

一种用于流域水文模拟的物理引导深度学习模型

李恒、张春晓*、胡玉乾、楚文浩、沈定涛、陈旻

中国地质大学(北京)

摘要：当深度学习(Deep Learning, DL)在水文学领域展现出前所未有的预测性能时，进一步的愿景是推进物理可解释的 DL，以提高对水文过程的理解。因此，人们越来越有兴趣将基于过程的模型的水文物理学知识集成到深度学习模型中，旨在达到高的模拟性能的同时，实现类似基于过程的模型的物理可解释性。为此，本研究提出了一种嵌入物理的深度学习水文建模架构，该架构将基于过程的水文模型的常微分方程以离散形式嵌入到深度学习框架中，使学习过程以基于过程的方式进行，以提供更好的模型可解释性和数据适应能力。基于该架构，本研究开发了以循环神经网络为主干的混合水文模型。该模型在美国本土大陆的 531 个流域上实现高于纯 DL 的径流预测性能的同时，还很好地捕获了 56 个干旱或少雨气候特征流域的基流动态，提高了模拟的物理一致性。此外，混合水文模型在无监督学习下输出的雪水当量和土壤含水量与估算产品相当一致，这表明模型具有强大的过程推理能力。总之，本研究展示了物理学和深度学习在从大数据中学习水文过程方面的协同潜力，并为缓解两种范式之间的感知障碍提供了新的思路。

关键词：水文学、深度学习、基于过程的模型、混合水文建模