

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.861>



定量遥感与机器学习能够融合吗？

龚健雅, 李彦胜

武汉大学遥感信息工程学院, 湖北武汉 430070

随着航空航天技术快速发展,人类已经步入遥感大数据时代.定量遥感是推动遥感大数据应用深化与服务升级的关键技术.定量遥感经历了第一代“物理机理驱动”和第二代“机器学习驱动”两次热潮,正朝着第三代“物理机理+机器学习混合驱动”的新机制如火如荼发展.一般来说,物理机理模型具有可解释性强等特点,而机器学习模型在自主发现数据间内蕴模式方面具有独特优势.到目前为止,无论是通过物理先验知识辅助或约束机器学习来提升定量反演能力,还是利用机器学习来优化物理机理模型中的结构或参数,均取得了一定的成效.到目前为止,耦合物理机理与机器学习模型仍缺乏统一的理论框架,耦合模型的不确定性、泛化性仍有待探讨.迫切需要以机器学习特别是深度学习技术推动定量遥感的源头创新,更好地迎接定量遥感发展的新挑战与新机遇.

1 核心思想

第一代物理机理模型驱动定量遥感运用数学或物理模型,定量推算或反演地物目标参量.物理机理模型具有可解释性强等优势,但模型包含了大量难以获取和计算的变量,给建模带来极大的不确定性.第二代机器学习模型驱动定量遥感利用机器学习归纳遥感观测数据与地面实测值之间的特定规律,完成地学参量的定量反演.一般来说,机器学习模型对数据的适应性强,但对结果的可解释性差.第三代定量遥感的主要思想是耦合物理机理

与机器学习,发展学习与机理双驱动的反演框架.需要说明的是,机器学习不是对物理机理的简单替代,而是对物理建模的补充与增强(Reichstein *et al.*, 2019).物理机理与机器学习模型相结合的研究范式有望催生一系列全新的处理方法和应用模式,是定量遥感新的发展方向.根据物理机理与机器学习模型耦合过程中所处的主次地位,大致可将第三代定量遥感方法分为物理机理约束机器学习模型、机器学习预测物理机理模型、物理机理与机器学习互补模型等方法(图1).

2 科学价值

定量遥感旨在将多源遥感观测数据定量反演或推算为地学目标参量,形成时空遥感数据产品.几十年来,机器学习已被广泛用于各种地球物理学应用,在加速对地球行为的复杂、交互和多尺度进程的理解方面发挥了关键作用.通过研究如何将物理过程建模与灵活的数据驱动建模相结合、构建耦合物理机理与机器学习模型的定量遥感范式,有望解决遥感数据定量分析难题,最终回答“定量遥感与机器学习能够融合吗?”这一科学问题.该科学问题的解答将极大地推动定量遥感的发展,为定量遥感研究开辟新思路.

3 发展前景

基于物理机理模型的定量遥感结合物理规律和生化性质等知识,不断完善对地球系统的认知和

作者简介:龚健雅(1957—),男,博士,教授,中国科学院院士,长期从事地理信息理论和摄影测量与遥感基础研究. E-mail: gongjy@whu.edu.cn

引用格式:龚健雅,李彦胜,2022.定量遥感与机器学习能够融合吗?地球科学,47(10):3911—3912.

Citation: Gong Jianya, Li Yansheng, 2022. Can Quantitative Remote Sensing and Machine Learning be Integrated? *Earth Science*, 47(10): 3911—3912.

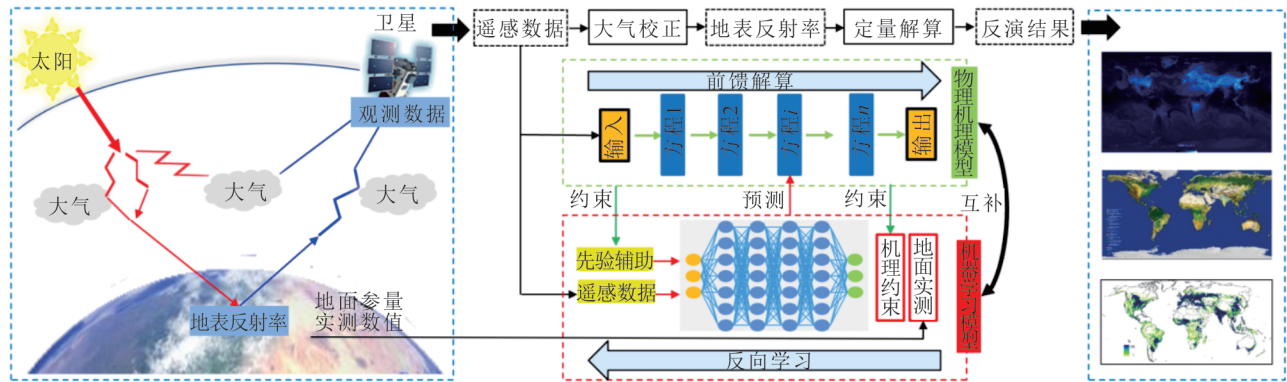


图1 耦合物理机理与机器学习的第三代定量遥感示例

建模的过程.机器学习技术通过数据挖掘来进行学习,它提供了一种在高维空间中发现变量之间关系的方式(Uhlemann *et al.*, 2022).耦合物理机理与机器学习模型的定量遥感,不仅能够处理复杂的物理特性,改善理论和优化系统,还可以弥补机器学习的可解释性,提升模型的效率和精度.两者相互促进与融合,有助于解决遥感数据定量分析的若干难题,为大气、海洋、环境、农林、矿业等研究领域和相关行业提供量化的服务.探索物理机理与机器学习模型深度耦合的新思路、新方法,发展学习与机理双驱动模型的定量遥感,具有广阔的应用前景.

参考文献

- Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., et al., 2019. Deep Learning and Process Understanding for Data-Driven Earth System Science. *Nature*, 566(7743): 195–204. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0912-1>
- Uhlemann, S., Dafflon, B., Wainwright, H. M., et al., 2022. Surface Parameters and Bedrock Properties Covary across a Mountainous Watershed: Insights from Machine Learning and Geophysics. *Science Advances*, 8 (12): eabj2479. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abj2479>