论文选题灵感：“ 地质力学数值建模与智能方法在隧道、土体与深层储层中的应用 ”研究方向 MDPI Geosciences

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/41992.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

论文选题灵感：“ 地质力学数值建模与智能方法在隧道、土体与深层储层中的应用 ”研究方向 MDPI Geosciences。期刊名：Geosciences

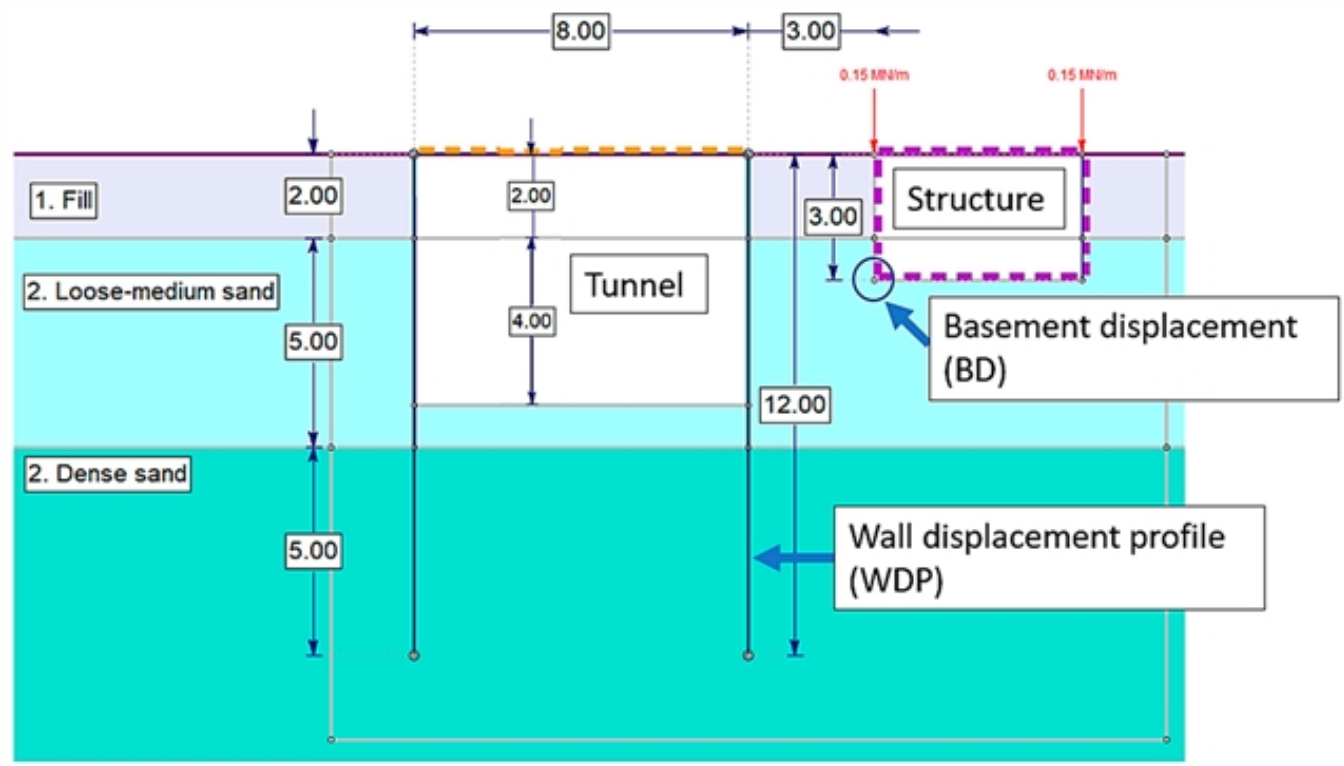
期刊主页：https://www.mdpi.com/journal/geosciences

在软土工程、边坡稳定、隧道与地下工程、以及流 – 固耦合与地质力学等方向，如何选出兼具工程应用价值与学术前沿性的论文选题？本篇示例基于 Geosciences 中近年高被引 / 高关注文章，从观测法与机器学习、土体电阻率测试、CFD-DEM 土壤侵蚀模拟、深层页岩气地质力学建模，到 TBM 岩体智能分类，为您提供 5 组可直接延展的选题灵感。

论文一：

将岩土数值分析与机器学习结合用于观测法项目

https://doi.org/10.3390/geosciences13070196



文章以以色列特拉维夫 Semel 明挖盖板隧道为案例，从设计流程、监测策略与决策支持多个维度，探讨了如何在岩土工程观测法项目中，将有限元数值分析与机器学习算法有机耦合。提出计算框架：

（1）数据生成阶段：在合理的地层与工况参数范围内，自动批量构建有限元模型，形成覆盖多种情景的人工数据库；

（2）数据分析阶段：利用随机森林等机器学习模型，对输入参数与数值结果进行特征重要性分析和变形预测。

研究表明，该耦合方法可以：识别对失稳影响最大的关键参数，优化观测法项目的前期勘察与监测方案；通过初期变形 – 最终变形的数据驱动关系，帮助工程师在施工早期更可靠地预判结构最终响应，从而提升观测法在复杂地下工程中的可操作性与安全性。

· 选题方向参考

1. 观测法与数字孪生的一体化应用：在更多隧道、深基坑与地下工程案例中，将有限元模型与机器学习扩展为真正意义上的数字孪生系统：施工前用大量数值模型构建先验预测框架，施工过程中持续用监测数据更新模型与权重，实现变形与风险的动态反演和滚动评估。

2.监测指标优化与最优观测方案设计：基于特征重要性分析，系统评估不同监测量（如全剖面位移、收敛量、孔压、应力等）对预测精度的贡献，提出在成本可控前提下的**数据最小集监测设计原则**，为观测法项目制定更高效的监测布置与频率。

3.极值工况与高风险场景下的稳健预测：针对文章中提到的机器学习模型对极端值预测能力有限的问题，进一步研究：如何通过扩展参数空间、增加极端工况模拟、引入物理约束的机器学习模

型，增强算法在罕遇工况与高风险场景下的稳健性，为盾构隧道、复杂地层等高风险工程提供保守而可靠的辅助决策工具。

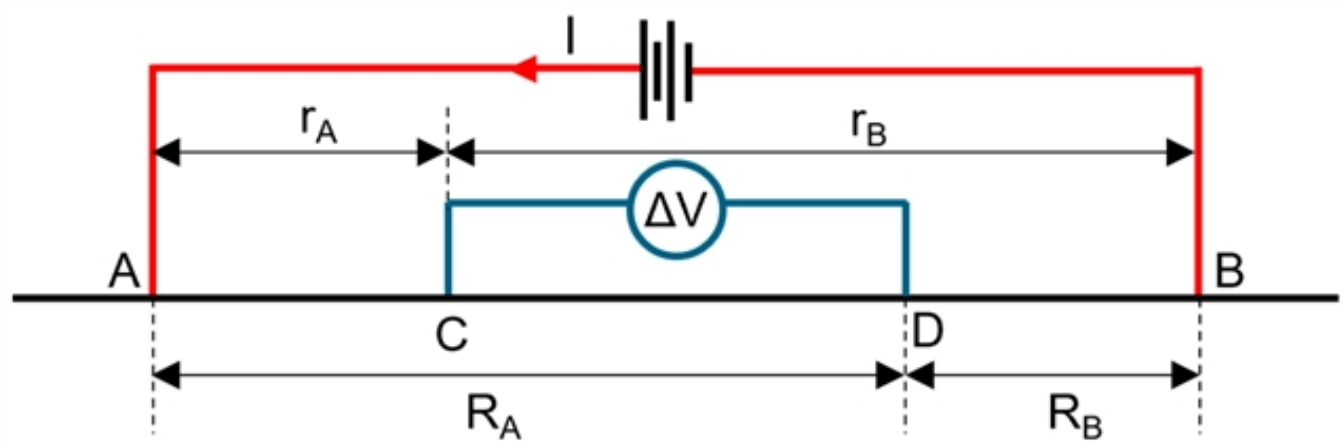
4.跨工程、跨地区的模型迁移与复用：将该方法推广至不同地区和地质条件（软土深基坑、复合地层隧道、岩质隧道等），研究机器学习模型在不同工程与盆地中的泛化能力与迁移路径，构建适用于设计院或施工企业的 可复用岩土智能分析库，降低每个新项目单独建模与训练的成本。

Mitelman, A.; Yang, B.; Urlainis, A.; Elmo, D. Coupling Geotechnical Numerical Analysis with Machine Learning for Observational Method Projects. Geosciences 2023, 13, 196.

论文二

土壤电阻率与岩土工程特性相关性研究综述

https://doi.org/10.3390/geosciences15050166



本文系统综述了土体电阻率与主要岩土工程性质之间的定量关系，涵盖多种土类的室内与现场试验结果。研究表明，含水量是影响电阻率的首要因素，并与电阻率呈稳定的反相关非线性关系；塑性指数、黏粒含量和干密度也是重要控制因素，其中干密度在紧实细粒土中相关性最强。文章对比了回归分析、Spearman 秩相关与人工神经网络（ANN）等方法，发现 ANN 在非线性、非均质土体条件下预测精度更高，显示电阻率试验结合数据驱动技术在非破坏性场地调查、土类识别与压实质量控制中的应用潜力。

· 选题方向参考

未来研究可以从以下方向继续推进：

1. 电阻率 – 岩土指标统一标定：基于多地区、多土类数据，建立可分区应用的电阻率与含水量、干密度、塑性指标等的经验关系，并量化不同气候与母岩条件下的修正系数。

2. 压实与质量控制场景应用：将电阻率测试与灌砂、核子密度仪等方法并行对比，构建电阻率 – 压实度快速判别图，用于路基、堤防和场地回填的现场质量控制。

3. 复杂环境条件修正：系统评估温度、盐度等对电阻率 – 岩土性质相关性的影响，提出适用于海

岸工程、盐渍土、冻土等环境的多变量修正模型。

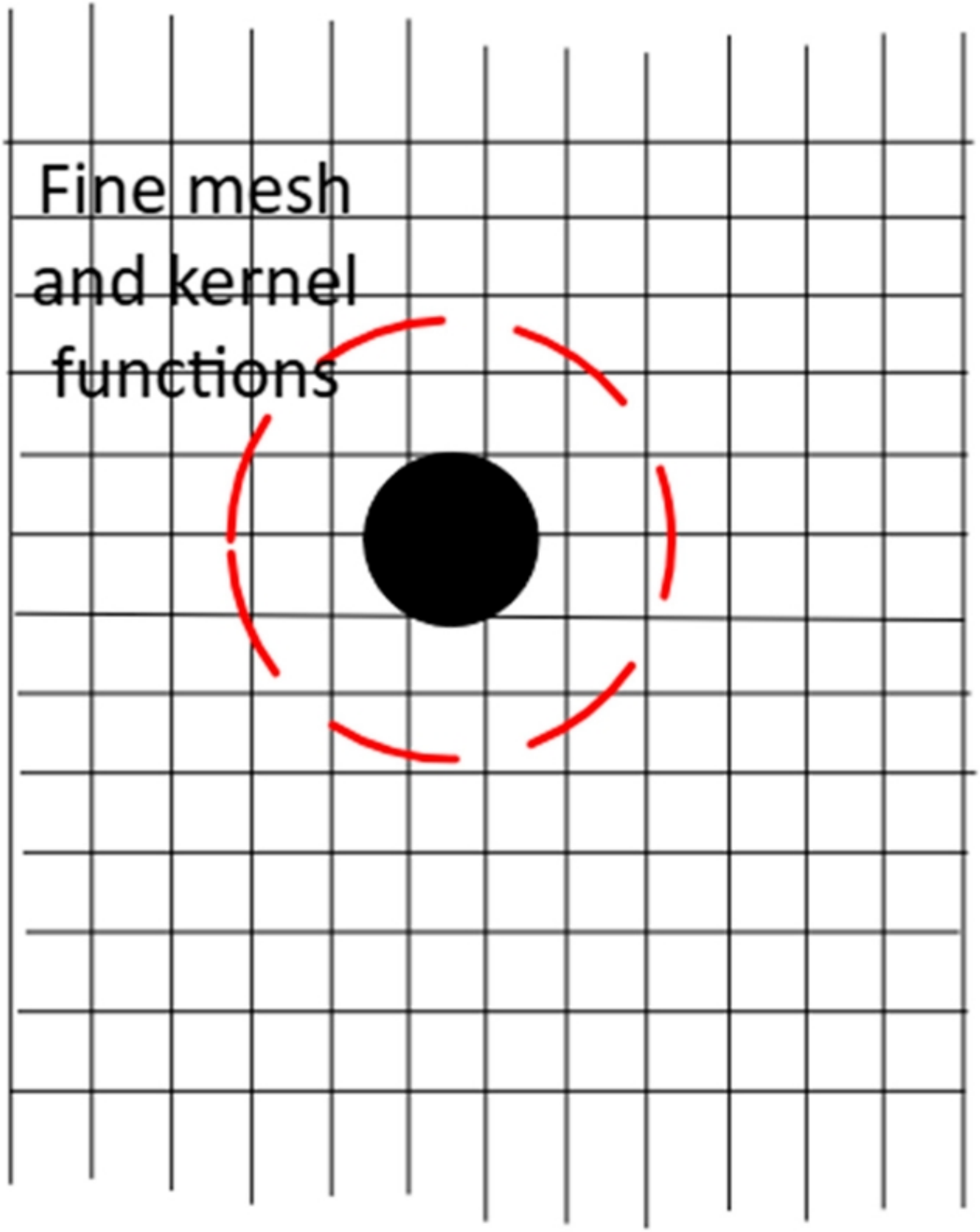
4. 物理 – 数据驱动混合建模：将 Archie 等物理模型与 ANN、随机森林等机器学习方法结合，提高在非均质场地中的预测精度与可解释性，为大尺度电阻率成像反演提供更可靠的土工参数约束。

Sangprasat, K.; Puttiwongrak, A.; Inazumi, S. Review of Correlations Between Soil Electrical Resistivity and Geotechnical Properties. Geosciences 2025, 15, 166. https://doi.org/10.3390/geosciences15050166

论文三

CFD-DEM 耦合建模的最新进展及其在湍流诱发土壤侵蚀中的应用

https://doi.org/10.3390/geosciences15010021



本文围绕流－土相互作用，总结了 CFD-DEM（计算流体力学－离散元法）在湍流诱发土壤侵蚀研究中的应用。文章回顾雨滴冲刷、面蚀、细沟和沟蚀等水蚀过程的流体力学基础，对比层流与

湍流在剪切应力与泥沙输移上的差异，强调 CFD-DEM 在颗粒尺度精细刻画与工程尺度计算效率之间的优势。作者指出湍流模型、颗粒与孔隙尺度作用及拖曳力模型等仍有待完善，并提出将 CFD-DEM 与 AI/ML/DL 结合用于渗流、液化和泥沙输移模拟，是未来值得重点关注的方向。

· 选题方向参考

后续可从以下角度延展：

1. 湍流条件下的细观侵蚀机理模拟:在不同水流工况（明渠、护坡、河岸、坝基等）中，利用 CFD-DEM
精细刻画颗粒受力、脱离与输移路径，对比不同湍流模型和拖曳力模型对侵蚀预测的影响。

2. CFD-DEM + AI 的混合侵蚀预测框架: 将高精度 CFD-DEM 模拟结果与遥感、GIS、监测数据结合，用机器学习/深度学习构建快速侵蚀风险预测模型，在保持物理合理性的同时，满足区域尺度与工程尺度应用需求。

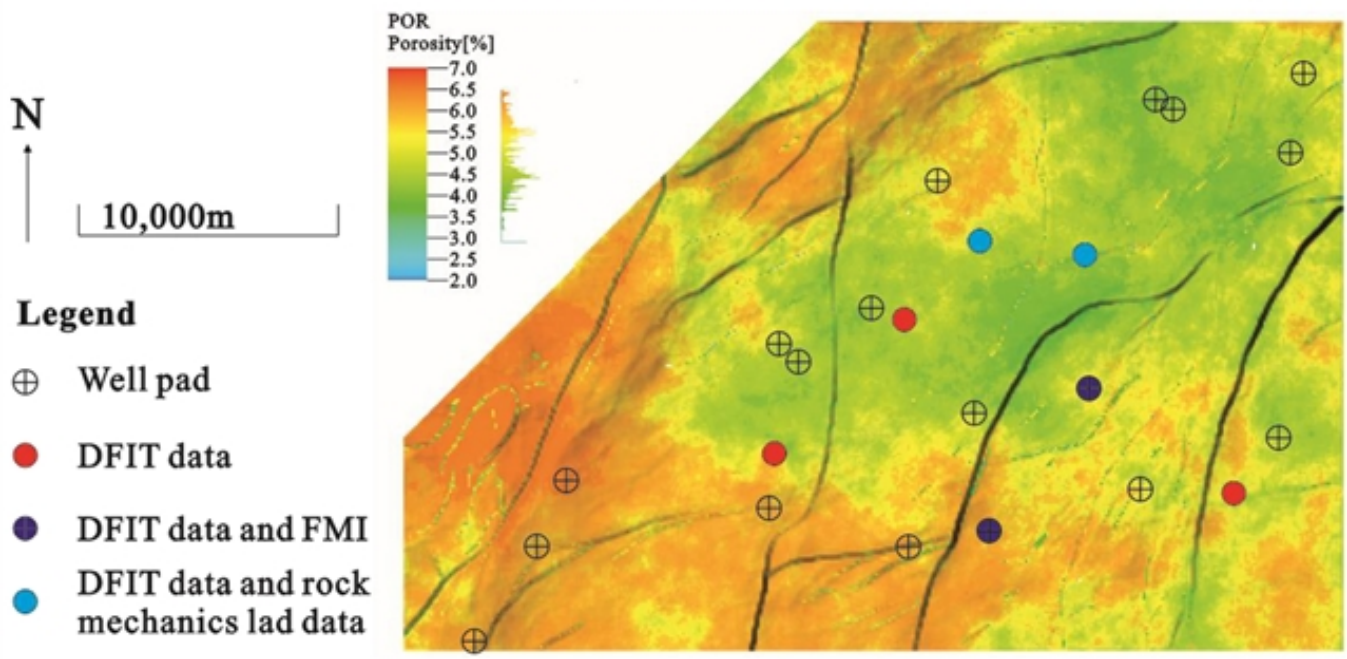
3. 将流 – 土耦合模拟引入工程设计与防护措施优化: 将 CFD-DEM 结果用于反推边坡、防护结构、农田土壤与河岸工程的设计参数，定量评价不同防护措施（植被、护坡结构、消能措施）对减缓侵蚀的效果，为水保、防洪与基础设施保护提供技术依据。

Xu, J.; Wang, F.; Abegaz, R. State of the Art of CFD-DEM Coupled Modeling and Its Application in Turbulent Flow-Induced Soil Erosion. Geosciences 2025, 15, 21.

论文四

基于三维模型的四川盆地泸州区块深层页岩气地质力学研究与应用

https://doi.org/10.3390/geosciences15020065



本文以四川盆地泸州区块深层页岩气为对象，综合声波测井、DFIT 试井、成像测井与室内岩石力学试验，构建了高精度三维地应力 – 地质力学模型。结果表明，龙马溪组储层为异常高压体系（孔隙压力梯度 16.7 – 21.7 kPa/m），以走滑型应力场为主，覆盖压梯度约 25.5 kPa/m，最小水平主应力梯度 18.8 – 24.5 kPa/m。基于该模型，作者实现了井位优化、钻井密度窗口精细设计及分段压裂参数优化：Y65-X 井通过将钻井液密度优化至 1.85 g/cm3，实现斜段一趟钻，周期较邻井缩短 67%；Y2-X 井通过精细分段聚类与压裂参数优化，测试日产达到 50.69×104 m3，显示三维地质力学建模在提高钻井效率与单井产能方面的显著工程价值。

· 选题方向参考

1. 不同构造 – 应力背景下三维地质力学建模流程对比与不确定性评估。

2. 将地质力学模型与压裂数值模拟、微地震监测联用，反演裂缝网络与改造体体积。

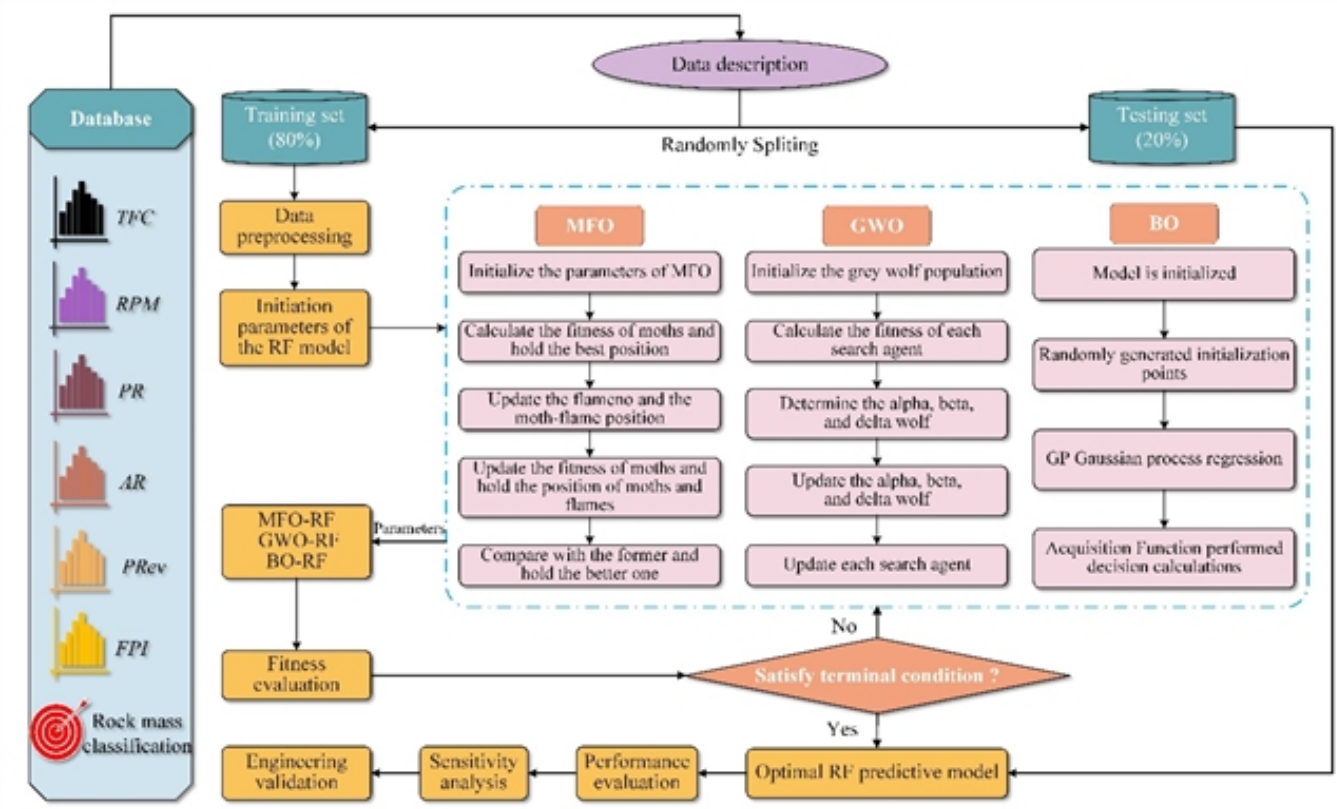
3. 探索基于多井、多场站数据的区域地质力学标定方法，提升模型在新区块的可移植性。

Chen, Y.; Li, W.; Wang, X.; Wang, Y.; Fu, L.; Wu, P.; Wang, Z. Research and Application of Geomechanics Using 3D Model of Deep Shale Gas in Luzhou Block, Sichuan Basin, Southwest China. Geosciences 2025, 15, 65.

论文五

用于隧道施工岩体分类的优化随机森林模型

https://doi.org/10.3390/geosciences15020047



文章聚焦隧道掘进机（TBM）施工中的岩体实时分类问题，从施工安全、设计优化和地质风险控制等多个角度，提出了一套将随机森林模型与元启发式优化算法相结合的智能预测框架。基于544 组 TBM 施工数据，选取推力（TFC）、转速（RPM）、贯入速率（PR）、推进速率（AR）、单转贯入量（PRev）、现场贯入指数（FPI）等关键参数，并使用 RMR
岩体质量分级作为分类标准。在此基础上，构建了三种混合模型：

MFO-RF：飞蛾火焰优化算法（Moth-Flame Optimization）+ 随机森林

GWO-RF：灰狼优化算法（Gray Wolf Optimizer）+ 随机森林

BO-RF：贝叶斯优化（Bayesian Optimization）+ 随机森林

· 选题方向参考

未来研究可朝以下方向拓展：

1. 智能岩体分类在更多隧道场景中的推广：在不同地层和隧道项目中验证并扩展 MFO-RF 等混合模型，构建可复用的 TBM
岩体智能预测库，比较多种优化算法在实际工程中的稳定性和泛化能力。

2. 岩体分类与 TBM 参数联动优化：将实时岩体分类结果与 TBM 推力、转速、推进速率等施工参数相关联，研究不同岩体类别下的最优掘进控制策略，支持自动化或半自动化施工决策。

3. 多源数据支撑的隧道数字孪生：将 TBM 机控数据与勘察、监测等信息融合，构建隧道围岩行

为的数字孪生模型，实现掘进过程中的实时更新和风险预警，提升复杂地层施工安全性。

4. 不平衡数据与高风险岩体的鲁棒识别：针对弱岩体、破碎带等少数高风险类别，优化数据采样和模型训练策略，提高模型在不平衡数据和极端工况下的识别能力，减少误判和漏判风险。

Yang, B.; Jahed Armaghani, D.; Fattahi, H.; Afrazi, M.; Koopialipoor, M.; Asteris, P.G.; Khandelwal, M. Optimized Random Forest Models for Rock Mass Classification in Tunnel Construction. Geosciences 2025, 15, 47.

期刊介绍

主编：Prof. Dr. Alberto G. Fair é n

期刊Geosciences全面涵盖固体地球、大气、水圈、生物圈及空间科学。期刊特设十二大专业栏目：地球化学、地球物理、生物地球科学、自然灾害、水文地质、地质力学、构造地质与构造运动、地质遗产地质公园、沉积学地层学与古生物学、气候与环境、冰冻圈、行星科学与天体生物学。研究议题广泛涉及构造地质学、晶体学与矿物学、能源与矿产勘查（科学、勘探与经济议题）、内生与外生岩石学及地球化学、陨石与行星地质学、地球动力学、地球科学地理信息系统、水文与水文地质学、地层学与沉积学、自然灾害、地质工程、气候变化地质代用指标、古生物学、生物地球化学标记及其在天体地质学与天体生物学中的意义、地质伦理、地质遗产与地质旅游、医学与法医地质学、地质典藏与博物馆学、地球科学教育与能力建设、地球科学国际合作及未来地球等前沿方向。

2025 Impact Factor：2.3

2025 CiteScore：4.4

Time to First Decision：23 Days

Acceptance to Publication：4.5 Days

来源：Geosciences

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发