

Dragon-6 STAI4CH: 基于时空人工智能地球观测数据挖掘方法评估人类活动对古代运河沿线文化遗产的影响

Cigna F.¹, Yue P.², Tapete D.³, Rayne L.⁴, Zhang C.², Zhao M.², Wu H.², Corbo A.¹, Makovics J.^{4,5}, Irvine H.K.⁴

¹ 意大利国家研究委员会 (CNR) 大气科学与气候研究所 (ISAC), 意大利罗马

² 武汉大学遥感信息工程学院, 中国武汉

³ 意大利航天局 (ASI), 意大利罗马

⁴ 英国纽卡斯尔大学历史、古典学与考古学院

⁵ 英国南安普顿大学考古系

Dragon-6 STAI4CH 项目旨在展示光学与雷达地球观测数据在考古与文化遗产制图和监测中的应用能力, 为相关研究提供关键支撑信息。项目正在开发新型人工智能与深度学习方法, 对 EO 数据进行处理, 以高效绘制中国、意大利和伊拉克古代帝国的水系与水域景观, 并识别由现代开发与城市化引起的物理变化及土地覆盖变化, 这些变化可能对文化遗产资产产生影响。

在项目第二年, STAI4CH 团队重点提升了已有的土地覆盖制图与变化检测方法。其中, 土地覆盖制图方法基于地球观测自监督学习的语义分割神经网络, 变化检测方法则基于多源数据构建的神经网络。研究主要采用 2017—2025 年获取的高分辨率 Copernicus Sentinel-2 地表反射率影像, 覆盖中国世界文化遗产——大运河的一条典型带状区域, 包括江南运河嘉兴—杭州段, 以及浙东运河杭州萧山—绍兴段和上虞—余姚段。

在数据输入方面, 采用了为期 6 个月的时间采样策略, 以更好地反映雨季 (6 月至 8 月) 与旱季 (10 月至次年 2 月) 的景观特征。研究提出了一种分阶段训练框架, 用于 EO 数据的语义分割。同时, 利用 Dynamic World 土地覆盖数据集对土地分类流程进行训练与验证。在方法改进方面, 引入了自监督学习算法 (如基于 MAE 的遥感表征预训练), 并通过性能感知引导采样与选择性监督, 有效缓解类别不平衡、地理覆盖偏差及弱标签噪声问题, 并面向 Open Geospatial Engine (OGE) 平台进行实现。

此外, 还引入了 Copernicus Sentinel-1 合成孔径雷达 (SAR) 数据以及中国可持续发展科学卫星 SDGSAT-1 数据, 进一步融入方法流程。在最佳配置下, 该方法框架取得了 49.28% 的 mIoU, 相较于 Google Dynamic World 官方产品 (44.77%) 提升了 4.51 个百分点。

在算法研发持续推进的同时, 项目还深化了对伊拉克世界文化遗产阿赫瓦尔沼泽地水域景观的数据分析。通过分析 Landsat 与 Sentinel-2 影像的 NDVI 时间序列, 并结合 Mann-Kendall 检验与景观指标, 改进了文化遗产资产制图方法。该方法能够识别传统地表明渠灌溉系统及其周边景观, 构建基础知识库用于验证基于神经网络的方法, 并识别出植被退化速率高于周边区域的脆弱灌溉系统与传统农田区域。

此外, 在意大利中部奥斯提亚—波图斯区域, 通过分析 Sentinel-2 影像在训练区域的光谱特征, 评估高分辨率影像在识别埋藏考古遗址方面的潜力, 为基于 AI/DL 的半自动光谱异常识别方法提供支撑。

中国与欧洲青年科学家在项目中的作用至关重要, 不仅推动了中国区域的算法开发与实验, 也参与了伊拉克考古制图及意大利中部光谱异常检测工作。其科研成果将在青年科学家海报展示环节中进一步汇报。

未来工作将重点在大运河全线、伊拉克阿赫瓦尔沼泽地, 以及意大利台伯河水系 (罗马历史中心世界文化遗产组成部分) 上推广应用所开发的 AI/DL 方法。同时, 将对方法的技术性能进行系统评估, 以量化其可靠性与跨区域适用性, 并探索进一步优化算法的路径。