
多尺度土壤有机碳模拟制图综合框架

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42656.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

多尺度土壤有机碳模拟制图综合框架。

近日，西安交通大学吴一平教授团队在中国工程院院刊Engineering发表题为Integration of Machine Learning and Remote-Sensing Reflectance Spectra for Regional SOC Mapping: A Case Study on the Agricultural Lands of the Loess Plateau（机器学习与遥感反射光谱协同用于区域土壤有机碳制图：黄土高原农田案例研究）的研究性文章。该研究聚焦面对不同数据条件，如何平衡点尺度预测精度与区域应用能力这一具有普遍性和现实意义的问题，系统比较了高光谱、重采样多光谱和卫星多光谱三条数据路线，以及多种机器学习模型的预测表现，为异质性农业景观中的土壤有机碳制图构建了兼顾预测精度与空间扩展能力的技术框架。

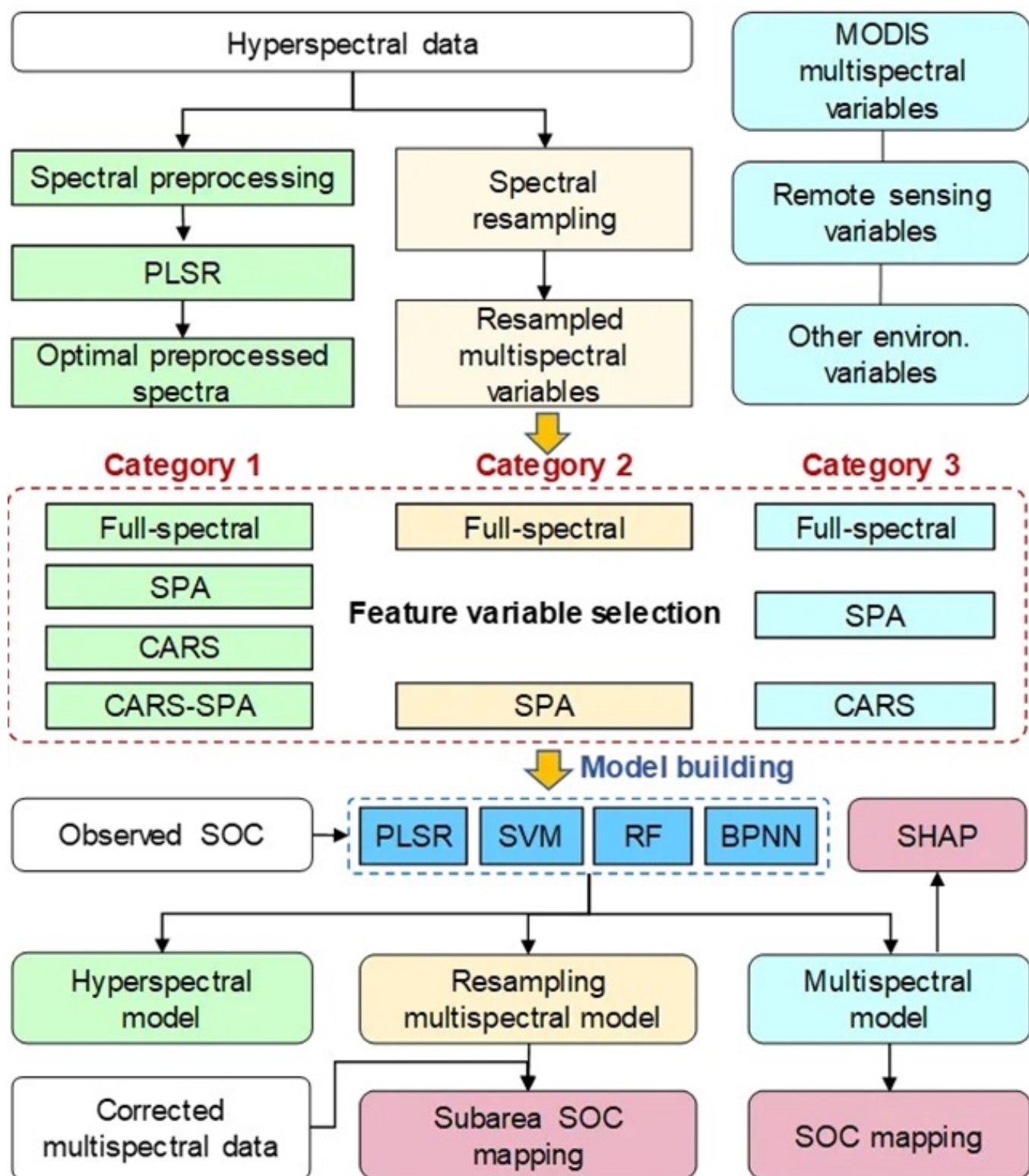


图1.研究技术路线图

研究团队于2023年春季农田裸土期，在黄土高原180余个县同步开展调查，共布设460个采样点；剔除异常值后，获得448份有效表层土壤样品（0–5cm）。研究同步开展土壤有机碳化学测定和实验室高光谱测量，并整合MODIS多时相遥感数据以及地形、气候和土壤等环境变量。围绕点尺度高精度—光谱尺度转换—区域尺度制图，研究采用多种算法系统比较了52种模型—数据组合

。

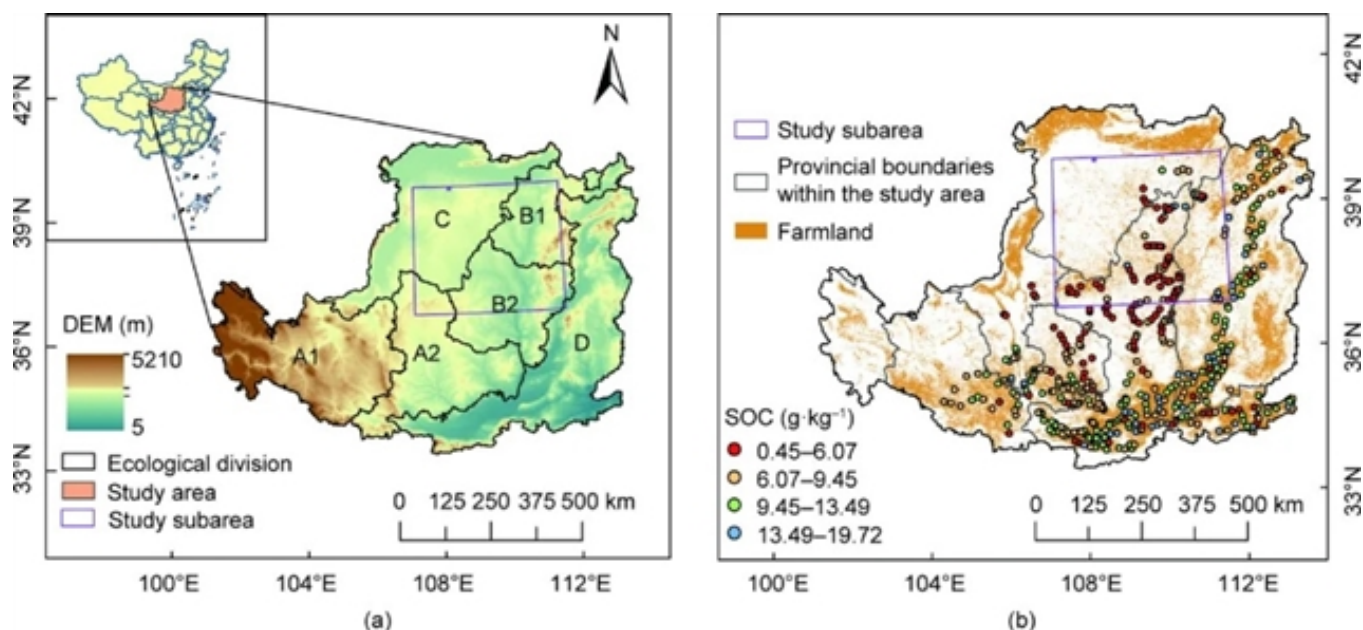


图2.研究区、黄土高原农田分布及土壤有机碳采样点分布

高光谱路线给出点尺度预测的精度上限

在高光谱路线中，SG – SD预处理能够有效降噪并增强土壤有机碳敏感信息；CARS进一步保留关键波段、剔除冗余变量。最终，CARS – SVM模型仅使用7.8%的光谱变量，验证集 R^2 达到0.97，RMSE为 $0.57 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，RPD为5.99，在所有模型—数据组合中表现最佳。这一结果说明，当高质量高光谱数据可获得时，合理的光谱预处理和特征筛选方法结合非线性模型能够充分挖掘土壤有机碳的细微光谱信号。

从实验室到卫星，精度损失揭示了尺度转换的真实难点

将实验室高光谱重采样为MODIS式宽波段后，土壤有机碳信息仍可被部分保留，最优SPA – BPNN模型验证集 R^2 为0.67。然而，当模型进一步迁移到经辐射校正的实际MODIS多光谱数据时，验证集 R^2 下降至0.33。这种性能落差并非模型失效，而是直观量化了实验室光谱向区域遥感迁移时面临的复合误差：残余大气与辐射误差、点样本与500m像元之间的尺度错配，以及植被、秸秆和地表水分引起的混合像元效应。对于地形破碎、地表异质性强的黄土高原，这些问题尤为突出。

多光谱与环境变量融合，提供区域制图的实用方案

在区域制图情境下，融合MODIS多时相数据与环境协变量的SPA – BPNN模型取得了验证集 $R^2 = 0.62$ 、RMSE= $1.83 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、RPD=1.62。虽然精度低于实验室高光谱模型，但其在数据可获得性、空间扩展能力和解释性之间实现了更好的平衡。SHAP分析显示，多时相光谱信息发挥主导作用，地形等环境变量则补充了宽波段难以直接表达的生态与地貌控制信息。

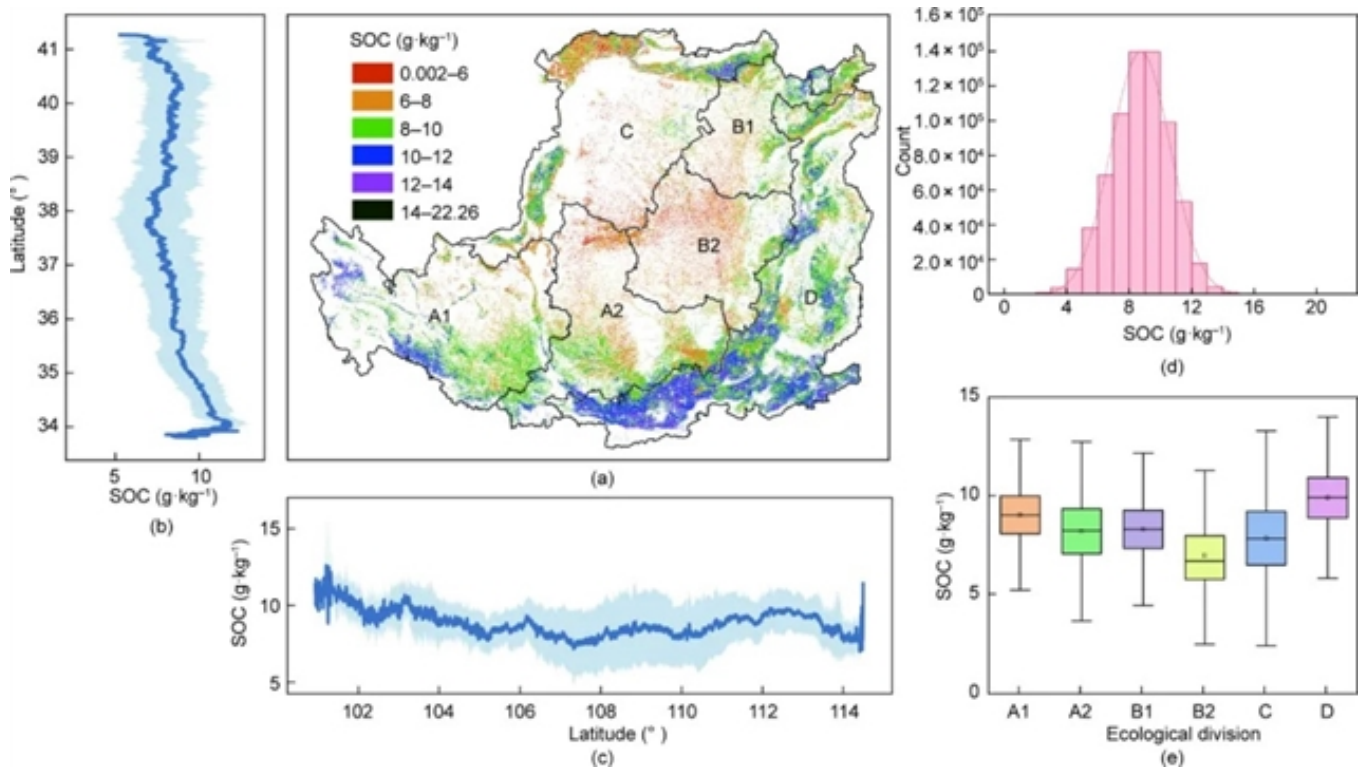


图3.黄土高原农田土壤有机碳空间分布及其纬度、经度和生态分区统计

本研究通过构建融合人工智能与多源遥感数据的土壤有机碳模拟框架，系统评估了高光谱数据、高光谱重采样数据及结合环境变量的多光谱数据在多种机器学习模型下的预测性能。黄土高原案例应用表明在高空间异质性和有限先验知识条件下，人工智能和高光谱技术结合在复杂土壤环境的点位预测上具有显著优势；同时表明人工智能、多光谱数据与关键环境因子结合在数据可获得性、预测精度与空间可扩展性方面实现了最优平衡。本研究为大尺度土壤有机碳模拟预测提供了可推广的方法体系。

该研究由西安交通大学牵头，联合中南林业科技大学、陕西省环境科学研究院、俄罗斯科学院、黄河水利委员会绥德水土保持科学试验站、海南大学、香港大学、黄河水利科学研究院、河海大学及中国科学院地球环境研究所等单位共同完成。吴一平教授为论文第一作者，并与孙长顺研究员共同担任通讯作者，硕士生张方滢为本项工作的主要完成人。本项研究采样任务繁重且野外工作辛苦，成果是团队数十师生勠力同心、携手奋斗的结晶。本研究得到国家自然科学基金、中国科学院战略性先导科技专项、陕西省创新团队和重点研发计划等项目资助。（来源：EngineeringJournals微信公众号）

相关论文信息：<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209580992600398X>

作者：吴一平等 来源：《工程》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发