

# 基于Sentinel-2获取生物物理变量的不同混合方法比较

Deepak Upreti<sup>1</sup>, Stefano Pignatti<sup>2</sup>, Simone Pascucci<sup>2</sup>, Giovanni Laneve<sup>3</sup>, Guijun Yang<sup>4</sup>, Hao Yang<sup>4</sup>, Wenjiang Huang<sup>5</sup>, Raffaele Casa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Università della Tuscia, DAFNE, Via San Camillo de Lellis, 01100, Viterbo (Italy), Email: [dupreti@unitus.it](mailto:dupreti@unitus.it)

<sup>2</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche, Institute of Methodologies for Environmental Analysis (CNR, IMAA), Via del Fosso del Cavaliere, 100, 00133 Roma, (Italy)

<sup>3</sup>SIA (Scuola di Ingegneria Aerospaziale) Earth Observation Satellite Images Applications Lab (EOSIAL), Università di Roma, 'La Sapienza' (Italy)

<sup>4</sup>National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture (NERCITA), Beijing (China)

<sup>5</sup>Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing (China)

**摘要:** 叶面积指数 (LAI) 和叶绿素含量 (LCC) 等生物物理变量对于一系列农业, 林业和生态应用至关重要。已经开发了许多方法来从卫星图像中提取这些变量。一般来说, 这些方法可以分为基于辐射传输物理模型和混合方法的统计 (参数和非参数)。最近的研究表明, 结合辐射传输建模 (RTM) 和机器学习 (ML) 算法的混合方法可以克服其他方法的许多缺点, 例如, 快速, 更强大和具有更高泛化能力。已经使用不同的ML方法与RTM模拟的数据来提取LAI和LCC, 但是只有神经网络 (NN) 已经成功地用于操作使用。尽管使用NN检索生物物理变量已被广泛应用, 但该算法存在一些缺点: 1) 由于RTM仿真和NN反演算法中的饱和效应, LAI值较高时的精度较低; 2) 当测试数据相互偏离, 甚至略有不同时会带来不可预知的结果。近年来, 已经探索了一套基于内核的算法来估计来自卫星图像的LAI和LCC, 并且已经证明它是NN的有效替代方案。例如, 内核岭回归 (KRR) 算法对于训练是简单的, 并且与NN相比它提供了有竞争力的准确性。高斯过程回归 (GPR) 在计算成本和速度方面表现良好, 它提供更高的精度和不确定性间隔。但是, 如果对来自RTM的大型模拟数据集进行训练, 这些算法在计算上花费很长时间, 并且这限制了它们的操作使用。已经提出主动学习 (AL) 技术来减小从RTM生成的输入训练数据的大小, 因为它们仅基于数据点的不确定性或多样性来从大数据集中选择最具信息量的病例。

在本研究中, 基于核心的ML算法和来自RTM的模拟的训练, 研究了用于从Sentinel-2数据中检索生物物理变量的不同混合方法的比较。作为基准, 将这些方法获得的结果与实施到ESA Sentinel应用平台 (SNAP) 软件中的生物物理处理器的结果进行比较, 该软件依赖于使用PROSAIL模拟进行的NN训练。使用主动学习技术对相同的模拟训练集进行采样和优化, 使用不同的基于内核的机器学习算法进行测试, 以从欧洲和中国测试站点获取的Sentinel-2图像中检索生物物理变量。小麦作物的地面数据测量活动在Maccarese (意大利) 和顺义 (中国北京) 进行, 并与Sentinel-2影像数据获取时间相一致, 以验证算法的准确性。这种比较研究的结果可以获得有关定量统计评估方面的有用信息, 以及新兴混合方法的实用性, 计算时间和成本。

**关键字:** 叶面积指数; 叶绿素含量; 哨兵2; 辐射传输模型; 机器学习; 基于核心的学习; 混合方法; 主动学习