

基于可解释深度学习模型的盾构掘进姿态实时控制方法研究

Research on real-time control method of shield tunneling attitude and position based on an interpretable deep learning model

张健¹ 郑路¹ 杨增权² 陈光齐^{3,4}

Jian Zhang¹ Lu Zheng¹ Zengquan Yang² Guangqi Chen^{3,4}

(1. 福州大学土木工程学院, 福建福州 350108;

2. 福州地铁集团有限公司, 福建福州 350009;

3. 河北工业大学, 天津, 300131;

4. 九州大学, 日本 福岡 819-0395)

(1. College of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian, 350108, China

2. Fuzhou Metro, Fuzhou, Fujian, 510641, China

3. Hebei University of Technology, Tianjing, 300131, China

4. Kyushu University, Fukuoka, 819-0395, Japan)

摘要: 本研究开发了一种由深度学习和多目标优化算法相结合的方法, 旨在准确预测和动态优化盾构掘进姿态。所提出的深度学习模型由门控循环单元 (GRU) 和全连接层组成, 能够准确地预测到下一时刻的盾构掘进姿态。随后, 通过 SHAP 可解释性分析得到了深度学习模型的关键影响参数, 将深度学习模型所建立的盾构关键掘进参数和姿态参数之间的非线性映射关系作为非支配排序遗传算法-III (NSGA-III) 的适应度函数, 通过不断调整盾构掘进参数来有效地优化盾构掘进轨迹偏差。研究结果表明: 所提出的深度学习模型能够准确地预测到未来时刻的盾构姿态, 6 个姿态参数预测结果的平均 R^2 和 MAE 为 0.97 和 0.71mm。铰接油缸行程、推进千斤顶油压和土仓压力是影响盾构姿态参数的关键掘进参数, 在以上掘进参数的正常优化区间内, NSGA-III 对 6 个目标参数的平均改进率为 77%, 能够有效地减低盾构掘进轨迹偏差及改善隧道施工质量。

关键词: 盾构姿态控制; 多目标优化; 深度学习; NSGA-III; 盾构机