

融合多源数据哥白尼-中国对地观测数据分析

全球粮食安全的驱动因素

Stefano Pignatti, Wenjiang Huang, Raffaele Casa, Giovanni Laneve, Guijun Yang, Zhenhai Li, Yingying Dong, Hao Yang, Biyao Zhang, Linyi Liu and Rossi Francesco

气候变化和人类活动压力日益威胁着粮食安全和质量，亟需先进的监测和分析工具。“龙”计划 6 期项目（编号：95250）自启动以来，旨在评估欧盟和中国对地观测数据协同结合，获取土壤和作物状况关键参数的有效性。本项目以农业生产优化和生态环境可持续发展为目标，完成了植被定量遥感监测技术构建和产品研发。主要研究成果包括植被理化参数的遥感反演、表层土壤属性的遥感评估、作物产量预测和农林草病虫害的遥感测报。

针对土壤主题，我们的目标是评估结合可见光和热传感器数据来反演土壤质地和特性的效果。主要目标是评估结合可见光和热数据的方法在未来 ESA 任务（例如 CHIME 和 LST）以及 NASA 任务（例如 SBG 和 SBG-TIR）中的潜力。虽然当前的卫星（例如 PRISMA 和 EnMAP）已展现出其在土壤监测方面的能力，但 TIR 光谱范围尚未得到充分研究。此外，PRISMA 和 EnMAP 仅按需获取图像，而 HYTES 作为机载任务，仅覆盖有限的局部区域。这使得在同一区域同时获取 VSWIR 和 TIR 图像变得困难，阻碍了组合方法的研究。然而，随着 ESA 的新任务 CHIME 和 LSTM 的出现，其探测范围分别扩大到 130 公里和 670 公里，重访时间也分别高达 11 天和 2 天，同时获取热图像和可见光图像的可行性显著提高。

本研究调查了位于意大利北部农业重镇波河谷（中心坐标为北纬 44.87°，东经 11.97°）的约兰达迪萨沃亚（Jolanda di Savoia）遗址。该地区土地肥沃，是优质稻米的主要产地。土壤成分表现出相当大的变异性，这主要归因于该地区历史地貌的演变。值得注意的是，地下古河道的存在加剧了观测到的土壤异质性。研究使用了 2020 年至 2025 年的 PRISMA 和 EnMAP 影像时间序列，并于 2023 年进行了 HYTES 机载勘测，并获得了 ESA-ASI 联合项目采集的该遗址数据。目前正在进行的研究已整合了 0.4-2.5 微米（VSWIR）和 7.5-11.6 微米（LWIR）的现场土壤湿润度实验室测量数据。研究采用了各种预处理技术和机器学习算法，

包括高斯过程回归 (GPR) 和偏最小二乘回归 (PLSR), 以开发用于反演土壤特性的稳健模型。这些模型的有效性将根据其准确性以及有效利用可见光和热数据的能力进行评估。结果表明, 使用 VSWIR 时间序列预测 SOC 时, 其均方根误差 (RMSE) 为 2.79, R^2 为 0.54, RPD 为 1.47; 而使用 LWIR 光谱范围预测 SOC 时, 其均方根误差 (RMSE) 为 1.22, R^2 为 0.54, RPD 为 1.42。未来的研究将集中于 VSWIR 和 LWIR 的结合使用, 以模拟未来的 CHIME-LSTM 串联模型。

在中国, 由于食品消费市场需求的不断增长和国际市场竞争的加剧, 对小麦籽粒蛋白质含量 (GPC) 准确和实时信息的需求变得越来越迫切。为了应对这一挑战和数据缺口, 本研究通过整合 ERA5/MODIS 多源数据和分层线性模型 (HLM), 研制了中国第一个 500 米空间分辨率的 GPC 数据集 (CNWheatGPC-500), 该数据集覆盖中国冬小麦的主要种植区, 时间范围跨越 2008-2019 年 12 个年度。CNWheatGPC-500 为提高小麦产量、加强质量控制和支持农业部门的决策提供了宝贵的数据支持。CNWheatGPC-500 产品可在 <https://doi.org/10.5281/zenodo.10066544> 免费获取。

在农作物病虫害遥感测报方面, 本项目基于 PRISMA 卫星影像建立了玉米和小麦锈病的监测模型。多个基于 PRISMA 卫星波段反演的植被指数 (NDVI、SIPI、PRI、PSRI、MSR) 被用来构建病害感染指数 Diseases Infection Index (DI)。对于沙漠蝗虫, 我们提出了一种在索马里-埃塞俄比亚-肯尼亚地区进行沙漠蝗虫出现风险动态预测的方法。我们持续开展了月度预测实验, 提取了研究区域沙漠蝗虫发生的高、中、低风险区域。结果表明, 模型的总体精度为 77.46%, 能够提前 16 天进行沙漠蝗虫风险的日常动态预测, 为沙漠蝗虫的预防控制提供了早期预警和决策支持。

此外, 本项目建立了松材线虫病和草原蝗虫的遥感监测和风险评估方法。对于松材线虫病监测, 我们提出了一种双时相变化检测方法以减少复杂观测场景下变色木识别中的误检。结果表明, 该方法可以有效地区分变色木和其他容易混淆的目标, 与单时相图像分类相比显著提高了用户精度。对于草原蝗虫, 以中国内蒙古自治区锡林郭勒盟的两种草原类型为研究对象, 建立了草原蝗虫潜在栖息地遥感监测模型。结果表明, 最适宜和适度适宜的地区主要分布在草地草原南部和典型草原的东部和南部, 卵期的土壤温度、植被类型、土壤类型以及若虫期的降

水量在草地和典型草原中都是显著的影响因素。