

融合纵向联邦学习和 LSTM 网络剪枝的数据安全岩爆预测方法

A Data-Secure Rockburst Prediction Method Integrating Vertical Federated Learning and LSTM Network Pruning

张昱^{1,2} 方孔宜¹ 王俊超¹
Yu Zhang^{1,2} Kongyi Fang¹ Junchao Wang¹

(1. 北京建筑大学电气与信息工程学院&建筑大数据智能处理方法研究北京市重点实验室, 北京 100044;

2. 中国矿业大学深部岩土力学与地下工程国家重点实验室, 北京 100083)

(1. School of Electrical and Information Engineering & Beijing Key Laboratory of Intelligent Processing for Building Big Data, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

2. State Key Laboratory in China for GeoMechanics and Deep Underground Engineering, China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China)

摘要: 岩爆作为一种主要的地下工程灾害, 其预测对于保障施工安全至关重要。针对岩爆数据的敏感性和隐私保护需求, 本文提出了一种融合纵向联邦学习和 LSTM 网络剪枝的数据安全岩爆预测模型 (VFL-LSTM), 该模型基于长短期记忆递归神经网络 (LSTM) 的岩爆预测模型进行了创新性优化。VFL-LSTM 模型可以分离数据使用和模型训练过程, 确保了岩爆数据的安全性。此外, 为了降低因模型参数众多导致的通信开销, 本文引入了网络剪枝技术, 有效减少了模型参数数量, 从而减轻了联邦学习中的通信负担。同时所提模型采用了 Paillier 同态加密技术, 以解决通信过程中的安全性问题, 确保数据在传输过程中的安全。通过与传统的 CNN、RNN 等模型进行对比实验, 本文所提出的 VFL-LSTM 模型在保证数据隐私、通信安全的同时, 显著提高了岩爆预测的准确率和预测效率。最后, 本文还探讨了 VFL-LSTM 模型在多样化矿场监测数据上的泛化能力, 验证了其在实际工程中的有效性和应用潜力, 为人工智能技术在岩爆预测领域的应用提供了新的视角。

关键词: 岩爆预测; 纵向联邦学习; 网络剪枝; 数据隐私; Paillier 同态加密