



# 林业遥感中的基础理论问题 ——林业定量遥感

黄华国 教授

北京林业大学林学院森林经理学科

[Huaguo\\_huang@bjfu.edu.cn](mailto:Huaguo_huang@bjfu.edu.cn)



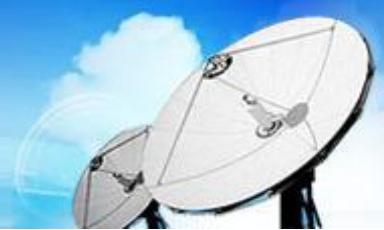
北京林业大学

# 主要内容

1. 遥感在森林经理中的地位
2. 为什么要瞄准基础理论问题
3. 林业定量遥感的体系
4. 我们团队的实践
5. 林业定量遥感的未来

Forest Ecosystems期刊介绍

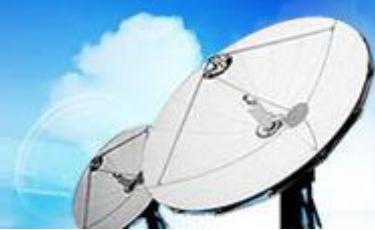
# 1. 遥感在森林经理中的地位



You can't manage what you don't measure

— Peter F. Drucker

- 森林经理
- 测树学（抽样）
- 林业遥感



# 1.1 林业遥感的困境和转机

- 森林经理学科的危机和转机
- 林业遥感的尴尬地位
  - 边缘化：替人打工，锦上添花，难以业务化
  - 简单化：分割分类、NDVI走天下
  - 大众化：培育、生态、保护区、环境、水保
- 历史借鉴：美国地理学科对遥感
  - ✓ 拒绝遥感会消亡，融合遥感再辉煌

# 《林业发展“十三五”规划》

- 综合应用遥感和样地调查技术，完善森林资源与生态状况、造林地监测系统，积极探索按年度或动态发布调查监测成果。
- 深化遥感、定位、通信技术全面应用，构建**天空地一体化监测预警评估体系**，实时掌握全国生态资源状况及动态变化，及时发现和评估重大生态灾害、重大生态环境损害情况。



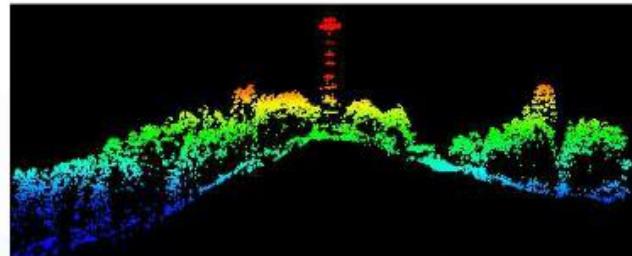
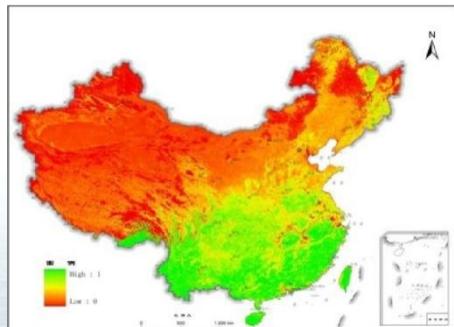
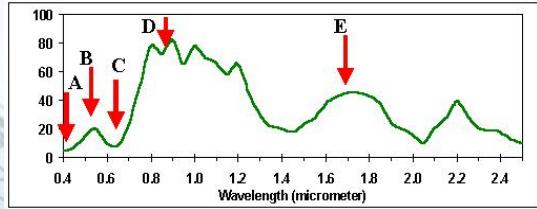
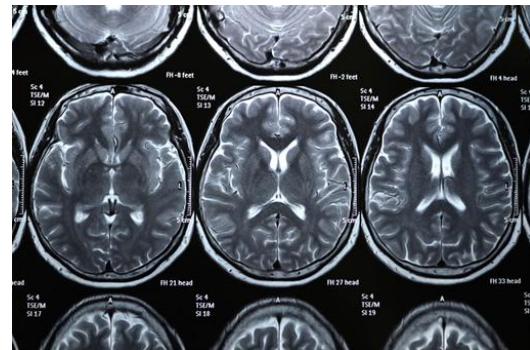
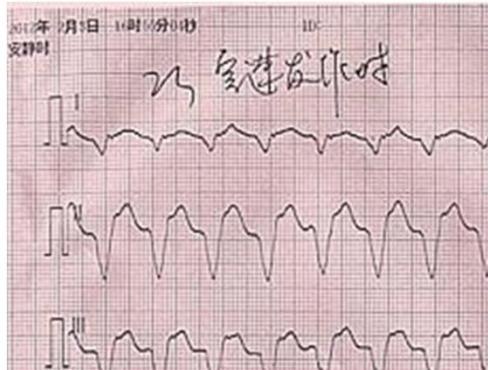
# 《林业发展“十三五”规划》

- 推进**林业卫星应用**，建设卫星数据和产品管理设施，建立卫星综合实验场和真实性检验站，构建机载平台和机载系统。
- 加强森林、湿地、荒漠及生物多样性监测预警评估体系建设，综合应用**无人机**、**北斗定位**、**自动传感**、**无线传输**、**人工智能**等设施设备。

# 1.2 林业遥感的定位



- 遥感是经理测量的重要工具，是林业中的体温计、心电图、B超和CT
- 调查和诊断：早发现，早诊断，早治疗



# 1. 3 林业遥感的使命



- 为森林质量精准提升提供支撑
  - Remote Measure for management
  - Improve old metrics: 精准、实用
    - 蓄积量、生物量、分类、面积
  - Discover new things:
    - new metrics: 新的指标体系
    - new algorithms: 新算法、新模型、大数据
    - new sensors: 便携式观测仪器

## 2. 为什么要瞄准基础理论问题

➤ 相比其他行业，林业遥感应用成熟度不足

- 气象遥感：业务化运行最好（风云系列）
- 国土遥感：变化缓慢，高空间分辨率就行
- 农业遥感：低矮均匀、易观测、资金雄厚
- 林业遥感：高大异质、多云雨、观测难、公益

➤ 两大硬伤：

- 总体精度不高（70-90%）
- 可供业务化的卫星数据不足

## 2. 为什么要瞄准基础理论问题

- 深入机理，才能解释和突破精度难题
- 建立模型，为定量反演提供模拟平台
- 提前预研，探索前沿推进前瞻布局

## 2. 为什么要瞄准基础理论问题

### 2. 1 深入机理，逐步攻克精度难题

- ✓ 复杂地表问题：地形、混合像元
- ✓ 信息饱和问题：高生物量饱和
- ✓ 病态反演问题：欠定方程
- ✓ 多角度问题：BRDF效应
- ✓ 尺度效应问题：不同传感器结果不一致
- ✓ 多波段协同问题：光学和微波的协同

夕阳方照桃花坞

柳絮飞来片片红

横看成岭侧成峰  
远近高低各不同  
不识庐山真面目  
只缘身在此山中

草色遥看近却无



## 2. 为什么要瞄准基础理论问题

### 2. 2 建立正演模型，为反演提供基础

- 高光谱模拟：明晰最优波段、分辨率，探明树种分类潜力；
- 光学成像模拟：明晰地形、混合像元的误差；分析尺度误差
- 热红外成像模拟：分析干旱、病虫害的影响
- 激光雷达波形模拟：明晰光斑大小、角度、多次散射等带来的树高估计误差
- BRDF模拟：发掘提取树高的潜力
- 微波成像模拟：探求光学和微波的协同



## 2. 为什么要瞄准基础理论问题

### 2.3 提前预研，探索前沿

- 林业遥感究竟需要什么新传感器？
  - 穿透能力强的数据：微波极化干涉雷达
  - 垂直结构探测：星载激光雷达
  - 树种分类：高空间高光谱卫星（GF-5）
  - 单木探测：高分数据偏远林区少
- 现有数据潜力如何挖掘？
  - 信息量的极限在哪里？
  - 怎样融合互补？怎样去掉干扰因素？



### 3. 林业定量遥感体系

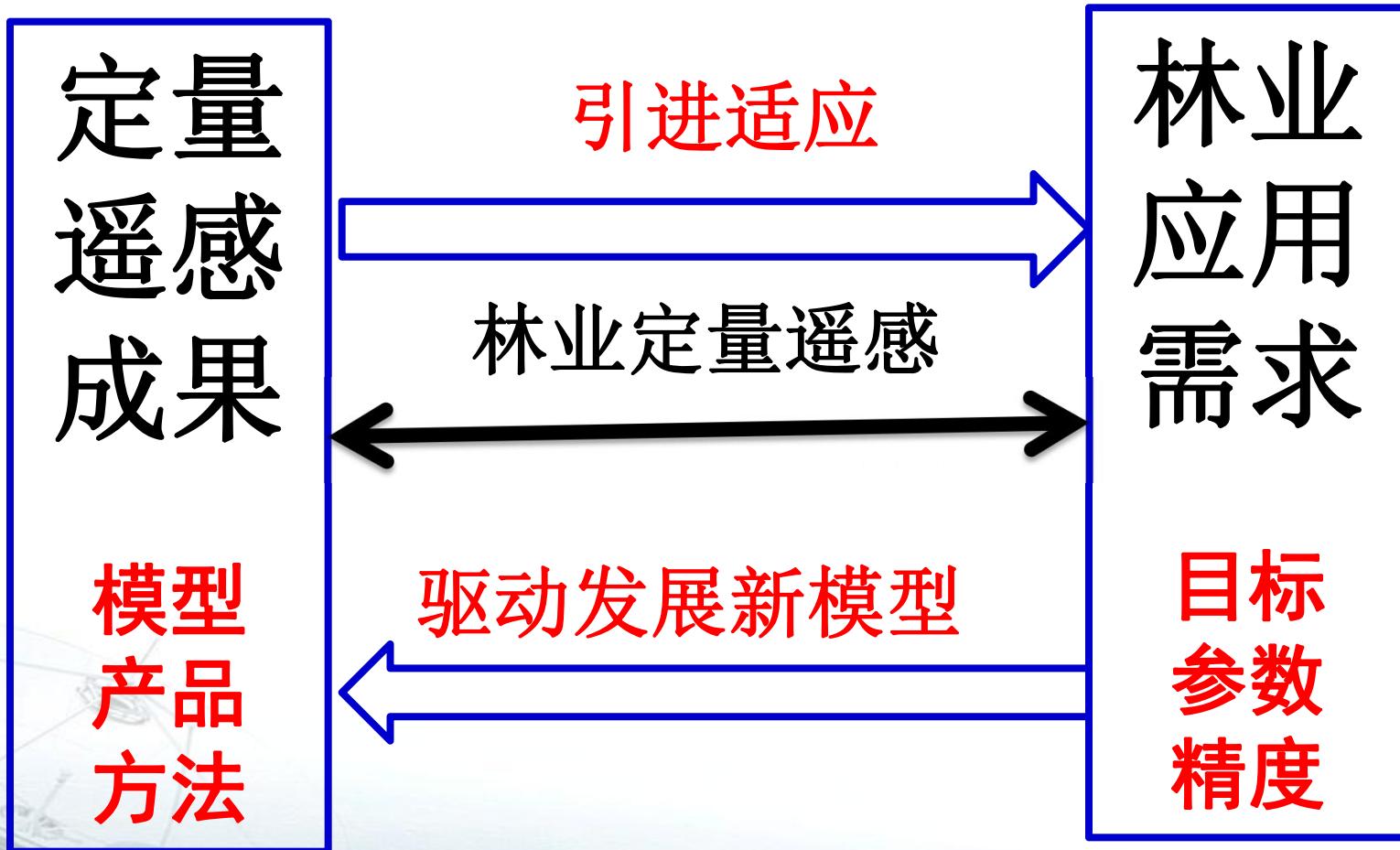
- 建立基本框架：定量遥感+林业应用
- 提出科学问题：需求导向
- 挖掘现有资源：立足现有资源，逐步完善





# 3. 林业定量遥感的体系

## 3.1 基本框架



## 3.2 关键科学问题

需求导向

问题明确

解决思路

森林质量现状和预警

蓄积量

面积

生物量

胁迫干扰

多样性

精度低

时效差

数据单一

新传感器  
(增加信息量)

多产品融合  
(增加信息量)

先验知识  
(约束条件)

训练样本  
(样地网络)





## 解决思路

新传感器  
(增加信息量)

多产品融合  
(增加信息量)

先验知识  
(约束条件)

训练样本  
(地面调查)

## 科学问题

需要什么样的传感器？

每种产品的信息贡献比？

怎样融合多源数据？

不同分辨率如何统一？

能否改进产品？

误差如何传递和控制？

如何加入先验知识？

最佳抽样方法？

测量效率能否提高？

能否自动化？

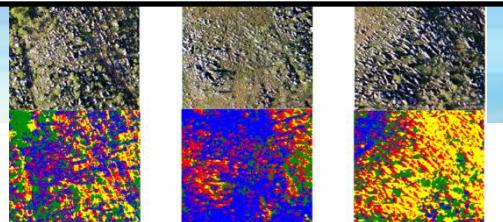
### 3.3 挖掘现有资源——丰富的多源遥感数据



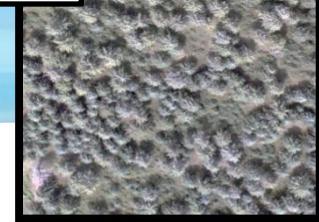
云南虫害图像  
无人机2 cm



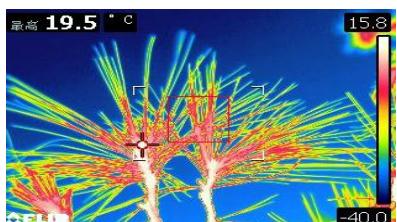
顺义共青林场林木定位  
无人机1cm



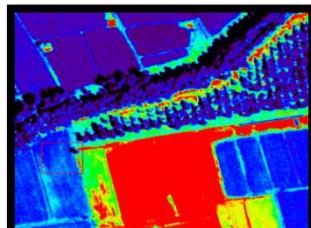
a 云南石林石漠化制图  
无人机1cm  
c



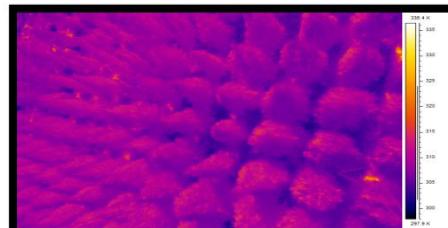
黑河青海云杉分布  
航空相片0.1米



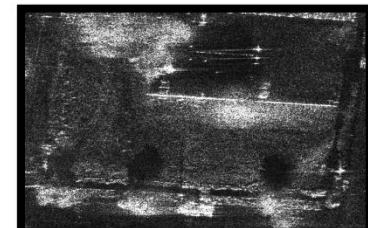
云南松针叶  
(地面FLIR热温度图像)



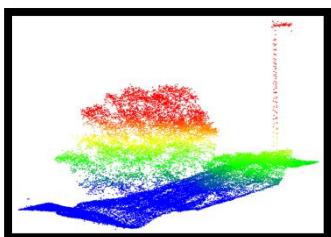
甘肃农田防护林  
(机载热红外温度图像)



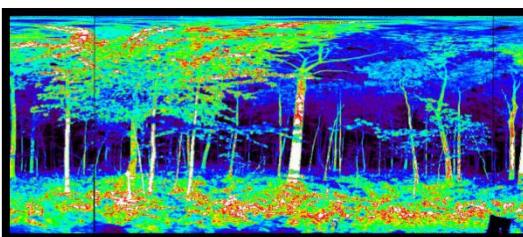
河北侧柏林  
(塔吊热红外温度图像)



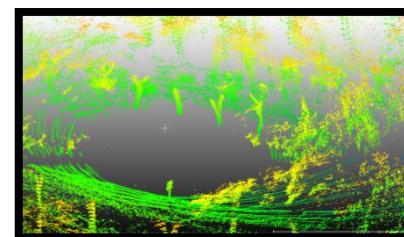
某地X波段雷达图像  
(0.1 m SAR)



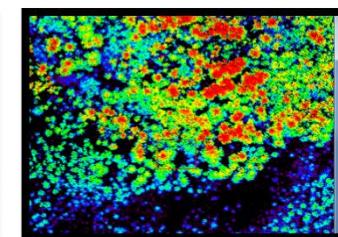
某城区单木和电线杆  
(机载激光雷达点云)



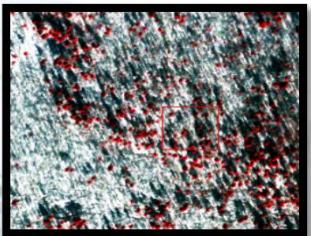
哈佛大学林场森林样地  
(地基激光雷达点云)



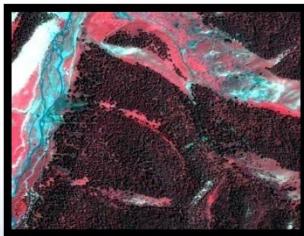
北京林业大学主楼前  
(VLP-16激光雷达点云)



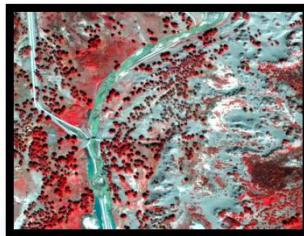
根河落叶松林  
(激光雷达提取的树高)



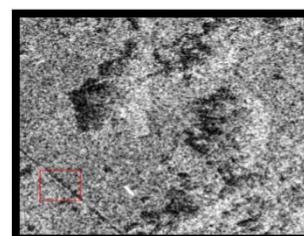
蛟河红松分布  
RapidEye卫星5米



黑河青海云杉分布  
Quickbird卫星0.6米



额济纳胡杨林  
(quickbird 2 m)



夏威夷雷达图像  
(TerraSAR 2 m)



浙江将乐林场图像  
(Worldview-2 0.5m)

### 3.3 挖掘现有资源——现有的定量遥感模型



PROSAIL = PROSPECT + SAIL

<http://teledetection.ipgp.jussieu.fr/prosail/>

ARTMO平台：

<http://ipl.uv.es/artmo/>

GOMS：几何光学模型

GORT：几何光学辐射传输混合模型

DART：三维辐射传输模型

### 3.3 挖掘现有资源——丰富的定量遥感产品



- 结构参数：树高、覆盖度、LAI，郁闭度，LAD
- 生化参数：叶绿素、含水量、荧光、蒸散

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/>

<http://landcover.org/>

<http://glass-product.bnu.edu.cn/>

# 4. 我们团队的部分实践

## ➤ 4.1 三维定量遥感模型**RAPID**:

➤ 国际领先、全波段、自主品牌

## ➤ 4.2 地面观测:

➤ LAI-Mobile快速叶面积观测

➤ 线阵激光雷达快速结构调查

## ➤ 4.3 反演尝试:

➤ 叶绿素、LAI、石漠化

# 4.1自主品牌、国际领先的三维定量遥感模型RAPID

## 同时支持光学、热红外、微波、激光雷达

<http://www.3dforest.cn/>

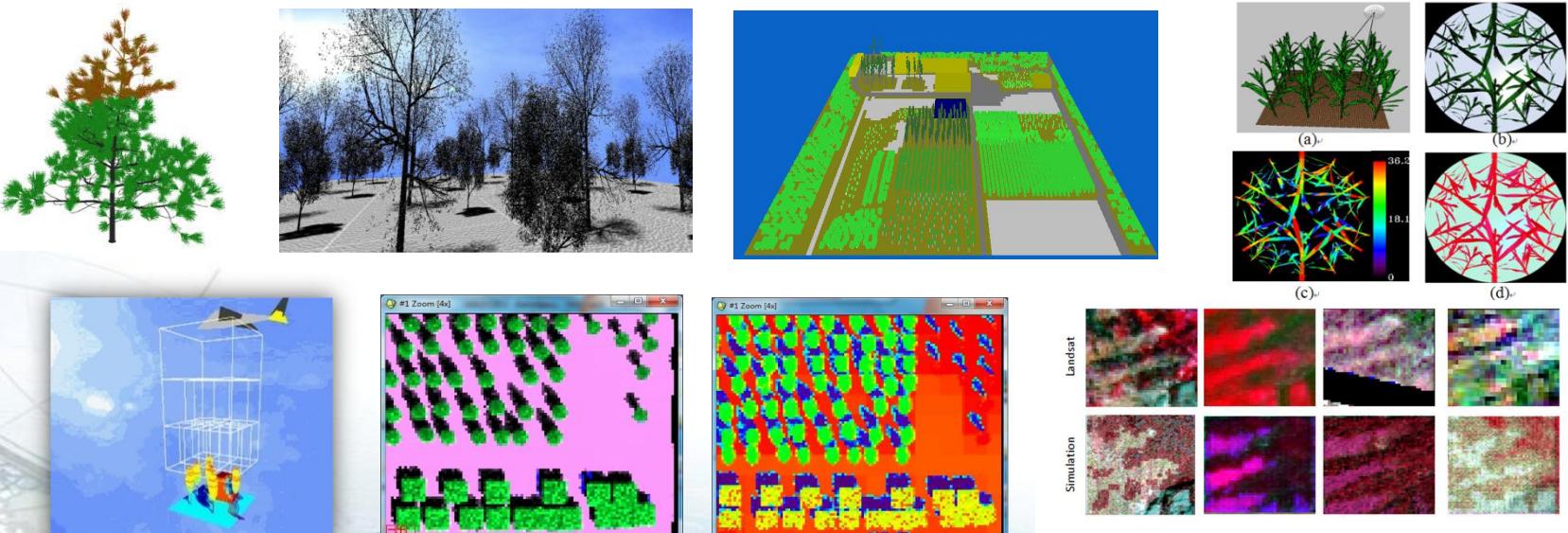
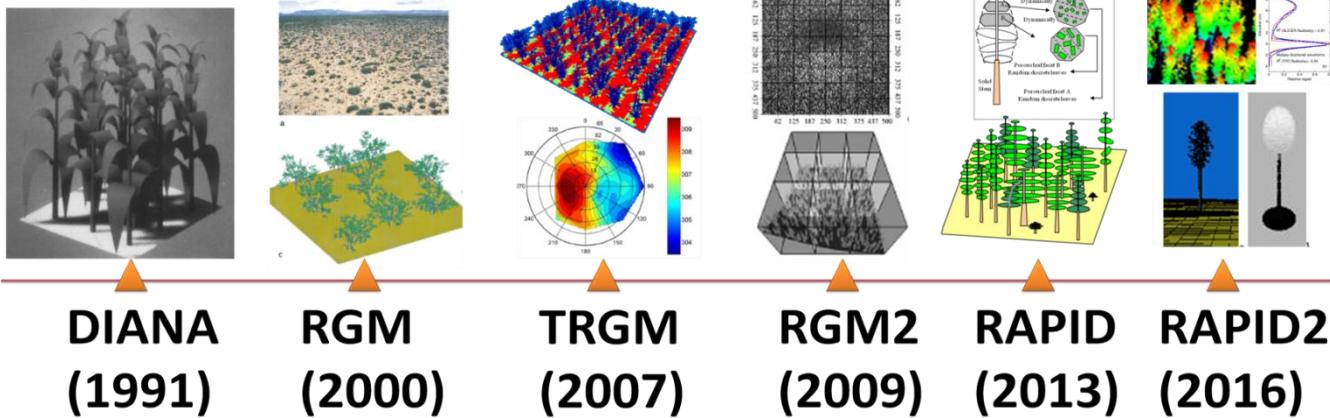


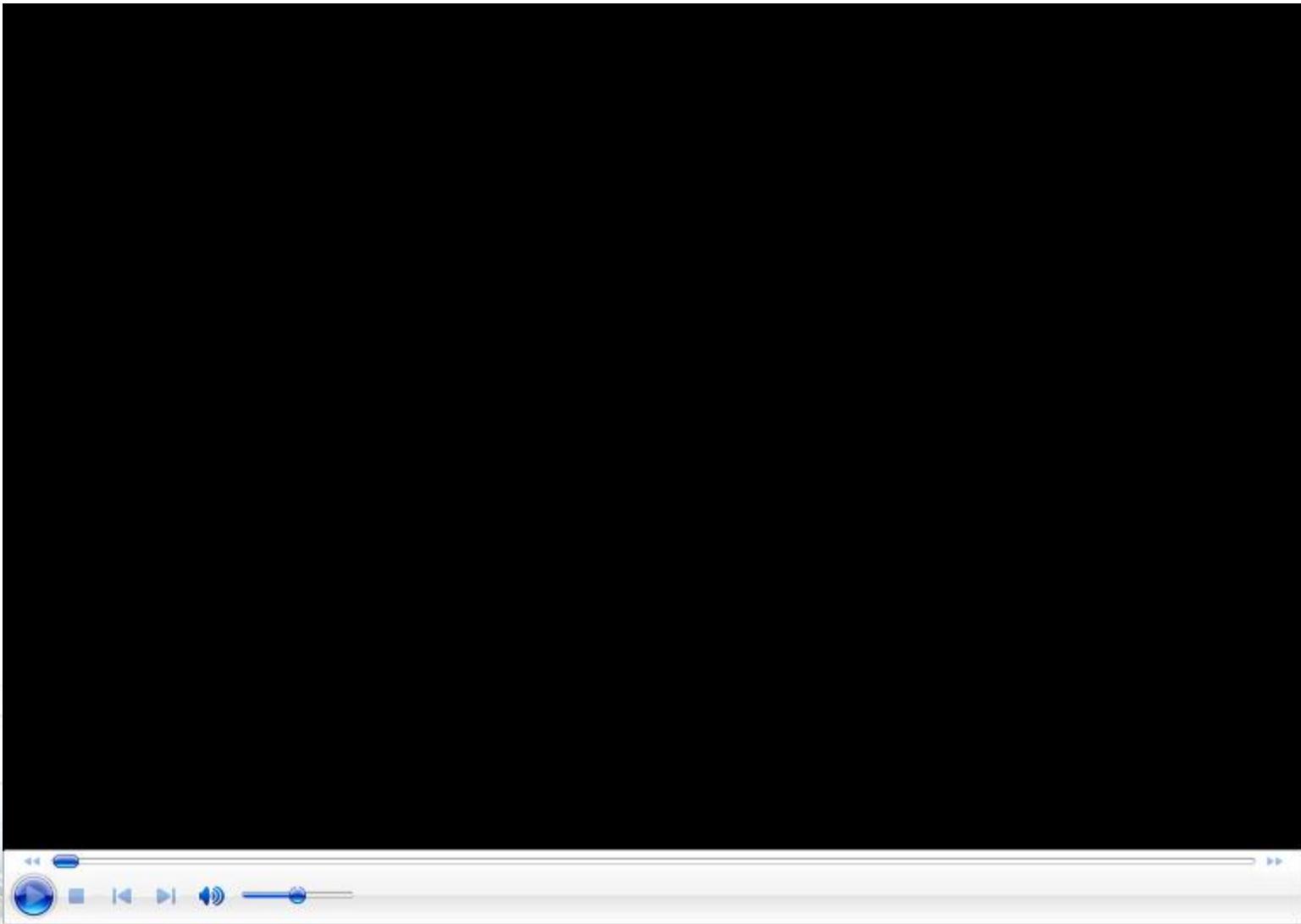
Fig. 11 Comparison between simulated and Landsat images with false color composition

	光学 (VNIR)	中红外热红外	微波
中小尺度	RGM 2000	TRGM 2007	x
林分尺度	RAPID 2013	RAPIDEB 2018	RAPID2 2016
景观尺度	RAPID3 2018	ongoing	ongoing

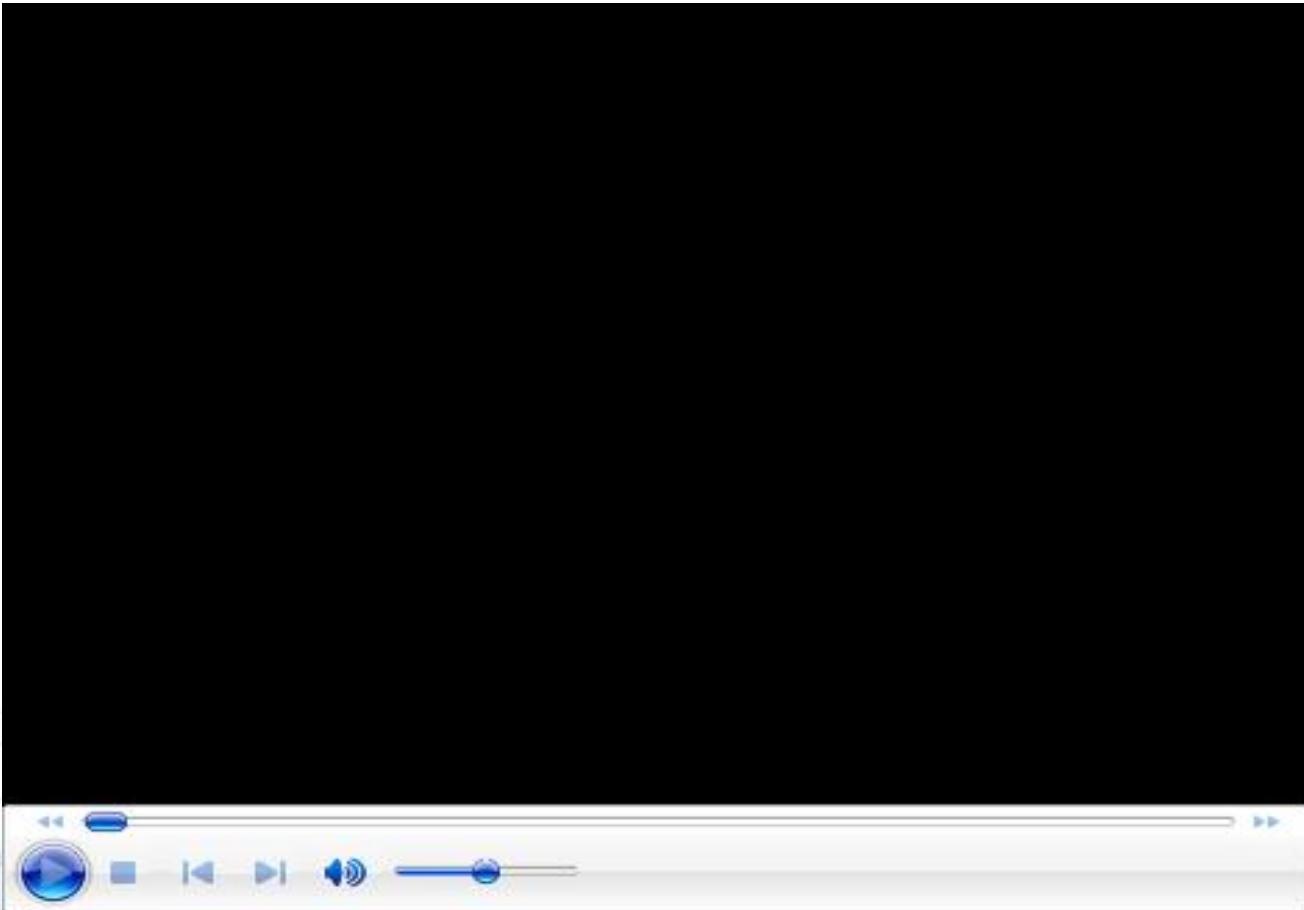
笔记本上，RAPID3可以10分钟模拟500米复杂地形多角度反射率



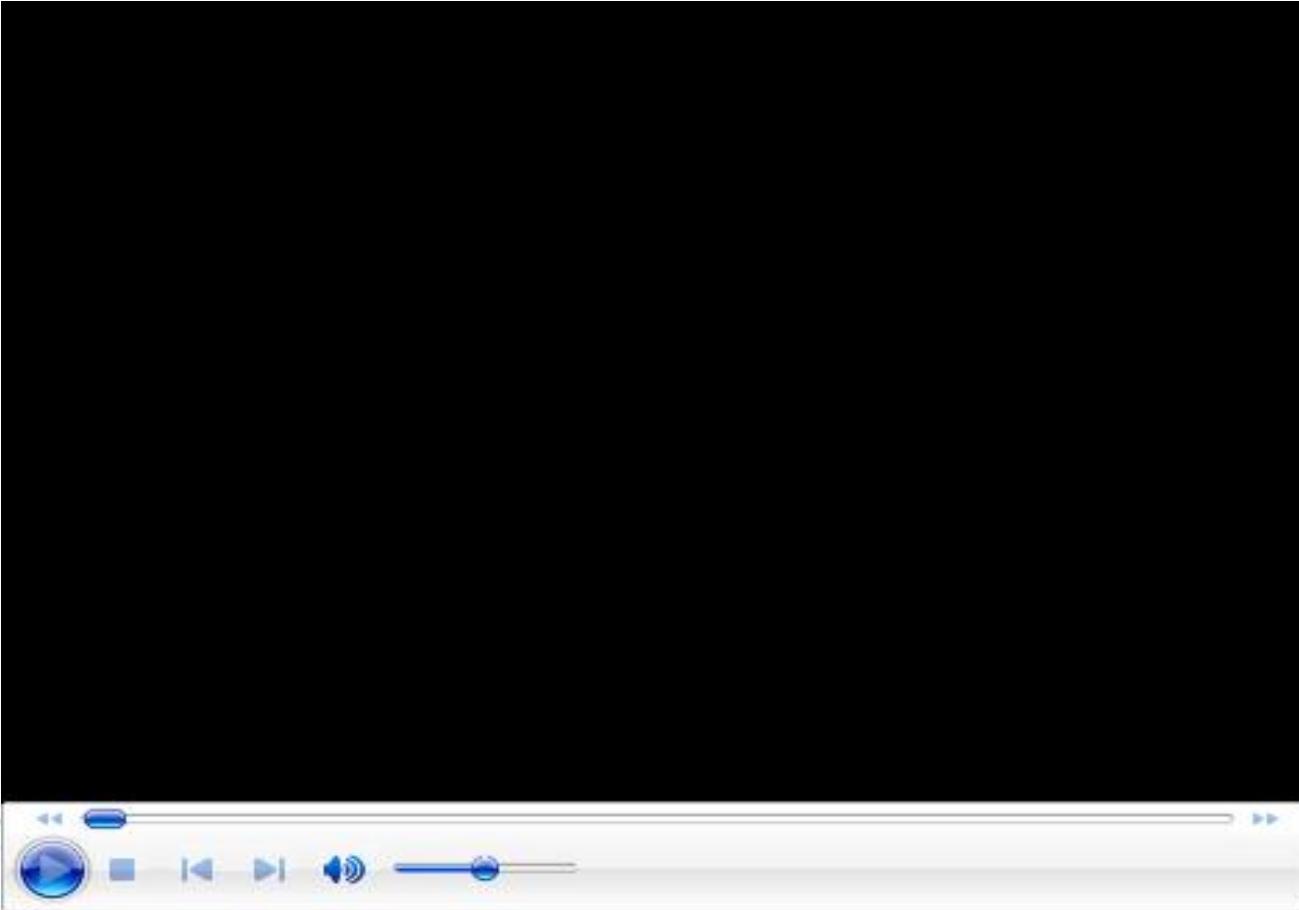
# 方便灵活的三维场景构建



# 场景生成预览

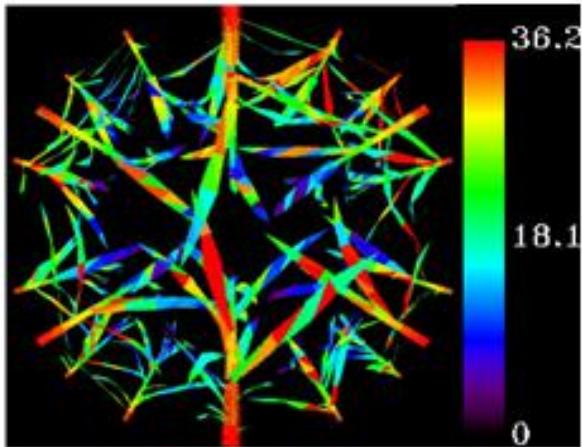
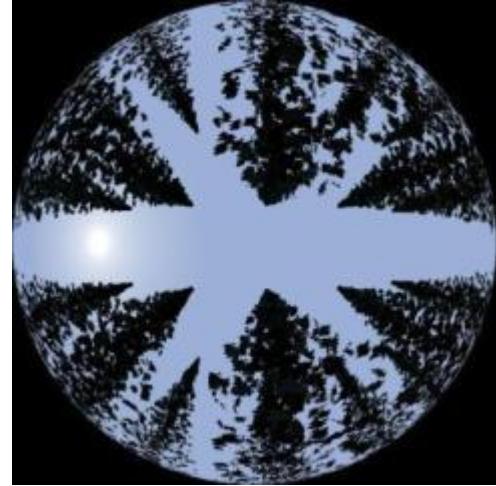
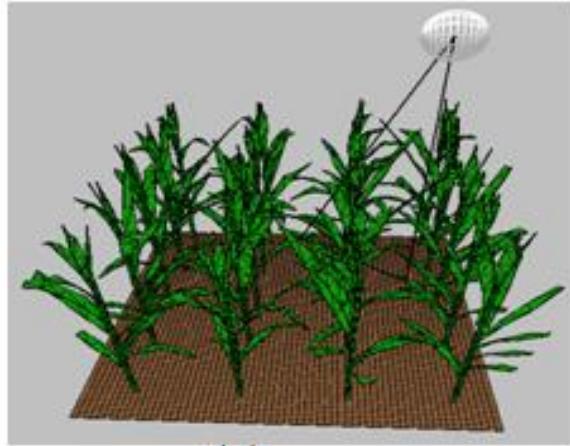


# 辐射传输结果可视化预览



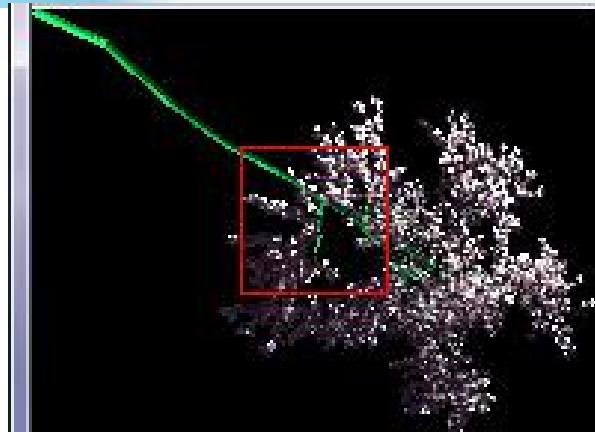
# 多传感器模拟能力

## Simulating fish-eye images in RGB, NIR, and TIR

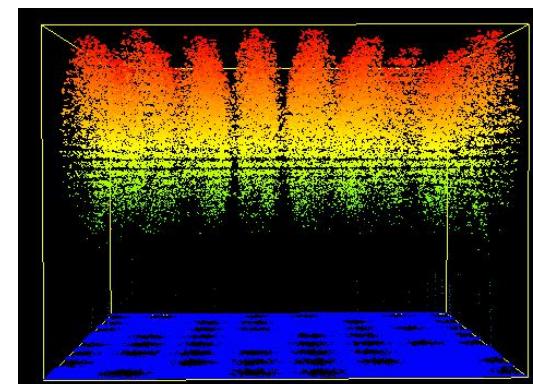
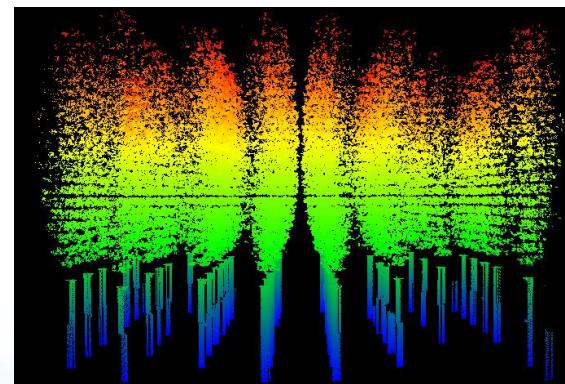
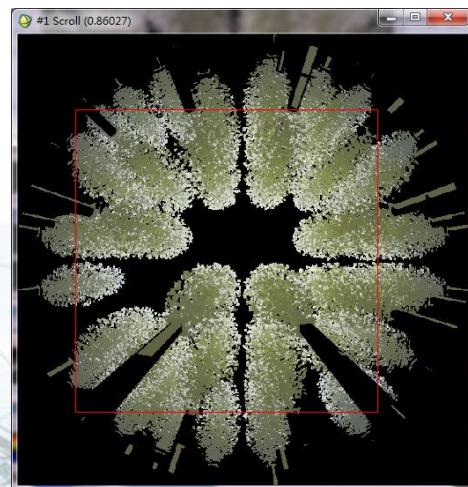
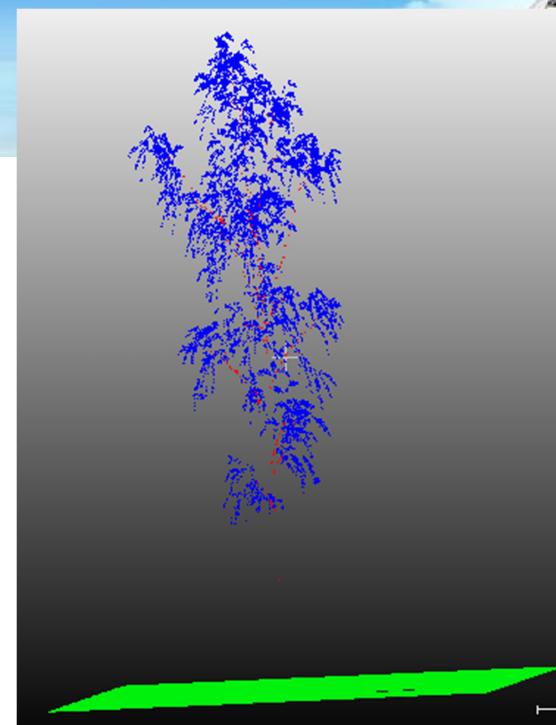
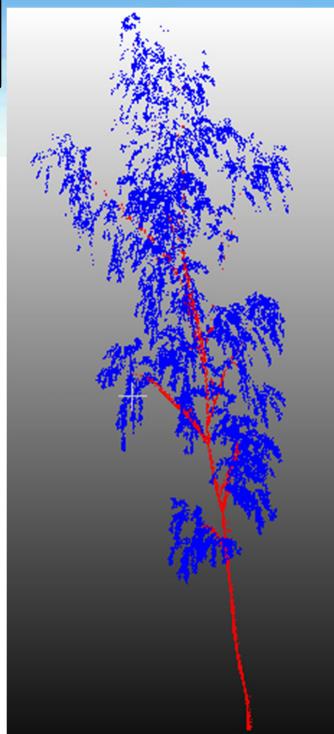




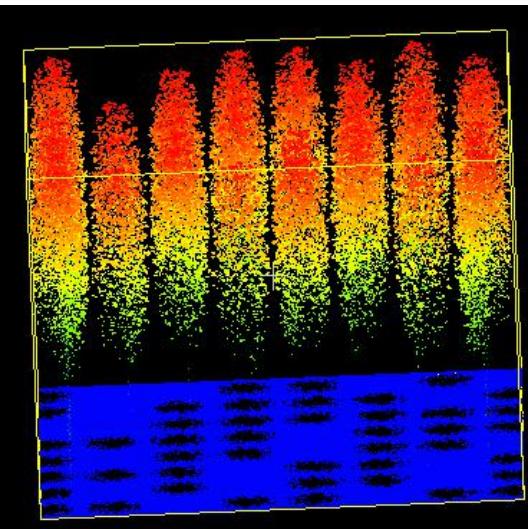
# 地基和机载的点云区别



单木的地基鱼眼图像

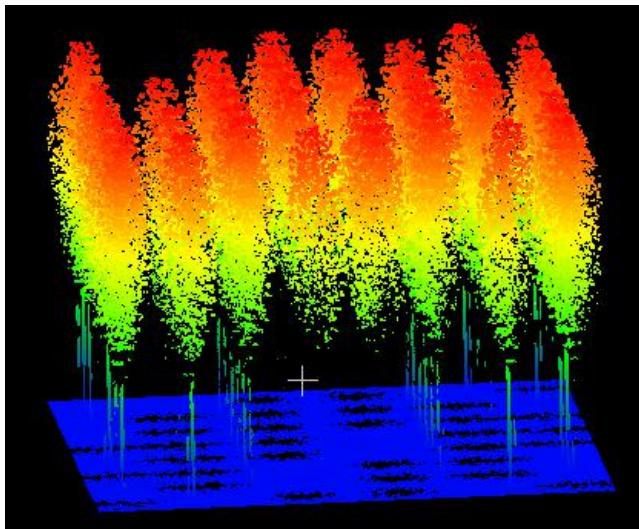


# 飞行高度（扫描角度、点云密度）的影响



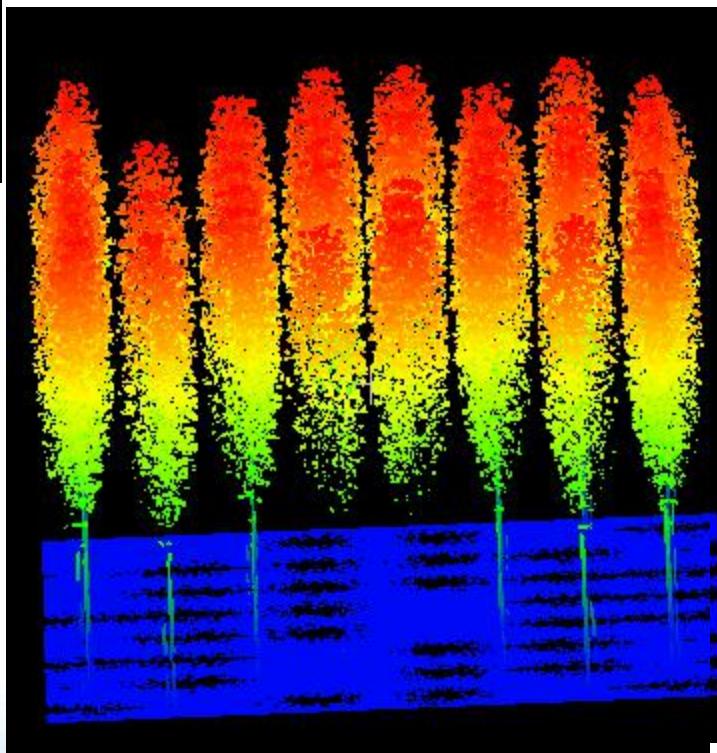
100米

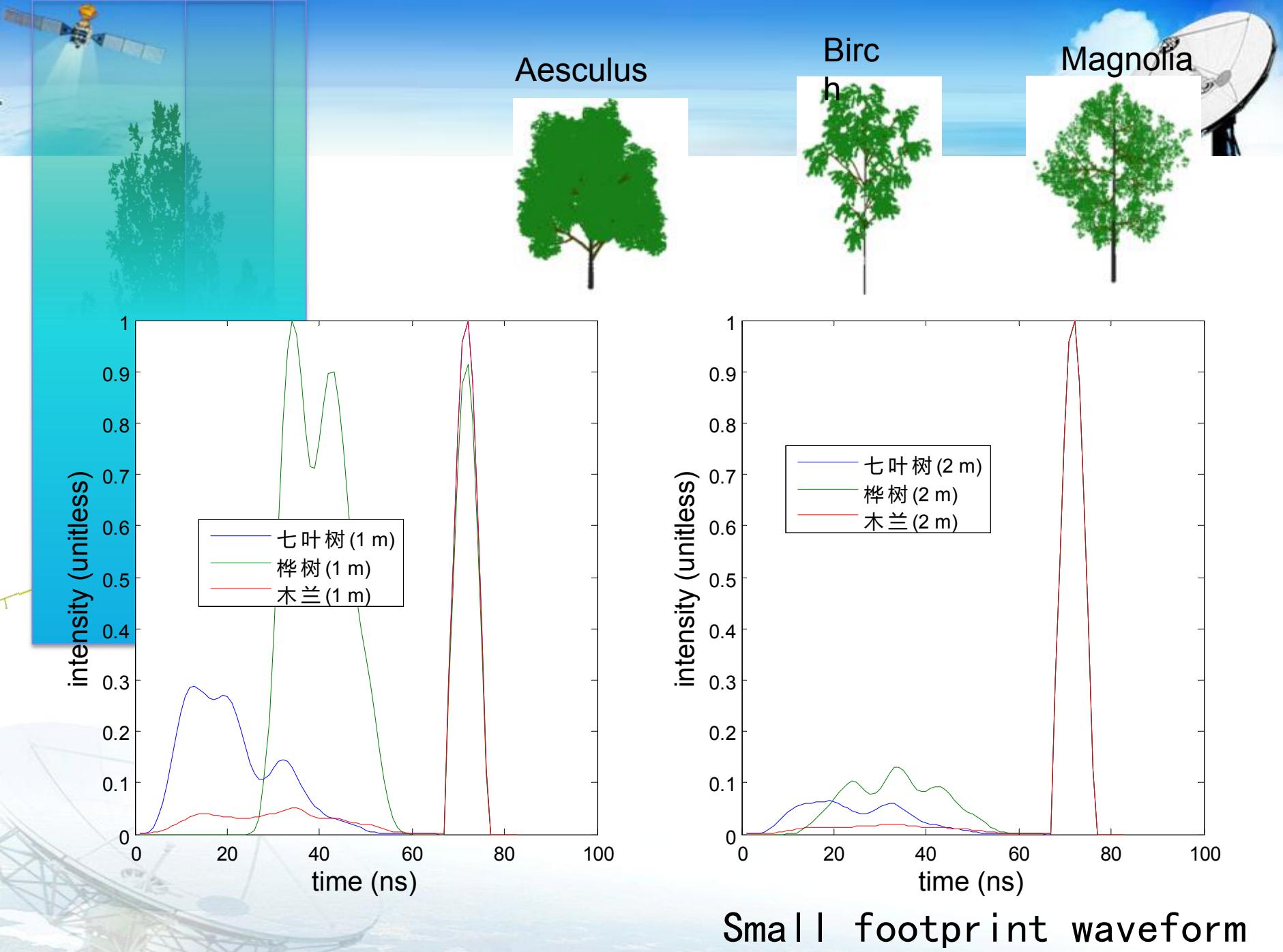
扫描角度-4到4度  
不能探测到树干  
点云密度略低



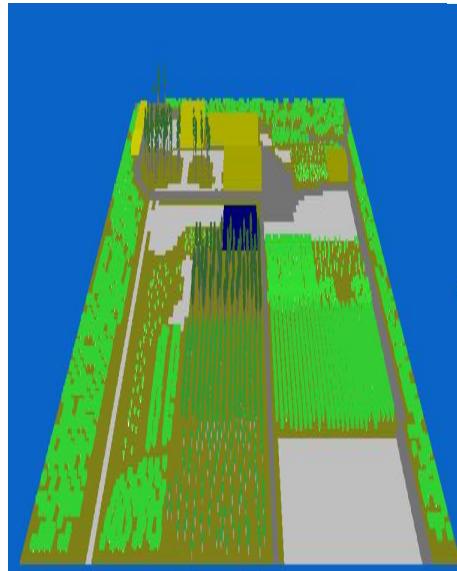
30米

扫描角度-14到14度  
能看到树干  
地面点云高

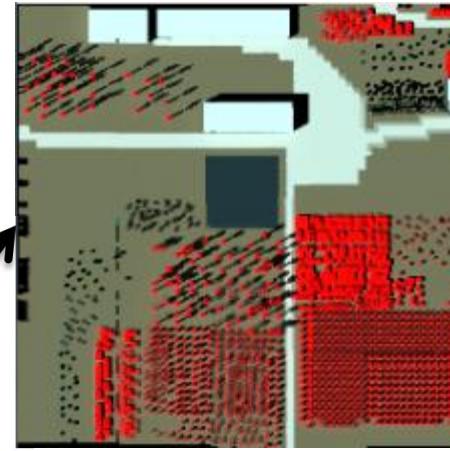




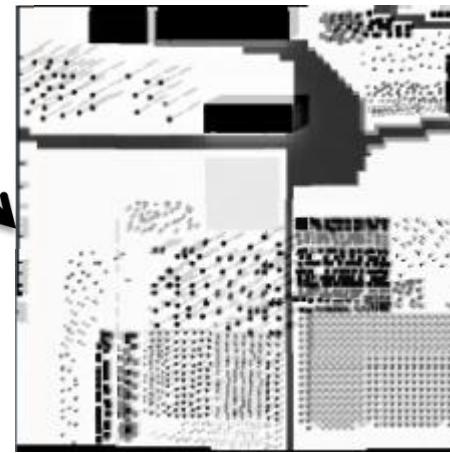
# 光学和热红外同时模拟



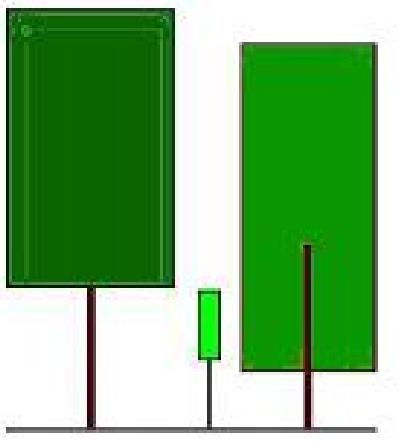
100m by 300m



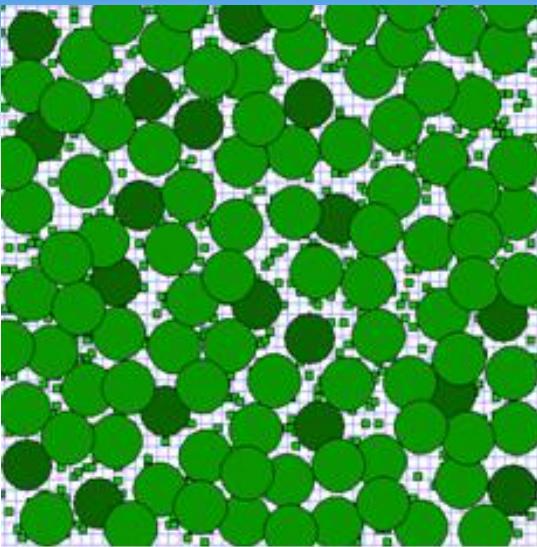
(a) 假彩色影像(NIR,R,G)



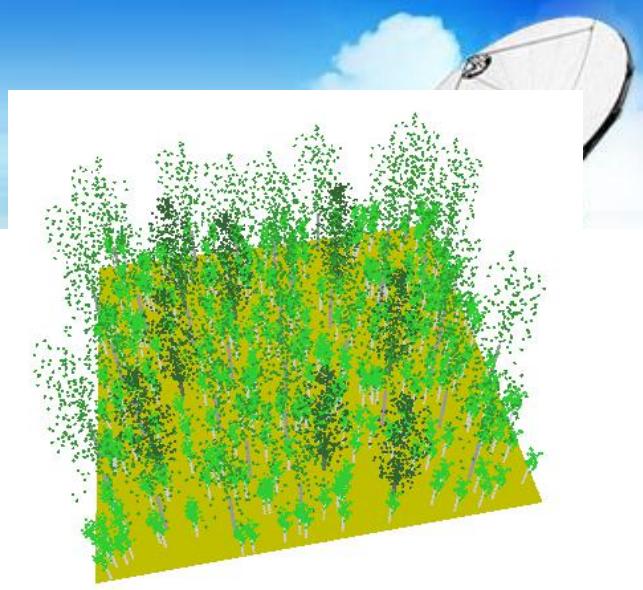
(b) 热红外波段影像(TIR)



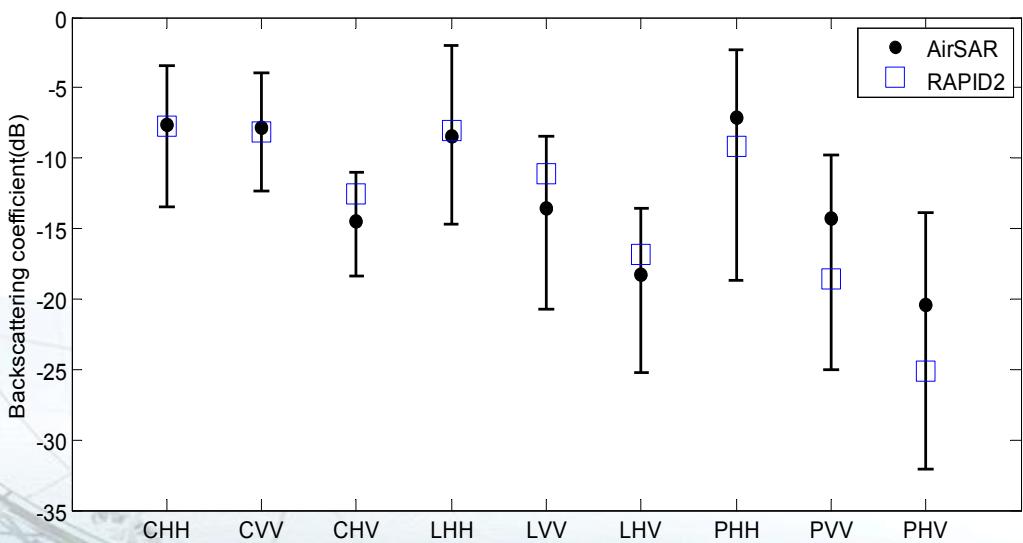
Relative tree size



2D scenes of RAPID2



3D scenes of RAPID2



模拟微波散射

Minor revision (RSE)

# 时间连续Landsat 30 m 图像

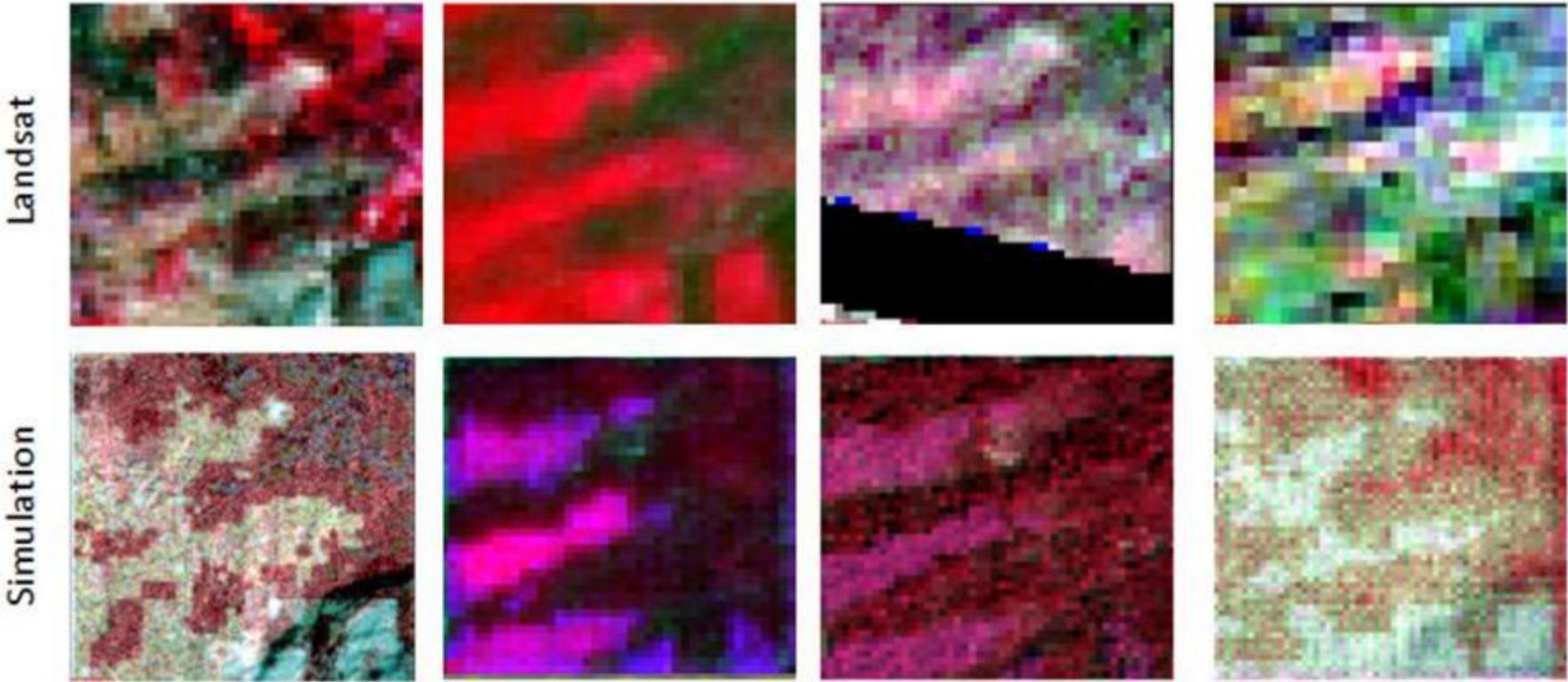
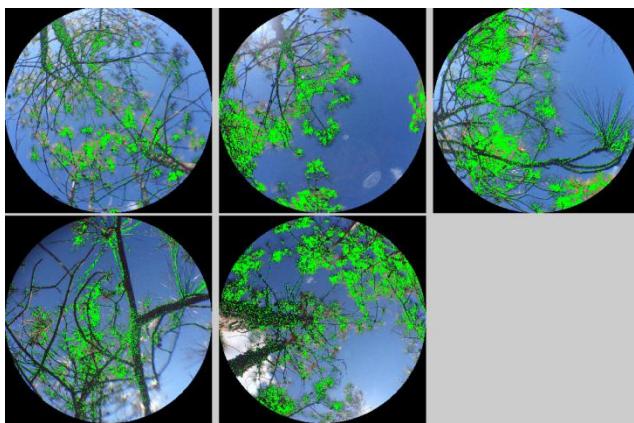


Fig. 11 Comparison between simulated and Landsat images with false color composition

## 4.2地面观测方面：

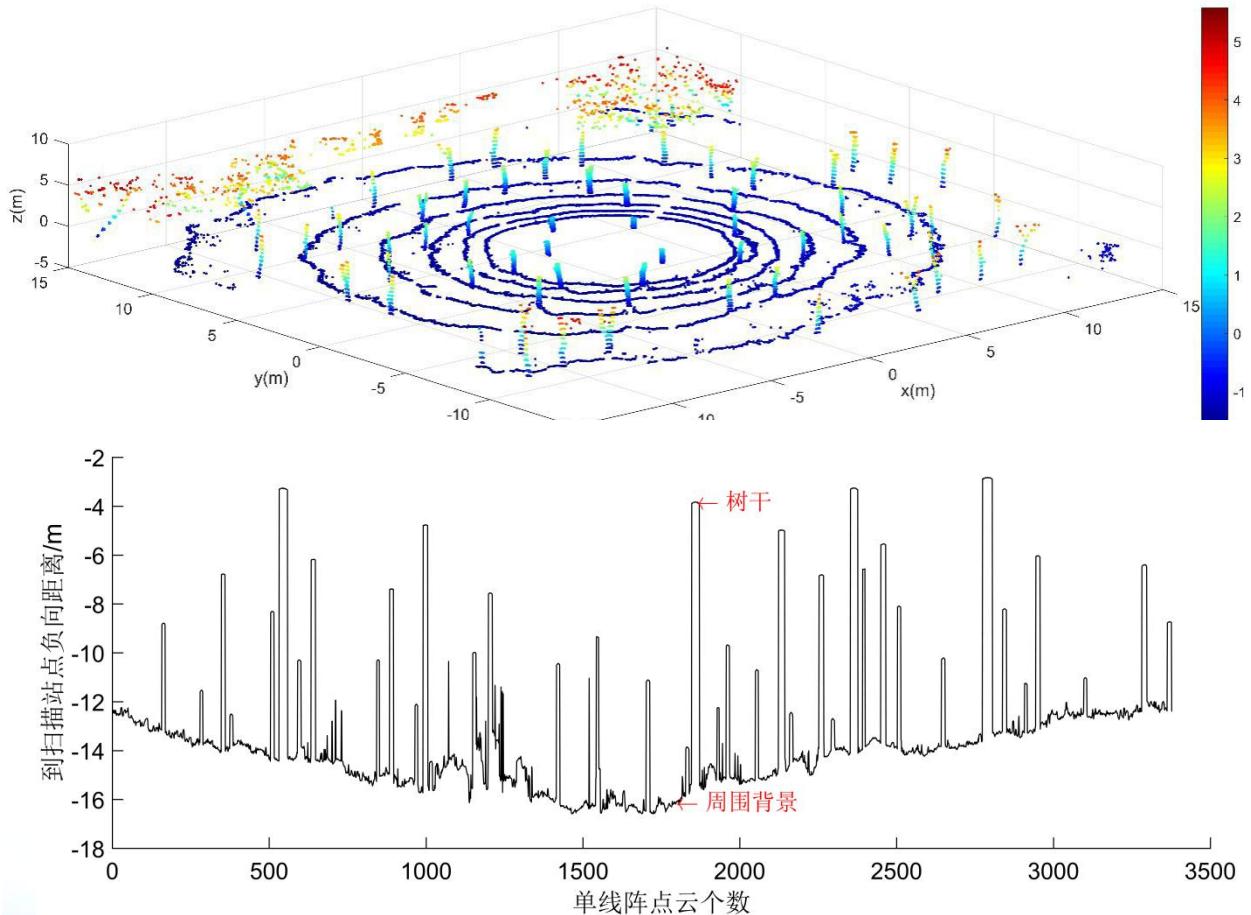
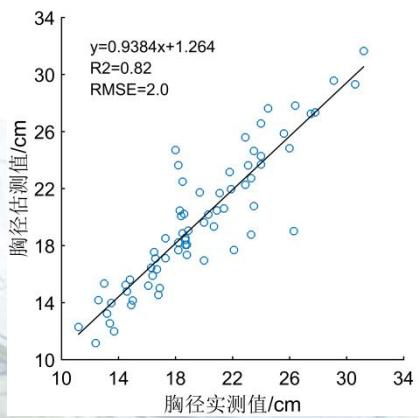
LAI-Mobile手机观测LAI的方法



Wang et al., 2018, Remote Sensing Letters

## 4.2 地面观测方面：

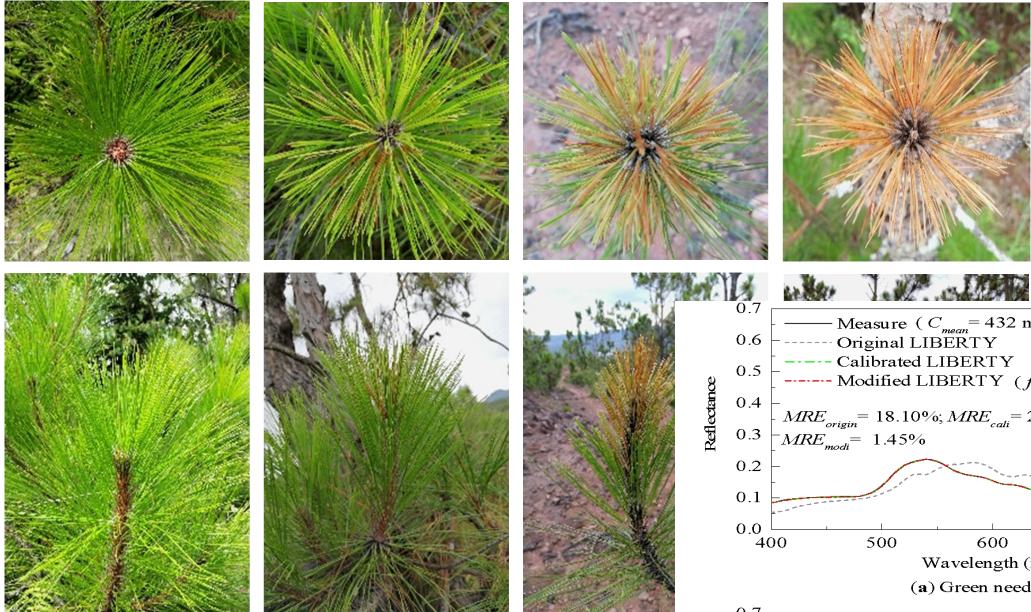
### 线阵激光雷达的森林快速调查方法



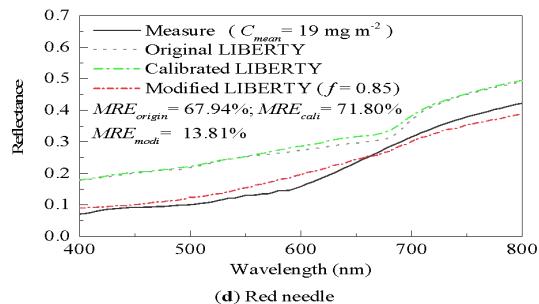
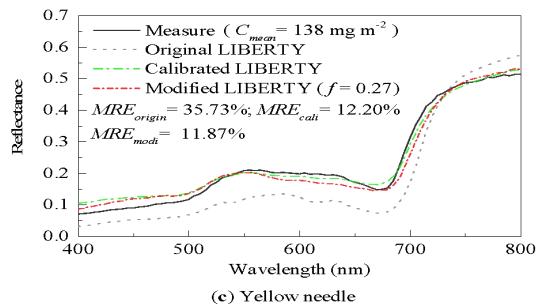
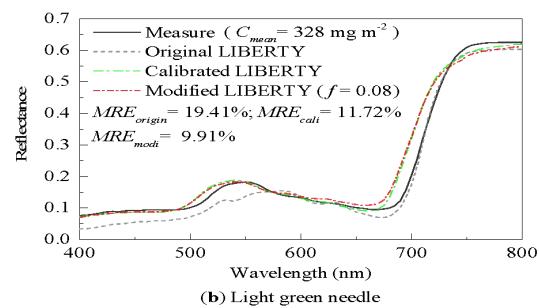
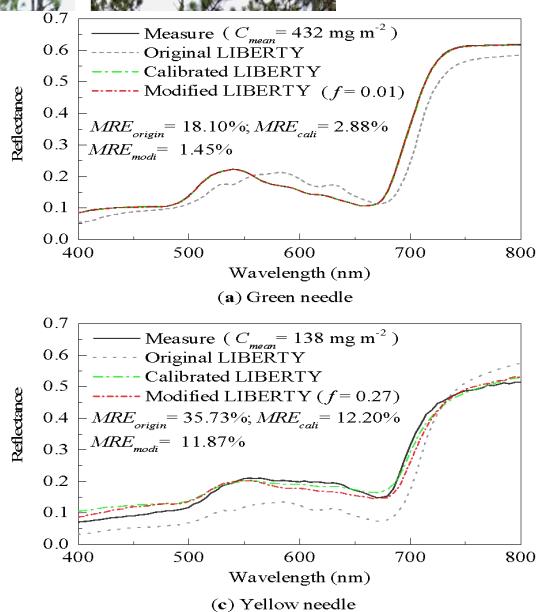
马静怡等,返修, 北林学报

## 4.3 反演尝试

叶绿素，改进LIBERTY模型考虑虫害胁迫



反演了新的枯黄指数

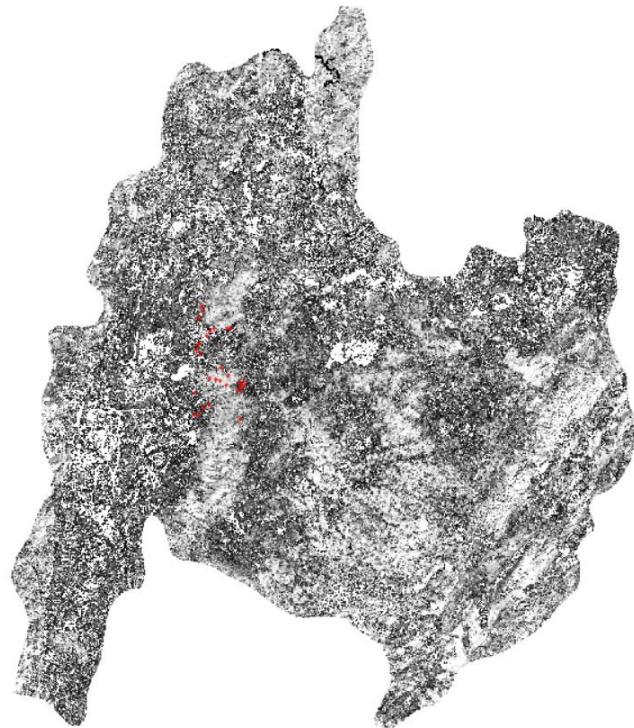
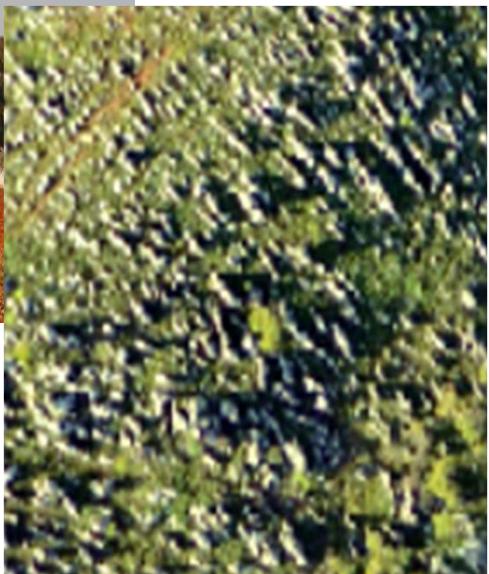


(林起楠等, 2016, 光谱学与光谱分析)

(Lin et al., in revision, Remote Sensing)

## 4.3 反演尝试

石漠化，几何光学模型思想提取石林基岩裸露

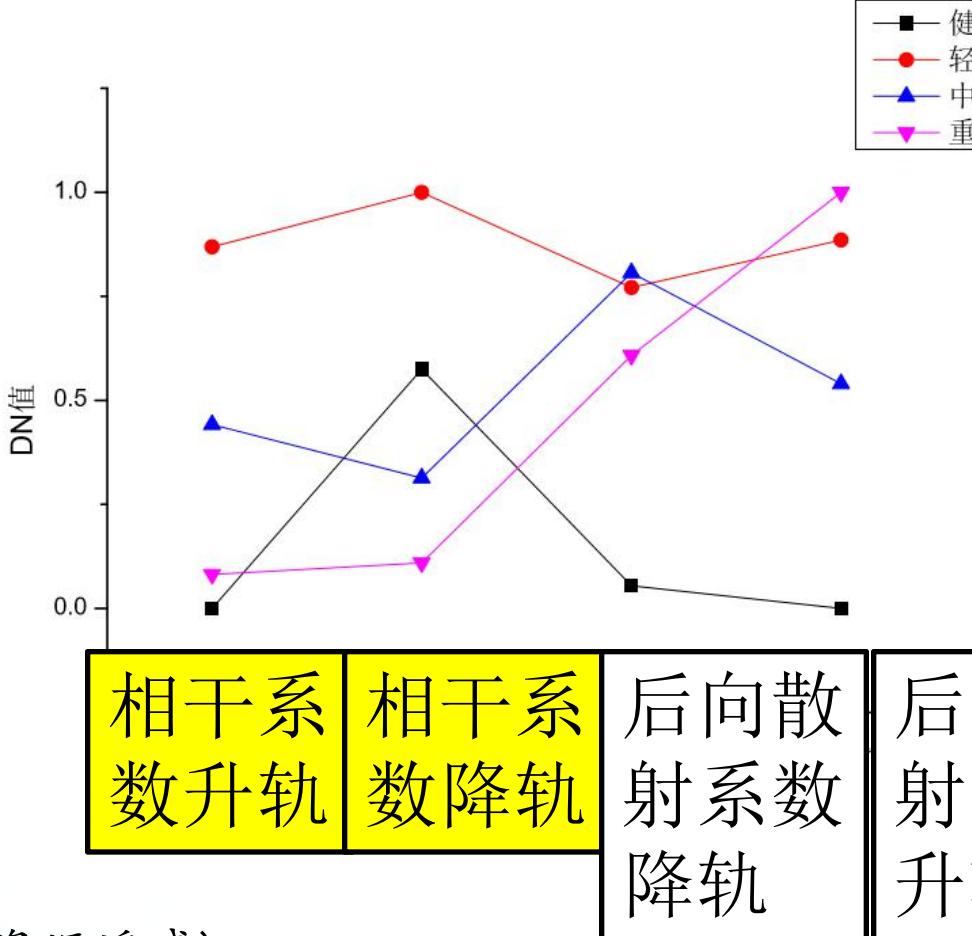
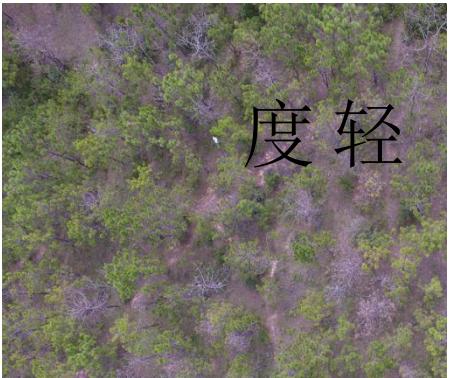


几何组分：基岩、植被、土壤、阴影。

(孟志龙, 2017, 硕士论文)

## 4.3 反演尝试

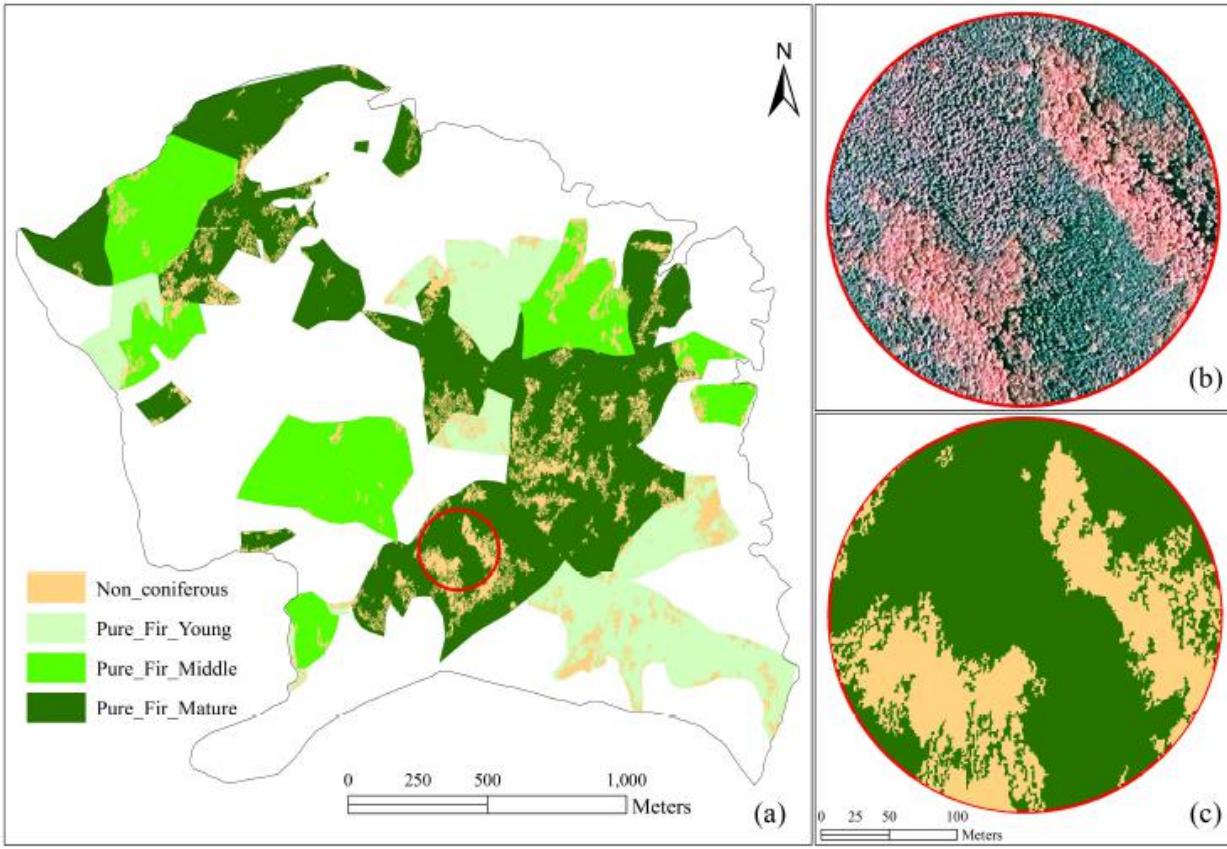
### 微波后向散射和相干系数测量森林健康



(薛娟, 待刊, 国土资源遥感)

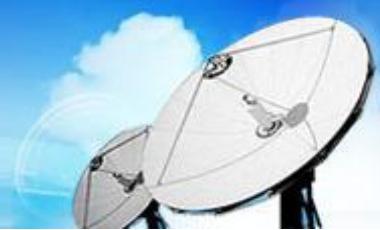
## 4.3 反演尝试

### 基于机器学习的福建将乐林场树种分类



(Chen et al., accepted, IEEE-JSTARS)

# 5. 林业定量遥感的未来

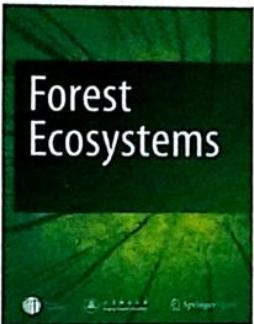


- 智慧林业的基础
- 遥感大数据中的理论问题
- 国产卫星数据的集成业务化运用
- 星载、无人机和地面传感网的有机耦合
- 需要广泛的合作



# Forest Ecosystems

《森林生态系统》英文



《森林生态系统》（英文）是由教育部主管、北京林业大学主办的生态学、林学类学术期刊，主要发表森林、树木、生态、生物多样性、大数据、气候变化等方向的原创性研究和综述类论文。本刊致力于为中外学者搭建高水平的学术交流平台，提升我国在相关学科的国际影响力。

本刊目前由国际知名出版集团 Springer Nature 以“开放获取”模式出版。主编由北京林业大学尹伟伦院士及德国哥廷根大学 Klaus von Gadow 教授共同担任。

2018年1月，本刊正式进入 Science Citation Index Expanded 数据库检索。

ISSN 2095-6355 CN 10-1166/S

网 址: <http://www.forestecosyst.com>

Email: [lihui@bjfu.edu.cn](mailto:lihui@bjfu.edu.cn)

电 话: 010-62337915

地 址: 北京市海淀区清华东路35号北京林业大学148信箱

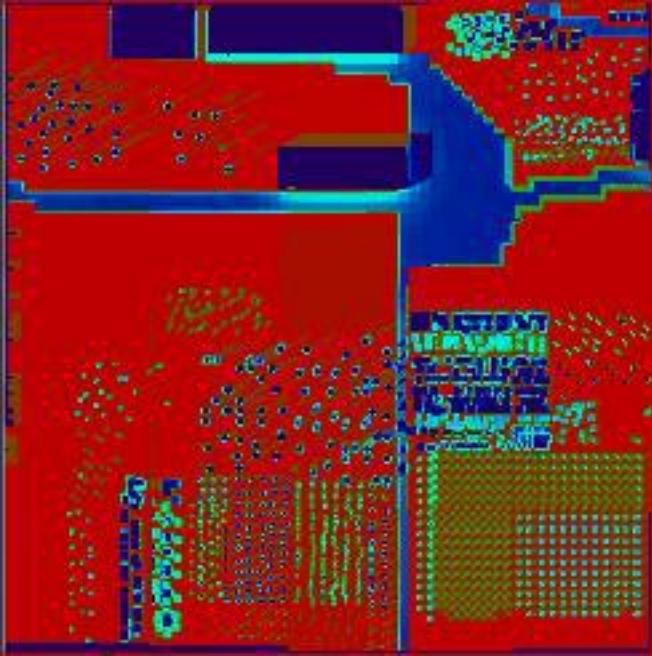
邮 编: 100083



Forest Ecosystems  
a SpringerOpen Journal  
[www.forestecosyst.com](http://www.forestecosyst.com)



北京林业大学  
Beijing Forestry University



谢谢大家！  
欢迎提问讨论

我的科学网博客（搜索科学网 黄华国即可）

<http://blog.science.net/home.php?mod=space&uid=768960>

RAPID网址: <http://www.3dforest.cn/>

