

中欧龙计划 5 期. CEFO 项目进展（中欧森林观测）

庞勇^{1,2}, Juan Suárez⁴, James Hitchcock⁴, Gerrard English⁴, 杜黎明^{1,2}, 英文^{1,2}, Antony Walker⁴, Jacqueline Rosette³, Costanza Cagnina³, 李增元^{1,2}, 李世明^{1,2}, 蒙诗栎^{1,2}, 余涛^{1,2}, 梁晓军^{1,2}, 闫明^{1,2}

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:

CEFO 项目是一个跨国合作的项目, 涉及来自英国和中国的四个团队, 旨在通过遥感技术推动林业研究的发展。该工作着重于开发和应用先进的遥感技术, 包括时间序列数据处理、卫星激光雷达和辐射传输模型。这些方法旨在进行林地参数提取、变化检测、产量评估和碳储量测量。中英合作整合了包括激光雷达和卫星图像在内的多种数据来源, 以增进对森林的理解和管理, 为研究和实际林业应用做出贡献。主要成果包括:

1. 系统集成、多源LiDAR数据采集和森林清查

我们设计并集成了一种新型机载系统, 该系统将商用波形激光雷达、热成像相机、CCD相机和高光谱传感器集成到一个通用平台(CAF-LiTCHy)中。在此基础上, 基于该系统对普洱研究区的航空数据进行了采集, 并对各传感器获取的数据进行处理, 为进一步的数据分析提供基础。同时, 项目综合利用机载激光雷达、无人机和移动激光扫描调查产生的融合点云实现了森林清查。该方法结合生长模型、激光雷达点云分析、公共区域的小斑数据库和国家森林调查地图相结合用于私有森林。全国各地的样地都使用了无人机和移动激光扫描的来验证估计值, 阔叶树的 R^2 在0.7-0.9之间, 针叶树在0.95以上。激光雷达调查的时间序列和无人机数据也被用于验证模型估计产量在时间上的增长。同时, 项目还采用GeoSlam对一些样地进行了扫描, 并对点云进行了分析, 以产生DBH和树干剖面的估计值。

2. 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。

3. 基于卫星遥感技术的森林扰动和压力评估

利用卫星遥感技术评估森林扰动和压力在气候变化的背景下，中国和英国的森林都面临着越来越严重的干旱脆弱性，影响它们作为碳汇的作用。在先前的研究中，赤松基因在受控干旱条件下显示出与应激相关的变化，表明通过遥感技术可能识别出耐旱性。这项研究为育种策略和森林健康监测提供了信息。这项研究为育种策略和森林健康监测提供了信息。最近的研究集中于通过创新的卫星技术来扩展方法，以识别水分压力。欧洲“龙计划”第五期的年轻科学家通过在控制实验中调查受病原体影响的树木的光谱响应，进一步深入了解这一问题。该研究提出了一种通过卫星图像时间序列来理解英国森林因气候和结构变化而受到的压力的方法。通过分析植被指数时间序列并去除噪声，模型以每像素水平描述植被周期，识别与气候和结构变化相关的偏差，这些偏差作为潜在压力因素或病害存在的指标。在中国，利用2015年至2020年的长期Landsat 8图像，以超过88%的准确度检测普洱地区的森林变化，将森林覆盖减少主要归因于城市化和种植活动。提出的方法通过量化气候和结构变化来评估森林压力，有助于了解物种对干旱的响应。赤松基因在受控干旱条件下表现出与压力相关的变化，指导育种策略和森林健康监测。

4. 基于多源激光雷达数据的地上生物量估测

将激光雷达生物量指数(LBI)应用于普洱市思茅松物种。在野外样地采集地面激光扫描数据和航空激光扫描数据，从单株水平到林分水平对森林地上生物量进行精确估算。利用TLS数据建立的模型， R^2 为0.61，RMSE为27.04 kg。ALS数据模型的 R^2 为0.83，RMSE为15.68 kg。为了初步评价波形激光雷达数据在复杂森林条件下的参数估计能力，我们对普洱ALS数据进行了数据采集，并对TECIS波形数据进行了筛选、预处理和参数提取。初步研究结果表明，在SNR大于15时，两轨数据ALS与TECIS数据一致性结果中， R^2 高于0.6，RMSE低于3.7 m。