

基于多源遥感数据联合的西南山地森林郁闭度估测

周文武, 舒清态, 王书伟, 杨正道, 余金格, 胥丽, 高应群, 国朝胜, 罗绍龙

(西南林业大学 林学院)

摘要:【目的】森林郁闭度 (Forest Canopy Closure, FCC) 是评价森林资源和生物多样性重要的生物参数, 利用多源遥感协同手段以较小成本实现高精度区域森林郁闭度反演是当前研究热点。【方法】本研究以星载激光雷达 ICESat-2 ATLAS 数据为主要信息源提取建模参数, 在前期结合 54 块实测样地数据, 采用贝叶斯优化 (Bayesian optimization, BO) 算法改进后的随机森林 (random forest+RF)、K-最近邻值法 (K-Nearest Neighbor, K-NN)、梯度回归 (Gradient Boosting Regression Tree, GBRT) 模型获取光斑尺度 ATLAS 光斑内的 FCC, 联合多源遥感影像 Sentinel-1 及地形因子基于地理加权回归模型 (Geographically Weighted Regression, GWR) 进行区域尺度的西南山地香格里拉市 FCC 遥感估测。采用决定系数 (R^2)、均方根误差 (RMSE)、绝对残差均值 (RM) 和预测精度 (P%) 综合评价模型拟合优度。【结果】结果表明, (1) 在提取的 50 个 ATLAS 激光雷达光斑参数指标中, 经 RF 特征变量优选后, 其中 6 个特征参数 (Landat_perc、h_dif_canopy、ar、h_min_canopy、toc_roughness、n_touc_photon) 贡献率较大, 可作为光斑尺度遥感估测模型变量; (2) 在光斑尺度研建的 BO-RF、BO-KNN 和 BO-GBRT 模型中, 以 BO-GBRT 模型估测的 FCC 结果最优, 留一交叉验证 (Leave One Out Cross Validation, LOOCV) 的 $R^2 = 0.65$ 、RMSE = 0.10、RM = 0.079、P = 79.2%, 可作为研究区有林地 74808 个 ATLAS 光斑的 FCC 估测模型; (3) 以有林地 ATLAS 光斑尺度的 FCC 值作为区域尺度 GWR 模型的训练样本数据, 模型精度为 $R^2 = 0.70$ 、RMSE = 0.06、P = 88.27%; (4) FCC 遥感估测值与实测值的 R^2 为 0.7, 相关系数为 0.784, 具有较高的一致性; 研究区 FCC 均值为 0.50, 主要分布在 0.3-0.6 之间, 占比 68.43%; FCC 高值区域由西北向东南贯穿分布, 北部地区和东南部分别为 FCC 高值、低值主要分布区。【结论】基于 ICESat-2 ATLAS 高密度、高精度光斑进行山地 FCC 估测具有一定优势, 以光斑尺度的小样本数据估测结果可作为区域尺度 GWR 模型的训练样本数据, 能为光斑尺度外推至区域尺度低成本、高精度估测 FCC 提供一种参考。关键词: ICESat-2 ATLAS; 贝叶斯优化算法; 机器学习; 地理加权回归; 多源遥感数据