

利用人工智能开展地质灾害大模型构建与风险评估的策略研究

李新建¹, 刘乔风¹, 闫钢¹, 庞伟杰¹, 邓希^{2*}

1. 广西产研院时空信息技术研究所, 广西南宁 530200

2. 广西产业技术研究院, 广西南宁 530200

DOI: 10.61369/TACS.2025050058

摘要: 地质灾害严重威胁生态环境和人类生命财产安全, 且具有一定复杂性, 传统地质灾害风险评估方法难以满足实际需求。当前, 如何抓住人工智能发展带来的技术支持, 构建出地质灾害大模型, 提升地质灾害风险评估科学性与准确性, 是需要我们深入研究的问题。本文从人工智能技术在地质灾害风险评估中的优势出发, 探讨地质灾害大模型构建的关键环节、应用策略, 并结合具体案例进行具体说明, 旨在推动人工智能在地质灾害领域的深度应用, 提升风险评估的准确性与时效性, 为防灾减灾提供有力支撑。

关键词: 人工智能; 地质灾害; 大模型构建; 风险评估

Research on Strategies for Constructing Geological Hazard Large Models and Risk Assessment Using Artificial Intelligence

Li Xinjian¹, Liu Qiaofeng¹, Yan Gang¹, Pang Weijie¹, Deng Xi^{2*}

1. Institute of Spatiotemporal Information Technology, Guangxi Academy of Industrial Technology,
Nanning, Guangxi 530200

2. Guangxi Academy of Industrial Technology, Nanning, Guangxi 530200

Abstract: Geological hazards pose a serious threat to the ecological environment and human life and property safety, and they are somewhat complex. Traditional methods for assessing geological hazard risks are difficult to meet actual needs. At present, how to seize the technical support brought by the development of artificial intelligence, construct large models of geological hazards, and improve the scientificity and accuracy of geological hazard risk assessment is a problem that requires in-depth research. Starting from the advantages of artificial intelligence technology in geological hazard risk assessment, this paper discusses the key links and application strategies of constructing large models of geological hazards, and makes specific explanations combined with specific cases, aiming to promote the in-depth application of artificial intelligence in the field of geological hazards, improve the accuracy and timeliness of risk assessment, and provide strong support for disaster prevention and mitigation.

Keywords: artificial intelligence; geological hazards; large model construction; risk assessment

引言

我国主要地质灾害类型包括地裂缝、沉降、地面塌陷、泥石流、滑坡、崩塌等, 具有危害严重、活动频繁、分布广泛等特点^[1]。地震、强降雨过程等, 都可能会诱发此类灾害, 给当地人的生命安全与财产安全带来威胁。而且, 近年来人类工程活动加剧、全球气候变化加快, 促使地质灾害发生频率与强度明显上升, 相关问题更加棘手。为了更好地保障人民生命财产安全, 以及社会经济可持续发展, 我们需要准确评估地质灾害风险, 结合评估结果提前做好防范措施^[2]。

一、人工智能技术在地质灾害风险评估中的优势

(一) 强大数据处理能力

地质灾害数据来源广泛, 比如地震台网数据、卫星遥感数据、地质勘探数据、气象监测数据等都是地质灾害风险评估中需

要采集和分析的数据。数据的这种多模态特性, 决定了地质灾害风险评估对数据处理能力要求较高^[3]。人工智能具有批量处理数据的能力, 比如卷积神经网络能够快速分析高分辨率卫星遥感影像、循环神经网络能够快速处理时间序列数据, 为我们识别滑坡、崩塌等地质灾害隐患区域, 发现地质活动规律和趋势提供了

基金项目: 广西产研计划项目《Space-Time 泛在地理环境监测时空大数据云平台关键技术研究及应用》(项目编号: CYY-HT2023-JSJJ-0025)。

技术支持^[4]。

(二) 强大的模式识别与特征提取能力

人工智能可以通过分析原始数据提取出地质灾害的关键特征，帮助我们对灾害发生的可能性与严重程度进行更准确预测，比如机器学习算法能够综合分析地质构造、地形地貌、岩土体性质、降水等多方面数据，构建灾害与各因素之间的映射关系。

(三) 实时性与动态更新能力

人工智能可以实时接收、分析气象、地震监测数据，动态化分析、呈现地质灾害风险评估结果。基于人工智能模型的实时监测与预警系统快速分析数据，持续监测异常情况，并在发现异常之后自动发出预警信息，为我们进行应急响应争取到更多宝贵时间，相比于传统静态评估方法更具时效性^[5]。

二、地质灾害大模型构建关键环节

(一) 多源数据采集与整合

1. 数据来源

基于人工智能模型的地质灾害风险评估，需要采集、分析空间数据、地质数据、气象数据、地震监测数据以及社会经济数据。

2. 数据整合与预处理

地质灾害大模型的数据来源较为丰富，而且不同来源的数据在格式、精度、时空尺度等方面存在明显差异，所以数据整合与预处理是十分重要的一环，其具体流程如图1所示。在该环节，需要通过地理信息系统（GIS）技术把各类空间数据统一到相同的地理坐标系下，进行数据融合；利用插值法、统计滤波等方法处理缺失值、异常值；对数值型数据进行标准化或归一化，使不同特征的数据具有可比性^[6]。

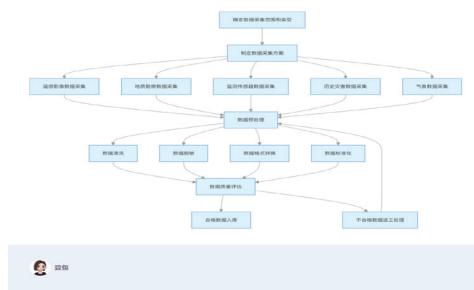


图1 地灾数据采集与预处理流程图

(二) 特征工程与变量筛选

1. 特征提取

在特征提取环节，需要根据数据类型选择不同的特征提取方法，比如针对遥感影像数据，可以采用边缘检测、纹理分析、光谱特征提取等技术，针对地质数据，可以对岩土体的力学参数、地层结构特征进行提取。

2. 变量筛选

变量筛选主要包括相关性分析、重要性评估、主成分分析等三个方面的工作，其作用在于分析哪些因素对地质灾害的发生具有显著影响、哪些因素可能存在相关性，最终筛选出研究中涉及

的变量。

(三) 模型选择与构建

1. 机器学习模型

在地质灾害风险评估中，逻辑回归模型、决策树模型、随机森林模型等都有广泛应用，需要我们根据实际需求进行选择。

2. 深度学习模型

深度学习模型主要应用于复杂地质灾害数据处理，比如卷积神经网络在处理图像和空间数据方面有显著优势，循环神经网络则能够更为快速地处理地震活动数据、降雨随时间变化数据等具有时间序列特征的数据。

3. 模型融合

为了进一步突破地质灾害大模型的局限性，提升其性能，需要通过投票法、平均法、Stacking 融合策略等不同方法对不同模型进行融合。

(四) 模型训练与优化

1. 训练数据划分

采集到的数据经过整合处理之后，需要进行数据集划分。在地质灾害大模型中，主要包括训练集、验证集和测试集等3个子集，具体操作中要保证各子集的数据分布与总体数据分布相似，避免因数据偏倚影响模型评估准确性。

2. 超参数调优

常用的超参数调优方法有网格搜索、随机搜索，以及基于贝叶斯优化的超参数调优方法，它们在实际应用中各有优势。

3. 模型优化策略

为提高模型训练效果，可以通过正则化方法，随机梯度下降（SGD）及其变种 Adagrad、Adadelta、Adam 等优化算法进行模型优化，使其满足复杂地质灾害评估需求。

三、基于人工智能大模型的地质灾害风险评估策略

(一) 风险评估指标体系构建

基于地质灾害形成机理和影响因素分析结果，把自然因素、地质构造、风险评估指标体系、气象水文、人为因素等指标纳入风险评估指标体系，其组成与数据处理流程如图2所示。

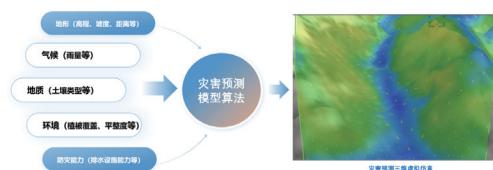


图2 风险评估指标体系

(二) 风险评估流程设计

风险评估流程主要包括数据输入与处理、风险等级划分、风险评估报告生成、结果反馈等多个环节。数据输入与处理是指把多源数据输入经过训练优化的大模型中，进行特征提取、分析与处理，准确识别潜在的地质灾害隐患区域，并预测各区域的灾害发生概率及其可能造成的损失。风险等级划分环节需要对比数据分析结果与设定的风险阈值，根据其结果将评估区域划分为低风

险、中风险、高风险区域。风险评估报告内容包括风险评估结果可视化地图、各风险等级区域的详细分析、灾害防治建议等。大模型生成风险评估报告之后，要将其反馈给相关部门，指导其进行防灾减灾决策^[7]。

(三) 不确定性分析与风险管理

数据误差、模型不确定性、地质条件复杂性等不确定性因素，都会影响地质灾害风险评估结果，所以为了得到更为可靠的地质灾害风险评估结果，我们需要进行不确定性分析与风险管理。在不确定性分析环节，可以通过蒙特卡洛模拟方法评估风险的不确定性范围。在风险管理环节，需要根据风险评估结果制定针对性地防灾减灾措施，建立风险动态管理机制。

四、案例分析

某山区开展地质灾害风险评估项目采用人工智能技术构建风险评估模型，通过该模型收集相应区域的卫星遥感影像、地质勘查数据、气象监测数据、历史灾害记录，保证数据多源性和覆盖范围；对收集到的数据进行整合与预处理；利用特征工程技术提取地形地貌、地质构造、气象水文等方面的关键特征；通过相关性分析和随机森林特征重要性评估，筛选出对地质灾害影响显著的变量。为了进一步提升大模型的性能，技术人员融合卷积神经网络和随机森林模型进行融合。融合之后的大模型，通过卷积神经网络提取遥感影像进行特征，通过随机森林对多因素进行综合分析与分类。接下来，技术人员通过对训练集的学习和验证集的超参数调优，构建出适用于该山区的地质灾害风险评估模型。技术人员将测试集数据输入模型进行评估，其结果显示构建的模型可以准确识别出该山区的高风险区域（如下图所示），而且识别结果与实际发生的地质灾害情况吻合度较高，表明模型识别高风险区域的结果可靠^[8]。该模型提供的评估结果，为当地政府制定针对性的防灾减灾措施提供了重要参考，提升了当地居民的生命财产安全系数。

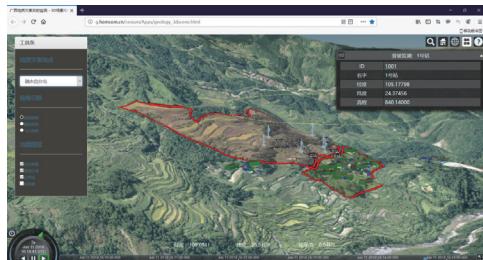


图3 某地地质灾害实时监测结果(1)

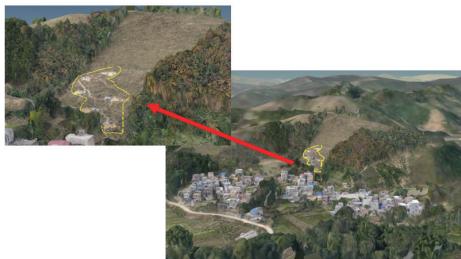


图4 某地地质灾害实时监测结果(2)

五、面临的挑战与应对策略

(一) 数据质量问题

地质灾害的发生与多种因素有关，数据来源相对复杂，而且部分数据存在数据缺失、错误、不一致等质量问题。比如，因测量技术限制，一些早期的地质勘查数据精度相对较低，部分气象监测站点提供的数据可能存在异常值，这些数据质量问题会显著影响地质灾害风险评估结果。为了得到更为可靠的评估结果，我们需要重视这些数据质量问题，建立严格的数据质量控制体系^[9]。数据质量控制体系需要明确数据采集流程、测量设备和方法，以保证数据的准确性与一致性；选择科学的数据质量检查方法，比如通过数据清洗算法识别、纠正数据中的错误、缺失值、异常值；构建适用的数据审核机制，指导专业人员审核收集到的数据，保证其质量。

(二) 数据获取困难

地质灾害数据具有多源性特点，其数据获取工作中天然面临较多困难，而且地质条件相对复杂的区域、偏远山区缺乏监测设备、交通不便，在采集数据面临的困难更多。另外，地质灾害数据采集涉及不同部门和机构，它们相对独立，相互之间的沟通与合作不够紧密，且当前还缺少完善的数据共享机制。数据获取中的这些困难，将直接影响地质灾害风险评估工作的开展及其结果的可靠性^[10]。针对上述问题，我们需要适当增加在地质灾害监测设备购置方面的资金投入，构建覆盖范围更大的监测网络，将那些偏远地区、地质条件较为复杂的地区纳入监测范围，以保证数据采集全面性；建立智能化数据管理平台，拟定数据共享标准与规范，加强不同部门之间的数据共享与相互合作。

参考文献

- [1] 蒋明镜,王华宁,张璐璐,等.水合物开采及海洋环境诱发地质灾害机理和风险评估研究现状与展望[J].工程地质学报,2024,32(04):1424-1438.
- [2] 卢小兵.水工环地质技术在矿山地质灾害防治中的应用[J].世界有色金属,2024,(16):121-123.
- [3] 邓丽,杨波,何斌,等.关岭布依族苗族自治县暴雨灾害风险评估、区划及实例分析[J].农业灾害研究,2024,14(08):308-310.
- [4] 潘建磊,梁庆国,刘海生,等.黄土液化作用及其次生灾害风险评估方法初探——以积石山MS6.2地震为例[J].地震工程学报,2024,46(04):836-845.
- [5] 麻战洪,文宁,谈超,等.市县国土空间开发风险评估技术——以湖南省常德市为例[J].国土与自然资源研究,2024,(05):7-13.
- [6] 杨敏.矿区地质灾害链网络模型构建及防治对策研究[J].能源与环保,2024,46(05):121-126+132.
- [7] 周丽芸,赵祈溶,王莉,等.模型构建器在地质灾害易发性评价中的应用[J].测绘与空间地理信息,2023,46(11):174-176+179.
- [8] 李荣军,章达成,王联友.基于ArcGIS算法支持下的降雨型地质灾害易发性评价模型构建[J].测绘标准化,2023,39(03):99-103.
- [9] 吴润泽,朱敏毅,付小林,等.三峡库区地质灾害趋势预测模型构建与预警系统开发[J].华南地质,2023,39(03):455-469.
- [10] 常连远,焦德智,司栋栋,等.海岛地区地质灾害易发性评价模型构建研究——以岱山县衢山镇为例[J].防灾科技学院学报,2021,23(01):59-67.