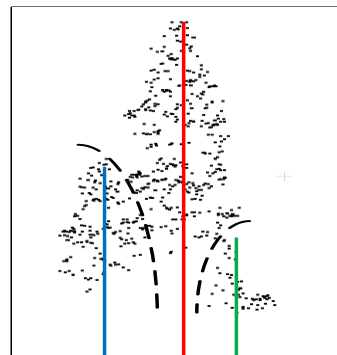
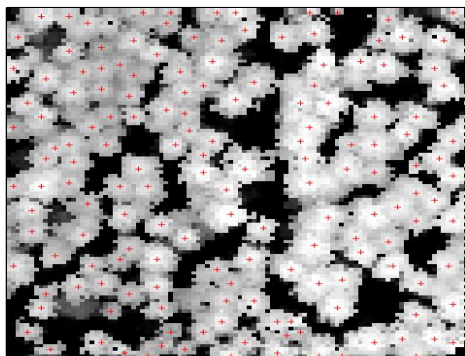
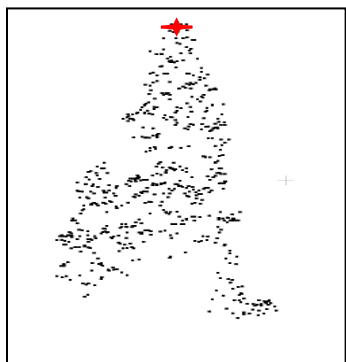
特征参数与FPAR相关性分析

FPAR大区域制图

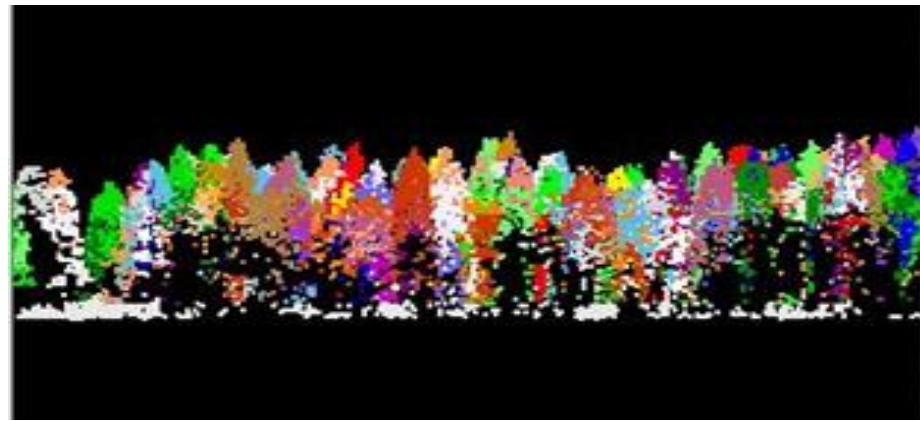


## 3.4 LiDAR植被参数反演

### □ 机载单木分割



树顶探测结果



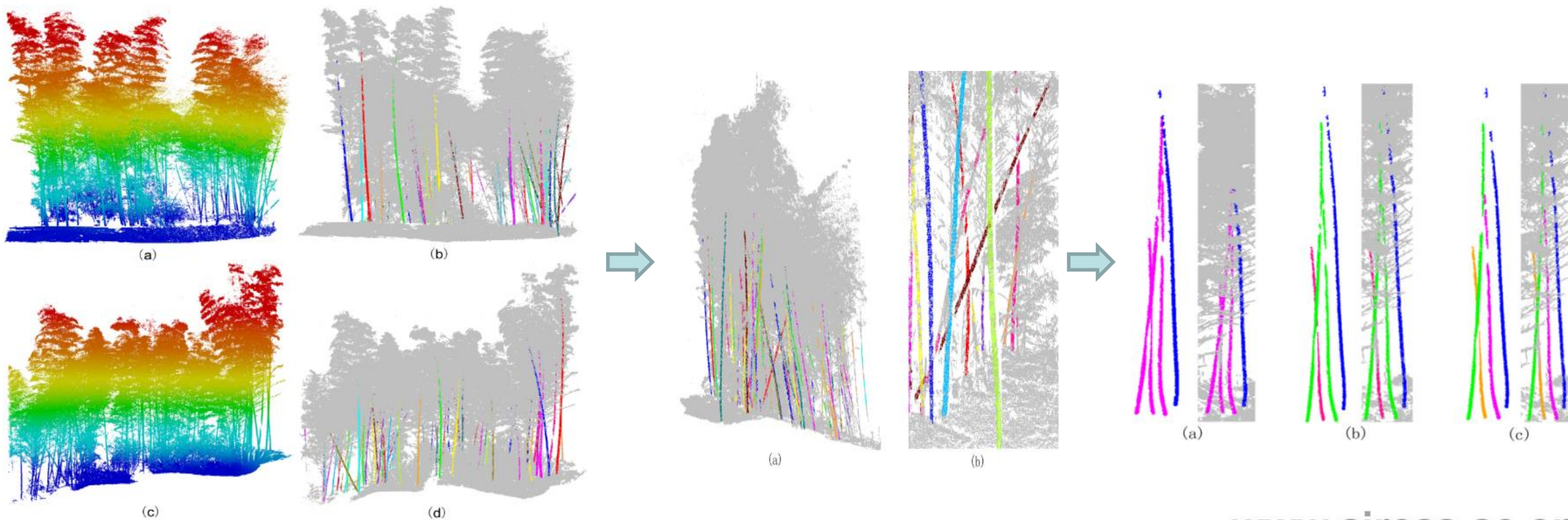
单木分割结果



## 3.4 LiDAR植被参数反演

### □ 地基单木分割

通过利用自适应尺度的点云特征标记方法，进行基于点云局部特征的欧几里德聚类，最终基于曲率模型实现**竹子枝干的分离与提取**。

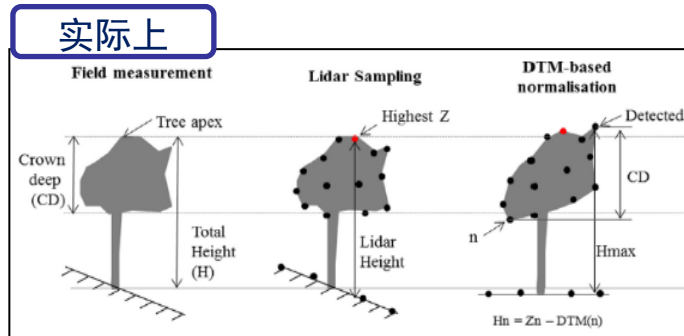
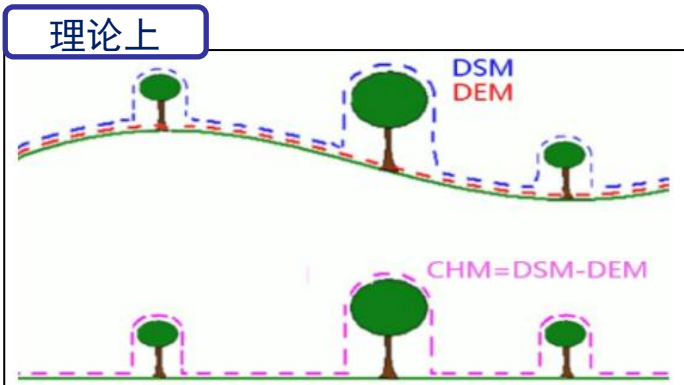




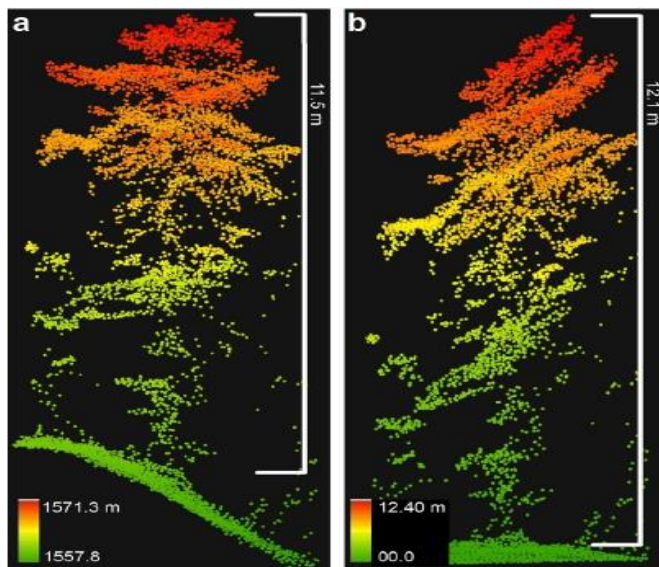
# 3.4 LiDAR植被参数反演

## □ 单木参数提取及校正

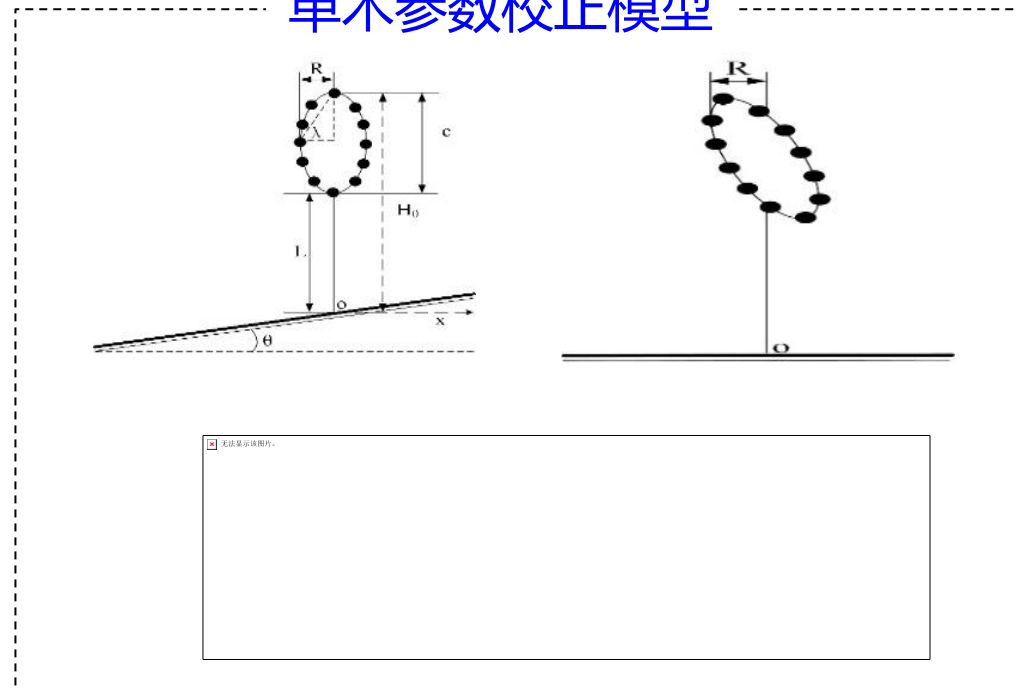
建立**单木参数校正模型**，厘清激光点云空间分布与单木冠层结构、地形之间的相互关系，校正了**地形坡度、坡向、冠幅大小、形状**等因素对单木参数提取的影响。



## 树形偏移现象



## 单木参数校正模型

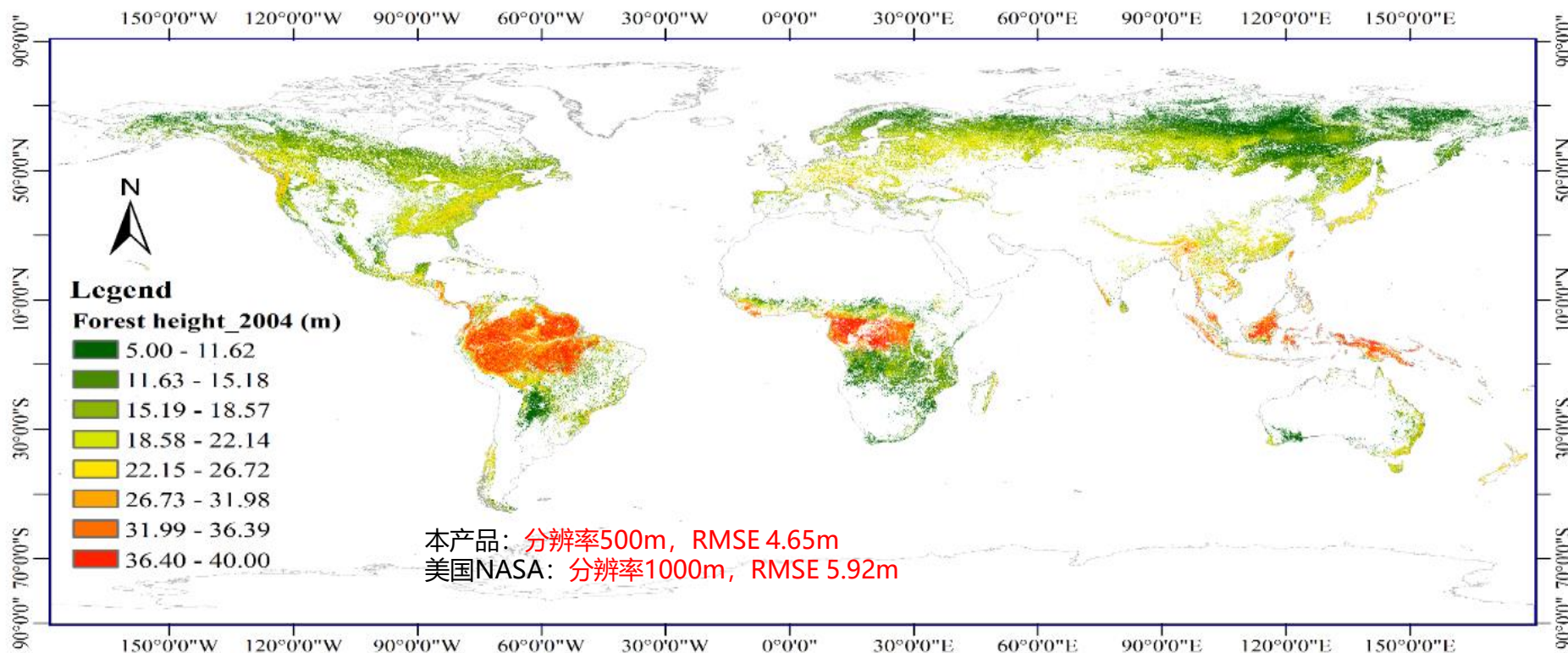




## 3.4 LiDAR植被参数反演

□ 全球森林高度产品 (机载点云数据提取的树高作为全球产品的验证)

以星载激光雷达GLAS或GEDI数据为主要数据源，联合MODIS遥感产品等其他数据构建了森林高度反演模型，研发了多期全球森林高度产品，为森林碳储量估算奠定了基础。



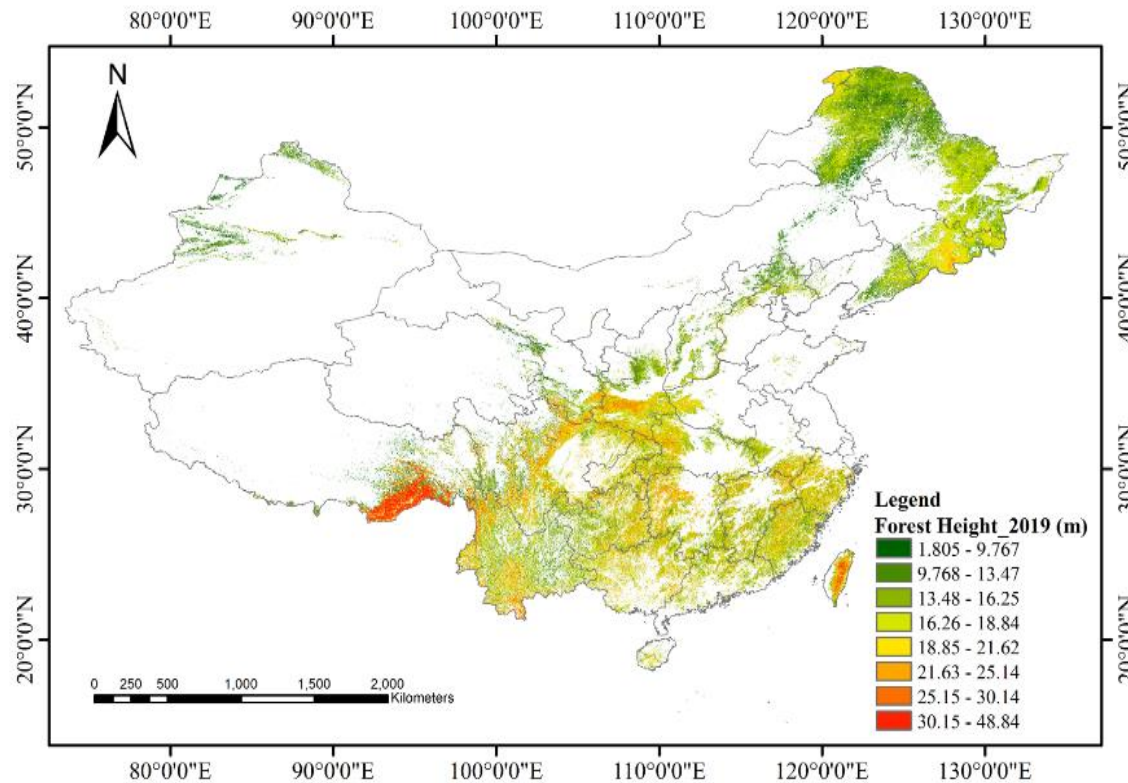
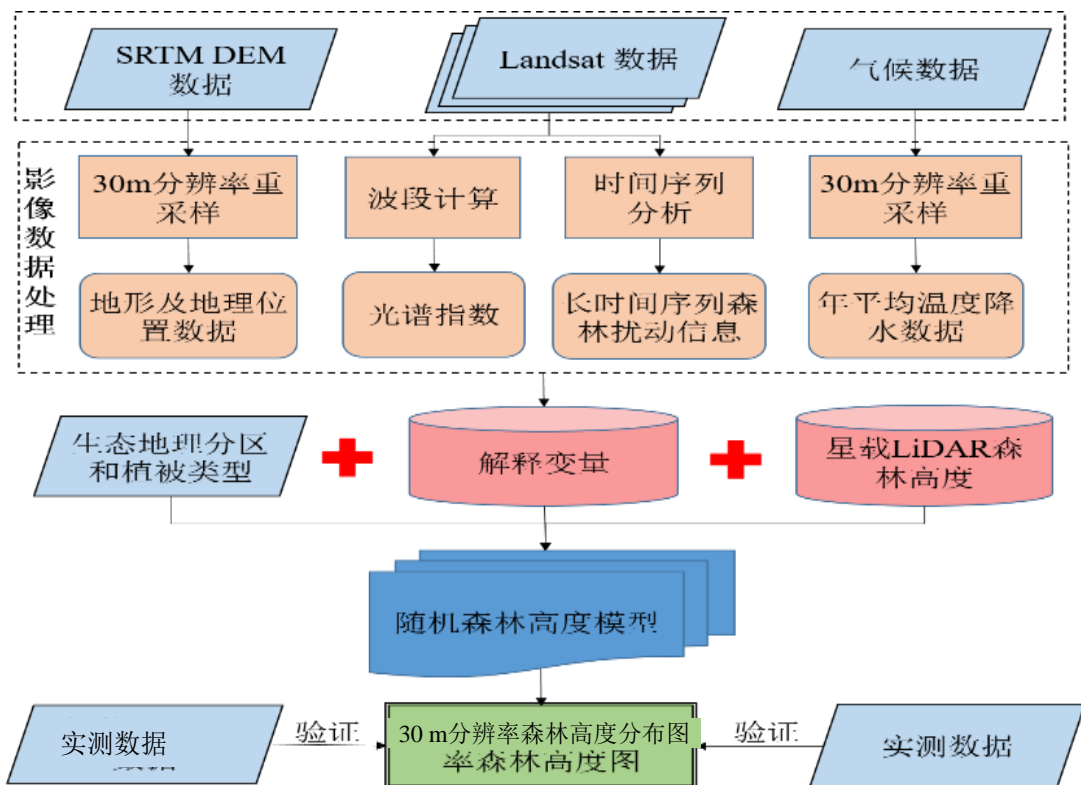
全球森林高度 (2004)



# 3.4 LiDAR植被参数反演

中国30 m分辨率森林高度产品 (机载点云数据提取的树高作为产品的验证)

以ICESat-2为主要数据源, 联合Landsat数据等进行森林高度反演, 将现有森林高度产品的分辨率从500m提高到30m。



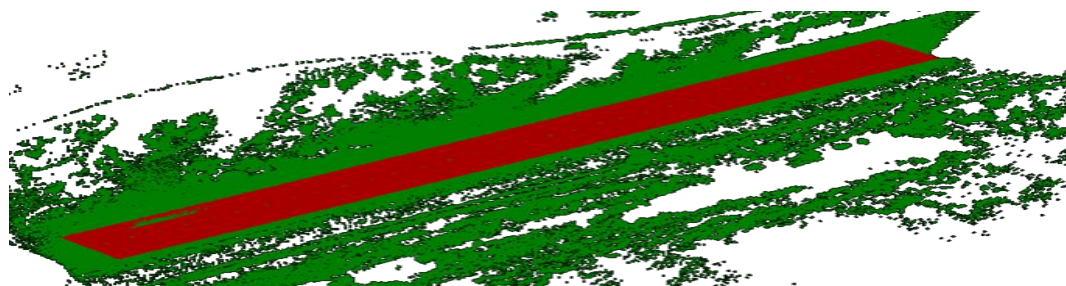




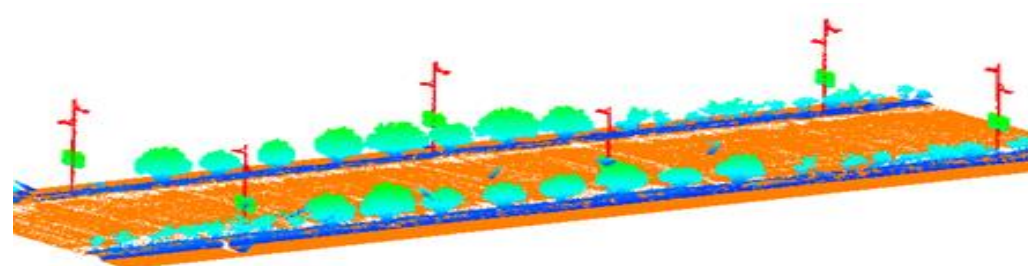
## 3.5 LiDAR城市监测

### □ LiDAR城区典型地物提取

利用车载激光扫描点云数据，提出了基于边缘线识别的城区道路自动提取算法，并根据拓扑分析实现**路灯**、**行道树**等典型地物的自动提取。



道路提取



路灯提取



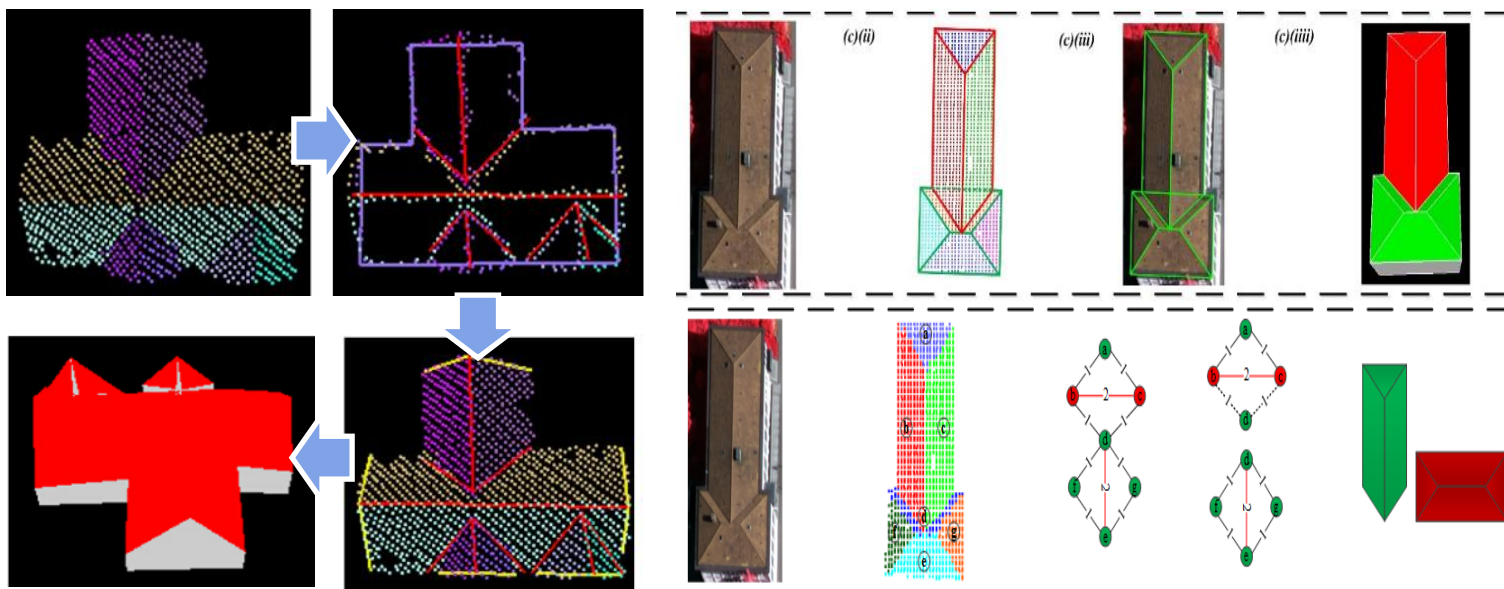
行道树提取



## 3.5 LiDAR城市监测

### □ 基于机载激光扫描的复杂建筑物精细三维模型构建

提出了基于高斯混合模型的建筑物面片提取方法，结合边缘规则化、拓扑分析算法实现了**复杂建筑物高精度三维建模**。



国际摄影与遥感协会 (ISPRS) 测评结果

Abbrev	RMS [m]	RMSZ [m]
CKU	0.5	0.7
ITC1	1.2	0.1
TUD	0.6	0.3
VSK	0.7	0.3
<b>CAS_YX</b>	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>

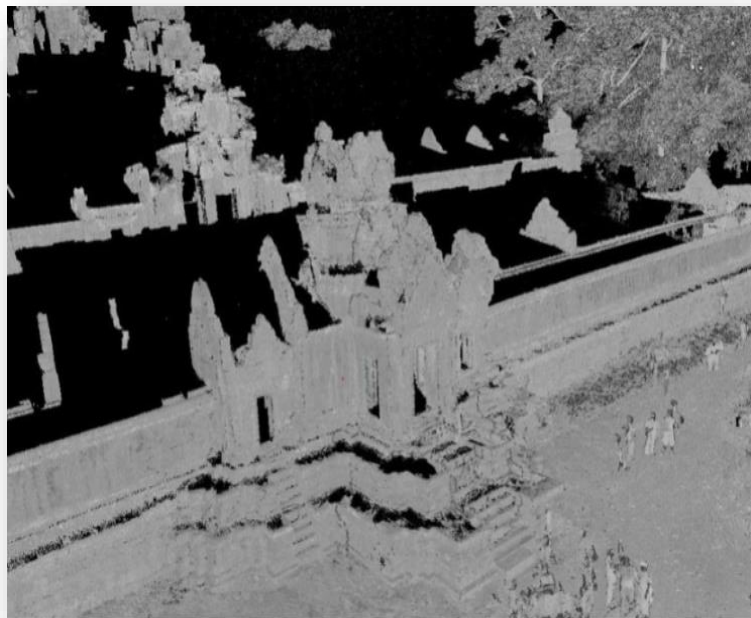


## 3.5 LiDAR城市监测

### □ 基于地基激光扫描的古遗址三维重建

提出了复杂古建筑遗址自动拼接与三维建模方法，应用于**柬埔寨吴哥窟**世界文化遗产的真三维重建，受到国际社会和柬埔寨政府的肯定。

激光点云



三维模型

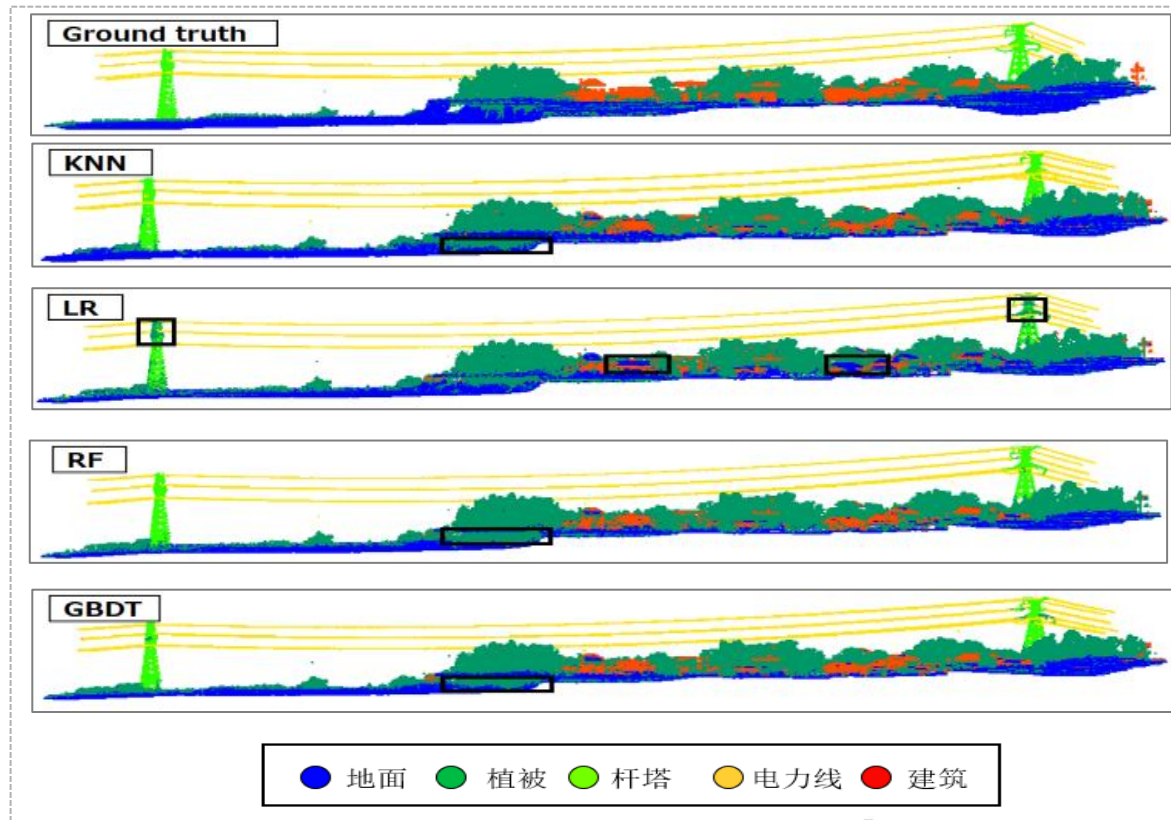
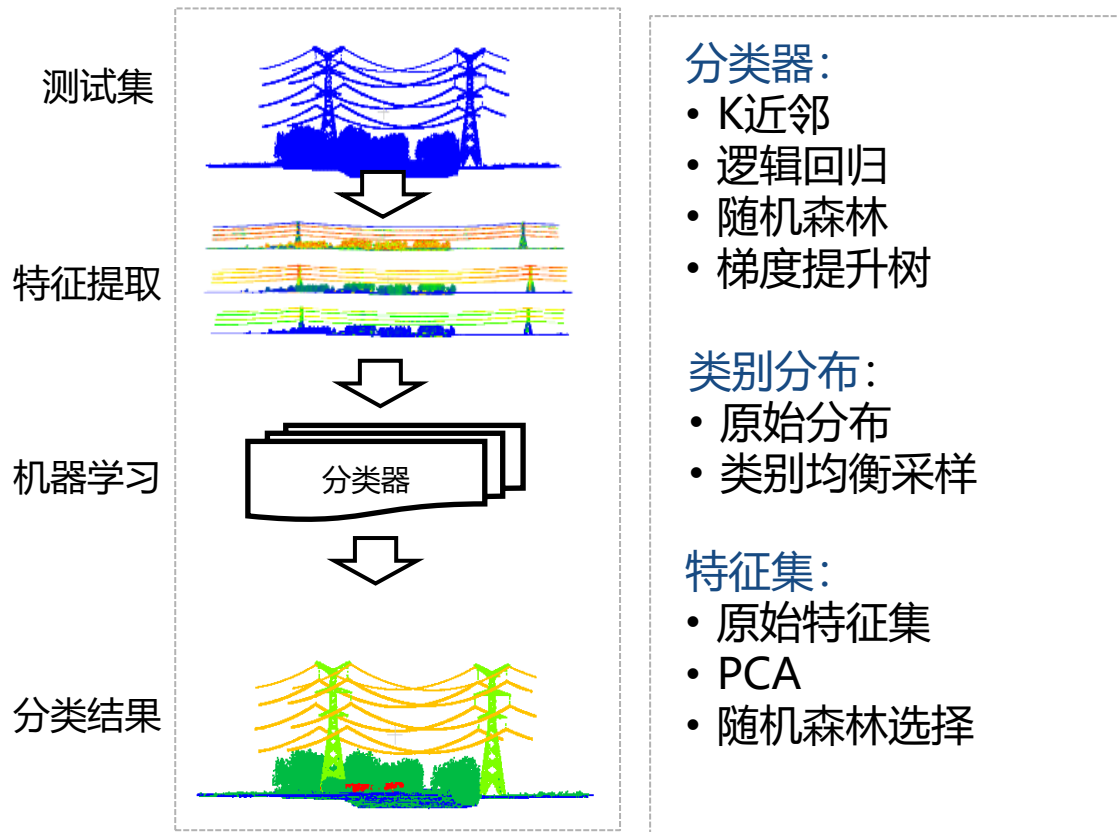




## 3.6 LiDAR电力巡线

### □ 电力走廊全要素激光点云分类

针对电力走廊激光点云高精度分类，确定了由**随机森林**分类器、原始类别分布和完整的特征集组成的最优分类算法，5类地物的平均分类精度达**88.1%**。



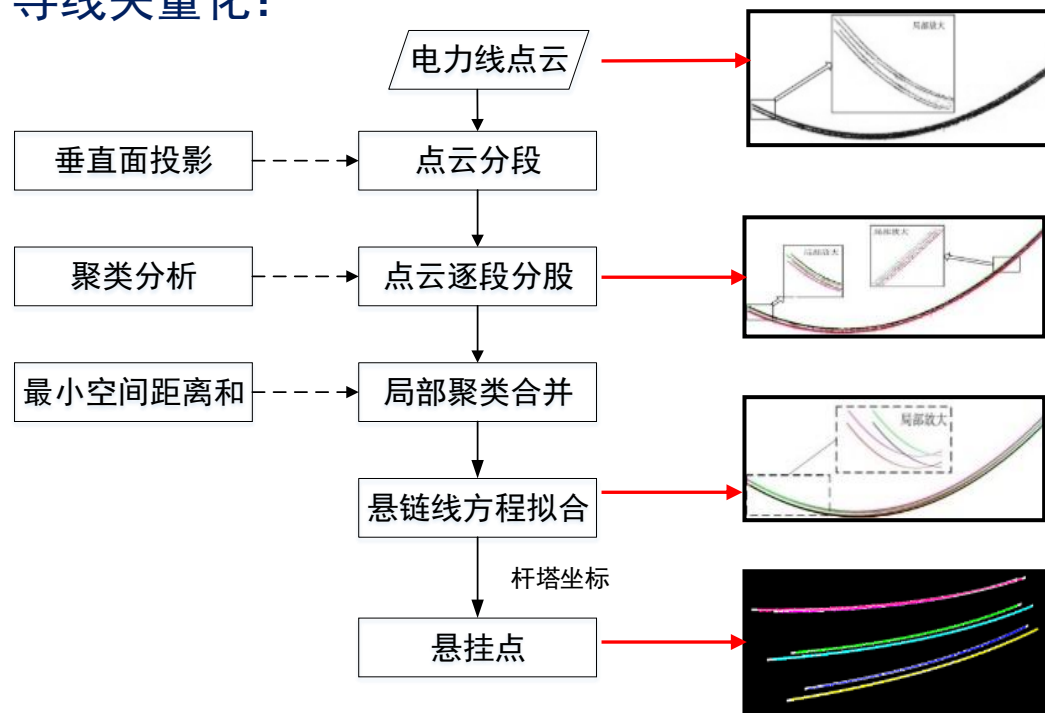


## 3.6 LiDAR电力巡线

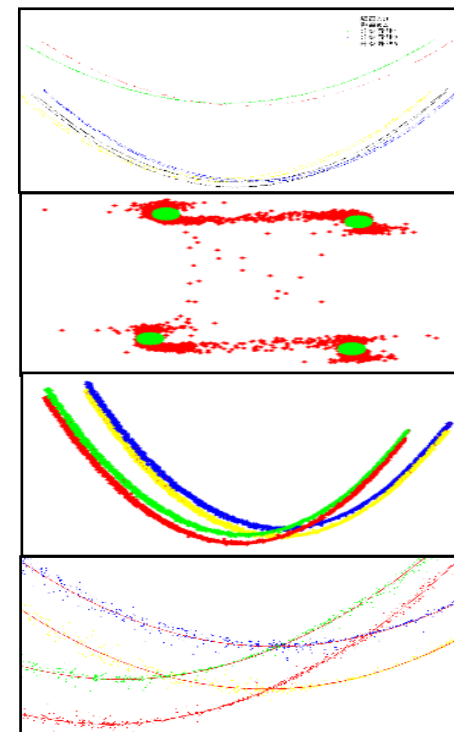
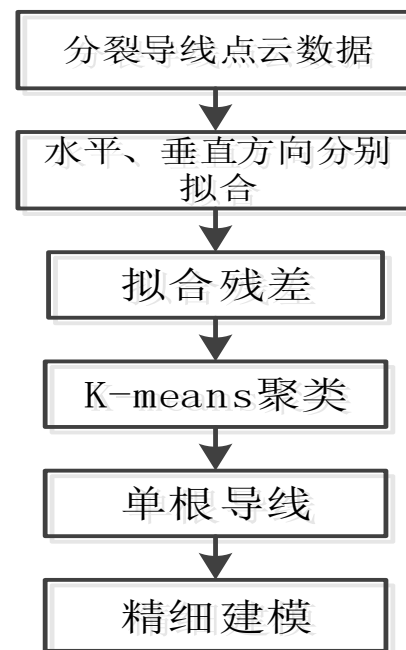
### □ 电力线三维建模

从离散电力线点云中提取电力线的数学表达，获取其**三维矢量数据**，实现导/地线识别、单根导线挂点位置、弧垂分析，以及分裂导线矢量化。

导线矢量化：



分裂导线矢量化：

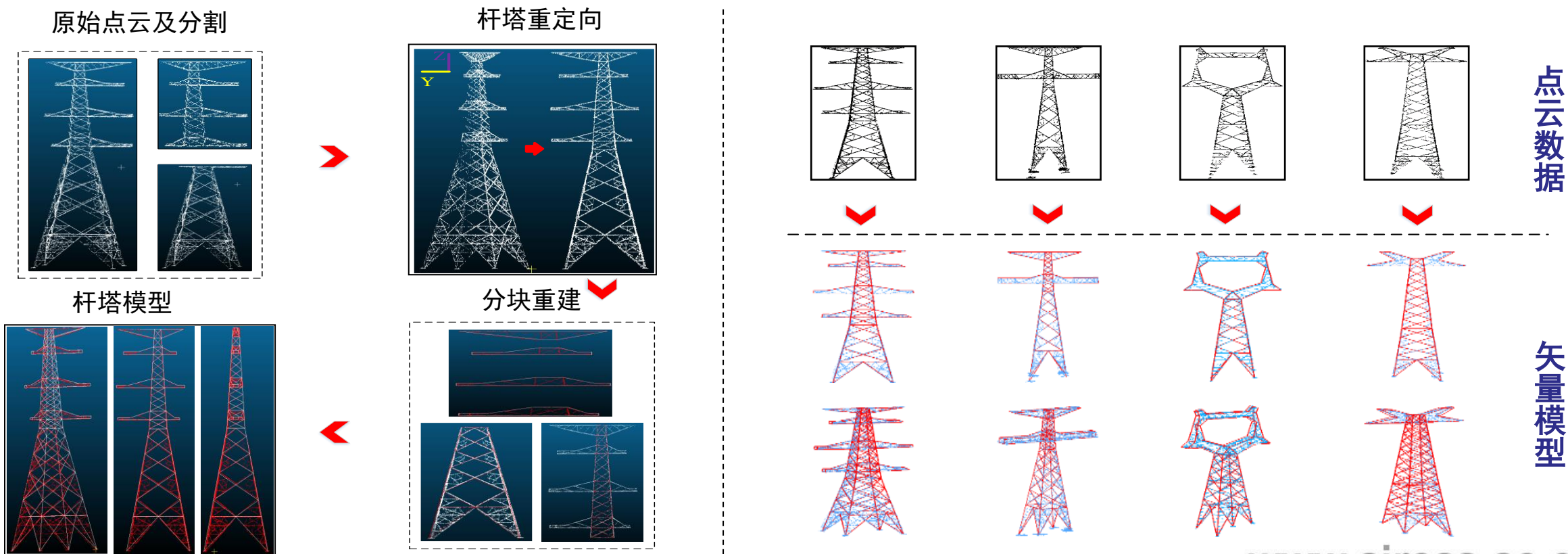




## 3.6 LiDAR电力巡线

### □ 电力塔三维建模

提出**基于抽象模型驱动的杆塔精细化建模方法**，误差低至20cm，速度为2.2秒/塔，进一步可用于杆塔形变分析，已应用国家电网1万公里输电线路。

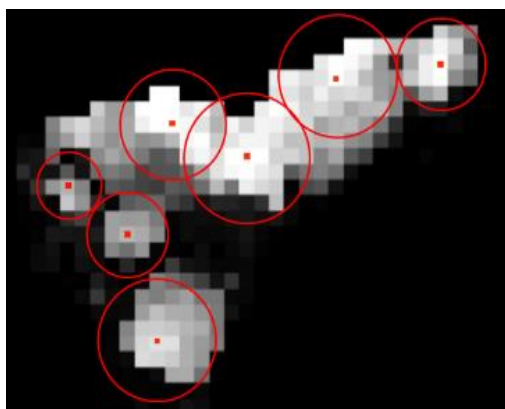
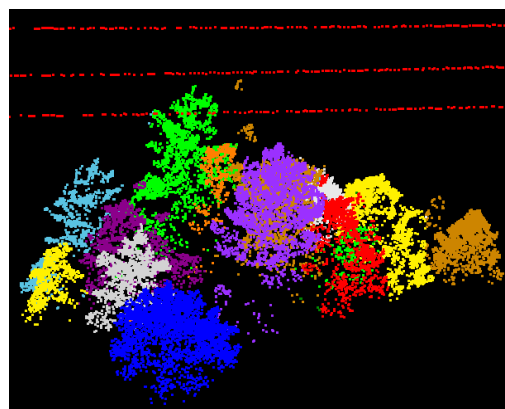
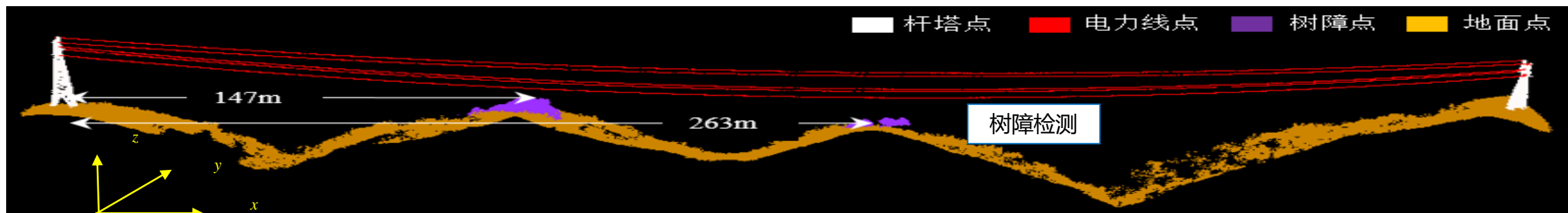




## 3.6 LiDAR电力巡线

### 危险树木数量估算

提出基于激光点云的**电力廊道危险树木数量估算方法**。基于精细分类后点云，在树障隐患区进行单木分割和危险树木判别，从而实现危险树木精准检测与单木数量估算，其精度**优于90%**。



方法	基于CHM的方法			基于点云的方法		
	R	P	F	R	P	F
精度	89.4%	92.3%	90.8%	91.5%	93.1%	92.3%



# 报告内容



**01 /点云处理软件研制进展**

**02 /点云魔方软件介绍**

**03 /点云数据处理关键技术**

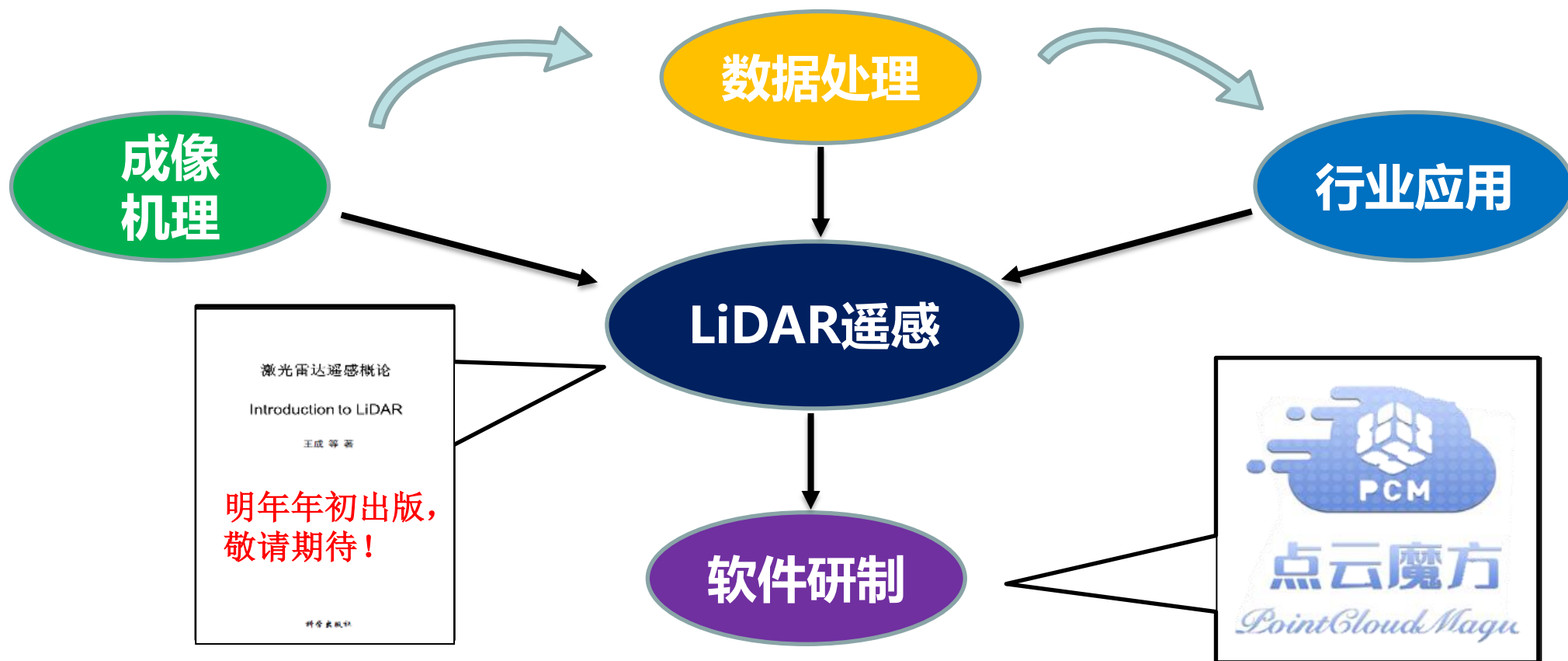
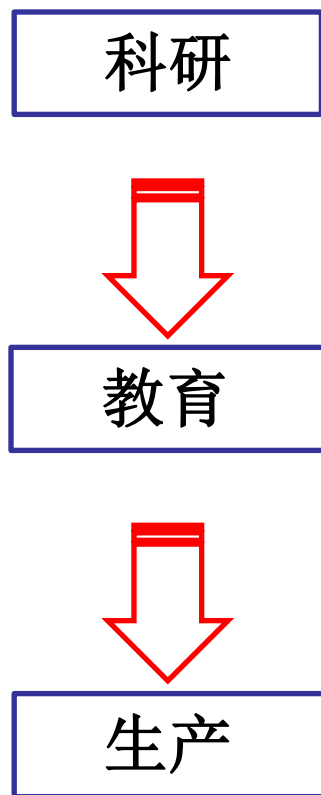
**04 /总结与展望**





## 4. 总结与展望

课题组成员**十余年**工作积累，基本完成了“**成像机理-数据处理-行业应用-软件研制**”LiDAR遥感全过程研究，形成**产学研有机结合**的工作模式。





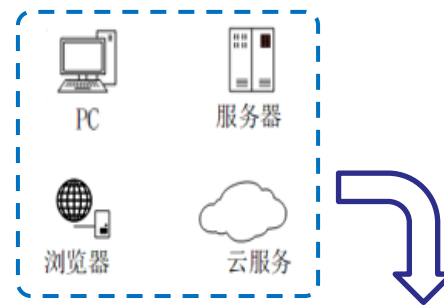
# 4. 总结与展望

## 扩展软件制图功能

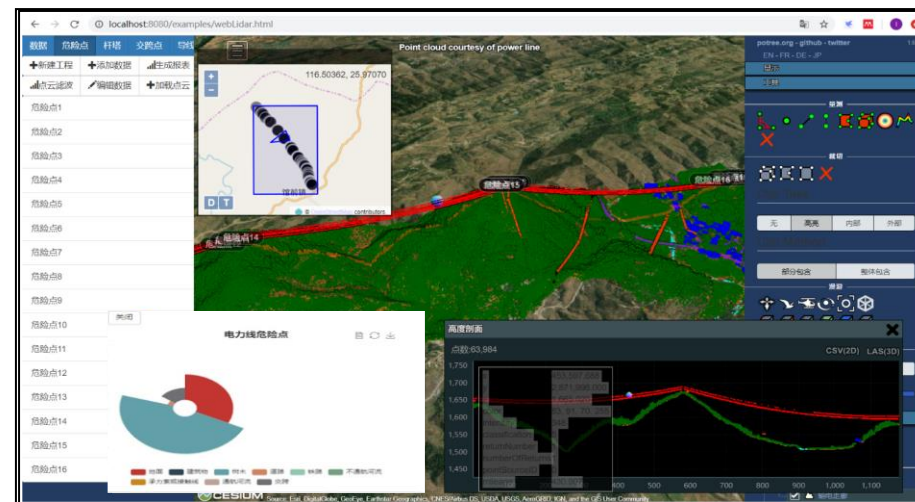
L	I	G	H
clev_AIH_1	clev_AIH_5	clev_AIH_1	clev_AIH_2
15	28	60	651
31	118	405	860
2	105	910	1508
0	49	121	482
14	171	585	1258
11	101	105	1466
11	94	134	1450
5	43	121	385
3	24	56	1107
16	97	176	1602
11	54	429	1479
1	22	88	1208

ArcGIS  
MapInfo  
MapGIS

## 研制B/S架构的点云数据处理平台



## 支持软件多语言二次开发

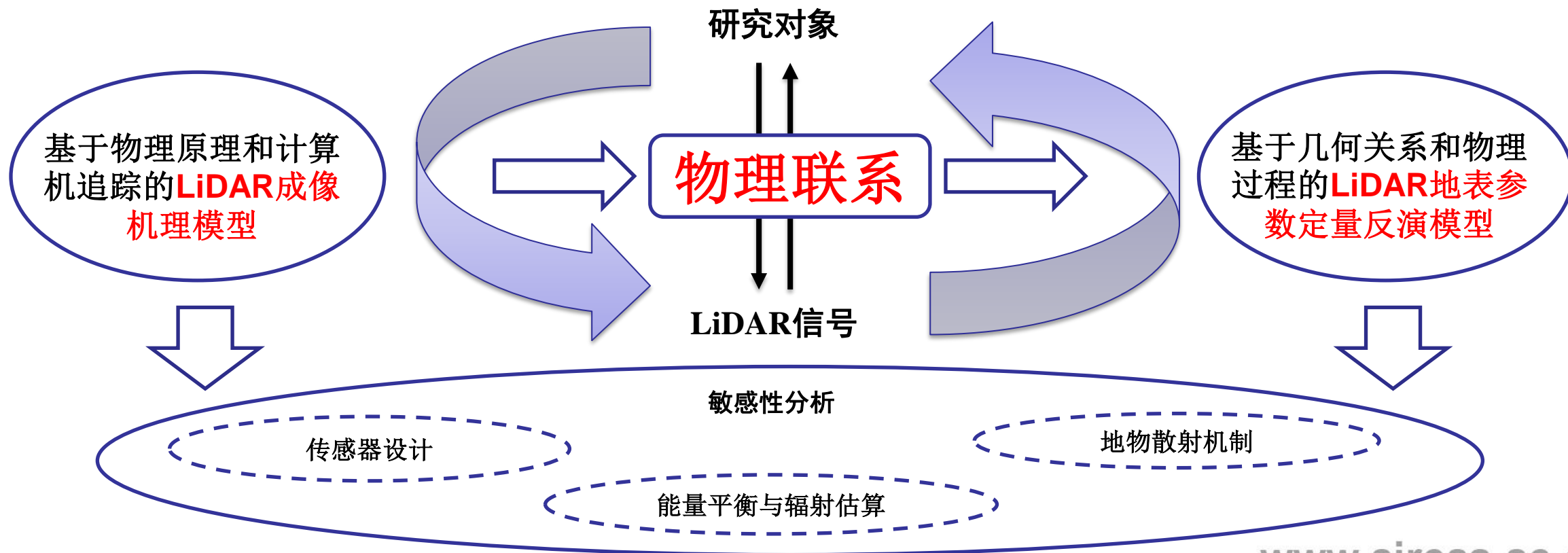




## 4. 总结与展望

### □ 提升LiDAR定量化水平

当前LiDAR算法多利用其几何信息，普遍忽略**辐射信息**。深入探索地表辐射特性、空间结构与LiDAR平台观测间的物理联系，是提高**LiDAR定量化处理与应用水平**的关键。

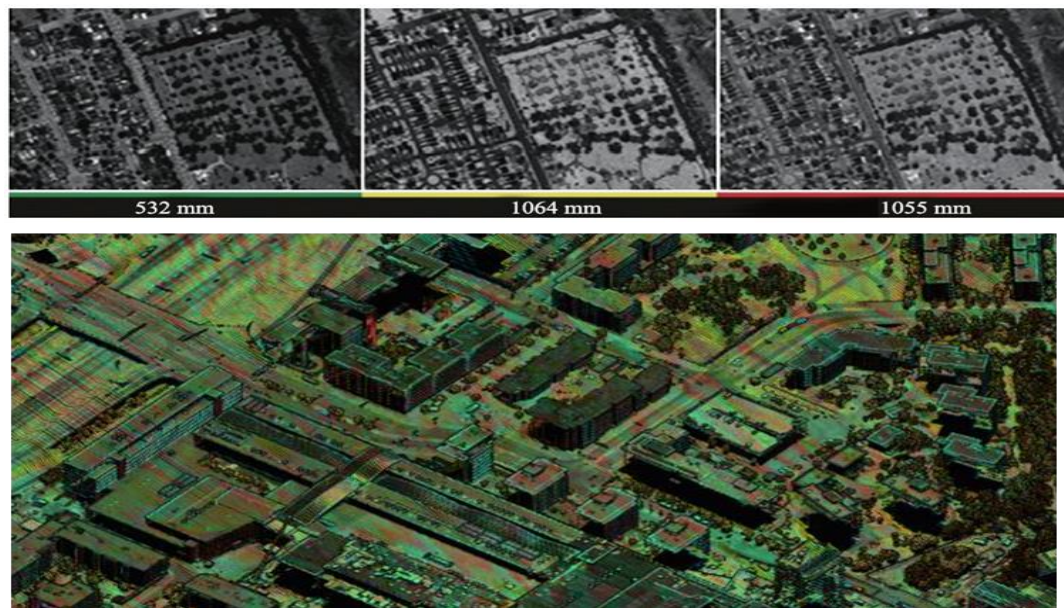
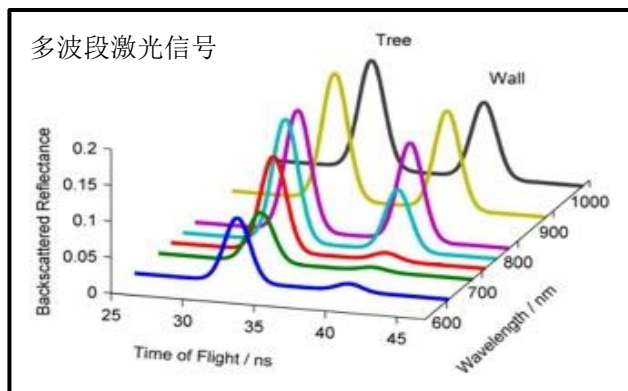
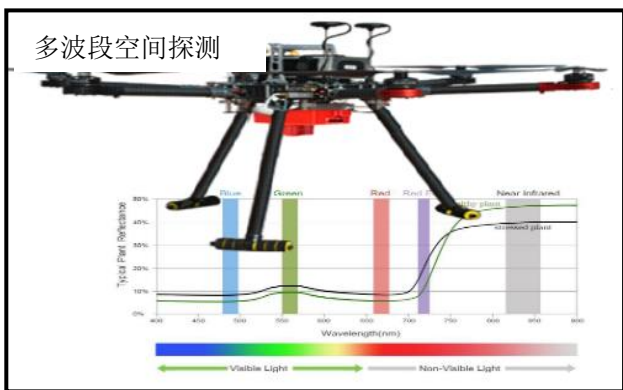




## 4. 总结与展望

### □ 适应新型LiDAR技术发展

**多/高光谱LiDAR**兼具空间三维与光谱信息一体化探测能力，已成为当前对地观测领域国际前沿发展方向。为更好挖掘其潜力，需开展针对多/高光谱LiDAR数据的处理与应用方法研究。



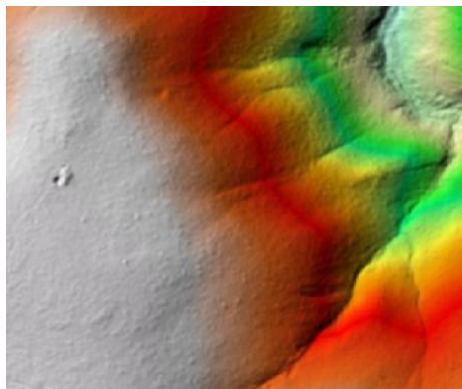
随LiDAR技术的发展而**不断进步**，研发相应的数据  
处理算法。

泰坦多光谱LiDAR点云数据

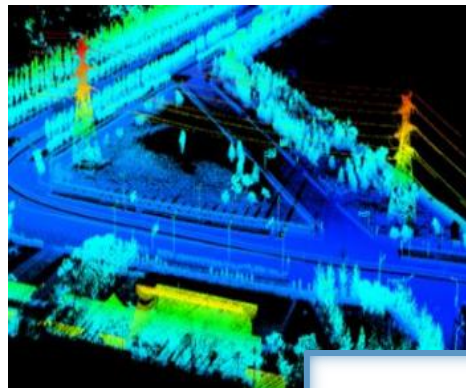


## 4. 总结与展望

### 提升各领域三维精细化管理水平



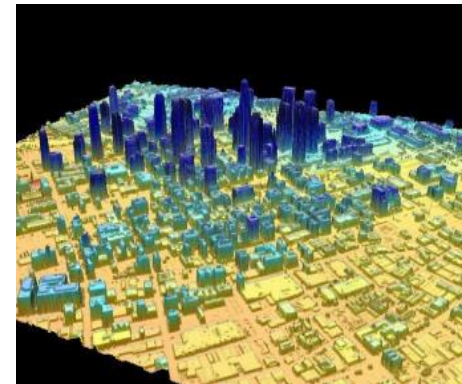
地形测绘



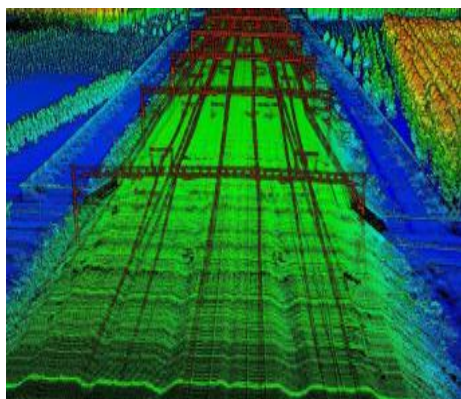
电力巡线



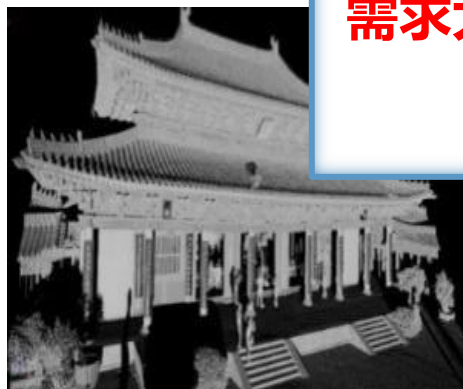
森林调查



BIM应用

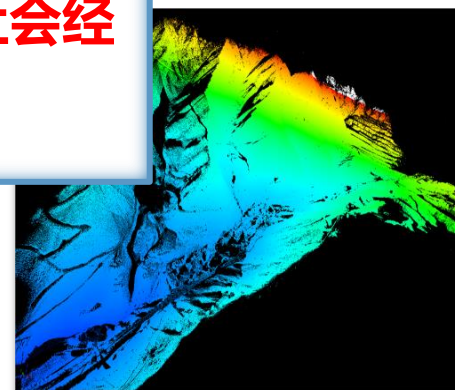


轨道监测

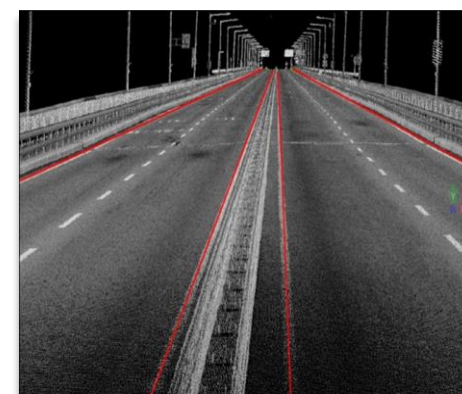


文物保护

**激光雷达技术应用行业多、需求大，将产生巨大社会经济效益**



灾害评估



智能驾驶



点云魔方公众号

# 谢谢!

中国科学院空天信息创新研究院

[www.aircas.ac.cn](http://www.aircas.ac.cn)



点云魔方QQ交流群

