

用于洪水动力过程中波浪传播长期预测的 CAE-LSTM 模型

Abstract template for China Rock 2024

韩征¹² 龙观平¹ 李常丽¹ 李艳鸽^{13*} 粟滨¹ 陈光齐⁴
Zheng Han¹² Guanping Long¹ Changli Li¹ Yange Li¹³ Bin Su¹ Guangqi Chen⁴

- (1. 中南大学土木工程学院, 长沙 410075, 中国;
 2. 轨道交通工程结构防灾减灾湖南省重点实验室, 长沙 410075, 中国;
 3. 重载铁路工程结构教育部重点实验室, 长沙 410075, 中国;
 4. 九州大学工学部, 福岡 819-0395, 日本)
 (1. School of Civil Engineering, Central South University, Changsha 410075, China;
 2. Hunan Provincial Key Laboratory for Disaster Prevention and Mitigation of Rail Transit Engineering Structures, Changsha 410075, China;
 3. The Key Laboratory of Engineering Structures of Heavy Haul Railway, Ministry of Education, Changsha 410075, China;
 4. Department of Civil Engineering, Kyushu University, Fukuoka, 819-0395, Japan)

摘要: 预测洪水动态过程对防灾减灾至关重要。物理信息神经网络(PINN)最近被应用于洪水动态预测, 在预测波浪传播方面表现良好。然而, 训练 PINN 需要大量的定位点来校准误差, 还需要大量的迭代来优化模型参数。因此, 训练一个精确的 PINN 模型需要较高的计算成本。我们首次将卷积自动编码器(CAE)和长短期记忆神经网络(LSTM)的优势结合, 解决了 PINN 在预测波传播时的固有局限性。CAE-LSTM 模型受求解浅水方程(SWE)的有限差分法启发, 从空间和时间角度捕捉和预测水流特征。CAE 利用卷积神经网络提取空间特征, 生成紧凑的潜在表征, 从而降低物理系统的复杂性。LSTM 学习潜在特征空间中的时间依赖性, 并根据时间序列数据预测动态过程。该模型的有效性通过三个经典的二维溃坝案例进行了验证。在 60 秒滚动预测案例中, CAE-LSTM 预测的每个流动特征参数的 RMSE 平均为 0.3, 而 PINN 预测的 RMSE 平均为 1。CAE-LSTM 的准确率提高了 60%左右, 并且其计算效率提高了约 100 倍。上述结果表明, CAE-LSTM 可以捕捉流体的复杂动态特征, 并以较高的鲁棒性有效预测洪水动态过程。

关键词: 深度学习; 时间序列预测; 降阶建模; 洪水动力学; 流体动力学