

# CEFO 项目第二年度进展（中欧森林观测）

Juan Suárez<sup>4</sup>, 庞勇<sup>1,2</sup>, James Hitchcock<sup>4</sup>, Gerrard English<sup>4</sup>, 杜黎明<sup>1,2</sup>, 英文<sup>1,2</sup>, Antony Walker<sup>4</sup>, Jacqueline Rosette<sup>3</sup>, 李增元<sup>1,2</sup>, 李世明<sup>1,2</sup>, 余涛<sup>1,2</sup>, 闫明<sup>1,2</sup>

1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091, 中国;
2. 国家林业和草原局林业遥感与信息系统重点实验室, 北京 100091, 中国;
3. Global Environmental Modelling and Earth Observation (GEMEO), Department of Geography, Swansea University, Swansea SA2 8PP, UK
4. Forest Research, Northern Research Station, Roslin, Midlothian EH25 9SY, Scotland, UK

## 摘要:

项目综合利用野外调查、机载和无人机遥感以及成像光谱仪数据, 验证和校准来自中国国家航天局、欧洲航天局和美国宇航局的创新型新卫星传感器, 用于中国和英国的森林清查、评估和健康监测应用。

### 1. 基于机载激光雷达数据的植被参数估计

激光雷达数据已经在英国北部超过12万公顷的林地应用于森林参数估计, 例如收获级、高度、断面积、蓄积、覆盖度、叶面积指数等。在30x30 m<sup>2</sup>的森林样地里, 激光点云数据与现行的生长模型相结合, 可减少由于调查时间不一致性导致的相关性差异, 并可应用于估算2022年的结果。与地面观测数据的比较表明两者之间R<sup>2</sup>高于95%。用Sentinel-1数据分析2021年十一月 Arwen风暴导致的受灾区域的边界。基于风灾区域和蓄积分布数据, 计算了蓄积损失。

### 2. 利用卫星数据、野外测量实验和生物量模型评估干旱和压力对生产力的影响

通过从Sentinel-2和Landsat中提取不同植被指数进行时间序列分析, 监测Kielder林区中Sitka云杉人工林的干旱胁迫过程。同时, 对多组干旱Sitka云杉和正常云杉开展对照实验, 通过对比两者高光谱反射率的变化, 确定早期干旱指标, 并确定繁殖群体克隆类型之间不同的干旱耐受性。这一过程有助于我们分离轻度至中度干旱胁迫下的相关色素变化, 并确定干旱敏感指数。此外, 从MODIS和Sentinel-2卫星数据中提取NDVI, 用于为生物物理植被模型提供输入数据, 以研究Sitka云杉人工用材林的碳储量。未来的工作拟将干旱敏感的指数引入现有模型, 以提高干旱条件下的模型精度。

探索了基于Sentinel-2植被指数时间序列检测植物胁迫迹象的方法, 将主成分分析应用于像素级的植被指数时间序列上, 通过数据公共特征来发现物候或传感器的特征, 进而通过对主成分的用简单线性回归模型中的基函数以过滤掉这些信号。在观测数据中剩余下的特征信号可能指示着植被的应力。

### 3. 利用Sentinel-2/GF-6数据进行普洱森林覆盖制图

以云南省普洱市为研究区, 基于Google Earth Engine (GEE) 平台, 利用Sentinel-2影像数据, 结合实地调查数据、机载遥感数据及地形数据等辅助数据, 提取影像的光谱特征、纹理特征以及地形特征, 通过特征筛选, 得到包含最优特征的分类数据集。分别采用面向对象和基于像素的分类方法进行随机森林分类。结果表明, 面向对象分类方法的分类精度要高于

基于像元分类方法，总体分类精度为88.21%，Kappa系数为0.865。分类结果将结合机载高光谱数据、其他 Sentinel-2 土地覆盖产品以及 LULC 地面实况数据进行分类质量评估，以供进一步分析。之后将利用GF-6数据进行普洱森林分类，并将分类结果与Sentinel-2分类结果进行对比，得到最优森林覆盖图。

#### 4. 利用机载激光雷达进行多尺度森林生物量制图

将激光雷达生物量指数（LBI）应用于机载激光雷达数据进行单木到林分尺度的森林地上生物量精准估测。该方法基于圆柱模拟方法对单木分割后每株树的机载激光点云进行适应性补偿，并使用野外测量的少量单木进行模型校准，可以获取稳健且高精度的生物量估测结果。通过三个林场的 20 株解析木、133 个样地及 39 个落叶松人工林小班的每木检尺野外测量数据对该方法进行了验证。结果表明，该方法在三个尺度下表现良好（单木尺度下  $R^2=0.98$  和  $RMSD=11.85$  kg，样地尺度下  $R^2=0.77$  和  $RMSD=28.74$  t/ha，林分尺度下  $R^2=0.86$  和  $RMSD=144.15$  t）。与现有的基于树高和冠幅预测胸径以计算生物量的方法相比，该方法具有更高的精度和显著的通用性。通过与常用的生长方程方法比较，该方法能够达到与其相当的精度，但可以获得更详细的生物量估测结果，并且只需要少量的测量数据来校准模型，极大的减少了现场测量的工作量。

#### 5. 基于无人机激光雷达的林隙识别

自然干扰引起的林隙是天然林更新的重要驱动力。林隙的识别和特征描述对于理解森林的动态变化具有重要意义。无人机激光雷达遥感可以快速获取森林的三维空间信息。本研究地点位于中国云南普洱市太阳河保护区。利用无人机激光雷达的点云数据生成冠层高度模型（CHM），采用固定阈值法林隙。目视解译的参考数据用于林隙识别的准确性评估。结果表明，固定阈值法提取林隙的总体精度为 92%，林隙的空间分布表现为聚集分布，主要为中小型林隙，表明干扰事件较少。利用无人机激光雷达数据可以准确提取小面积亚热带天然林林隙的空间分布及其空间特征。无人机激光雷达提取的林隙信息可用于 GF-7 卫星大面积林隙探测的精度评估和验证。