

Application of Artificial Intelligence in Seismic Geomagnetic Data Processing

Chang Yu¹ Tiexin Lv²

1. Jilin Earthquake Agency, Changchun, Jilin, 130117, China

2. Changchun Jirun Jingyue Hospital, Changchun, Jilin, 130021, China

Abstract

With the increasing demand for earthquake and geomagnetic data analysis, traditional data processing methods face significant challenges. The introduction of Artificial Intelligence (AI) technology provides a new solution for processing earthquake and geomagnetic data. By applying advanced algorithms such as deep learning and machine learning, AI can significantly improve the efficiency and accuracy of data processing, especially in areas such as data preprocessing, pattern recognition, and anomaly detection. Earthquake and geomagnetic data are complex and multi-dimensional, and traditional methods struggle to handle their large volumes and high-dimensional characteristics. However, AI, through automated learning, feature extraction, and model optimization, can more effectively process these data.

Keywords

Artificial Intelligence; Earthquake Data; Geomagnetic Data; Data Processing; Deep Learning

人工智能在地震地磁数据处理中的应用

于畅¹ 吕铁鑫²

1. 吉林省地震局, 中国·吉林 长春 130117

2. 长春吉润净月医院, 中国·吉林 长春 130021

摘要

随着地震和地磁数据分析需求的不断增加, 传统的数据处理方法面临着巨大的挑战。人工智能 (AI) 技术的引入, 为地震地磁数据的处理提供了新的解决方案。通过应用深度学习、机器学习等先进算法, 人工智能能够显著提高数据处理的效率和精度, 尤其在数据预处理、模式识别和异常检测等方面展现了强大的能力。地震地磁数据具有复杂性和多维性, 传统方法难以应对其庞大数据量和高维特性, 而人工智能通过自动化学习、特征提取及模型优化, 能够更有效地处理这些数据。

关键词

人工智能; 地震数据; 地磁数据; 数据处理; 深度学习

1 引言

随着科技的不断进步, 地震地磁数据的处理技术也在不断发展。地震和地磁数据是地球物理学中不可或缺的基础数据, 广泛应用于地震预测、矿产勘探、环境监测等领域。然而, 这些数据量庞大且复杂, 传统的处理方法面临处理效率和精度的双重挑战。近年来, 人工智能技术的快速发展为解决这些问题提供了新的契机。通过利用机器学习和深度学习等人工智能技术, 可以在数据预处理、特征提取、异常检测和模式识别等方面实现自动化和精确化, 极大提升了数据处理的效率和效果。此外, 人工智能还能够帮助处理大规模、多维度的数据集, 克服传统方法在复杂数据面前的局限性。

【作者简介】于畅 (1989-), 女, 硕士, 工程师, 从事吉林省地球物理站网管理、地震地磁数据处理分析研究。

因此, 人工智能在地震地磁数据处理中的应用逐渐成为研究的热点, 具备广阔的应用前景和发展潜力。

2 人工智能在地震地磁数据处理中的基本概念

2.1 地震地磁数据的特点与挑战

地震地磁数据包含大量的时空信息, 具有复杂性和多样性。地震数据通常表现为连续的时间序列, 包含强烈的噪声和非线性波动, 如何从海量的噪声中提取有效信息是其处理中的一大挑战。地磁数据则具有空间分布的特点, 其变化受到多种因素的影响, 数据本身复杂且高维, 需要对其进行有效的分析与处理。数据量庞大、采集频率高、噪声干扰严重以及信号的非线性和时变性, 都是地震地磁数据处理中不可忽视的难题。传统的方法难以应对这种高维复杂的数据, 尤其是在面对大规模数据时, 处理速度和精度都受到极大限制。

2.2 人工智能的基本原理与技术

人工智能 (AI) 是模拟人类智能过程的技术, 主要包括机器学习、深度学习、自然语言处理等多个领域。机器学习是让计算机通过数据学习并做出预测的技术, 其核心在于通过算法优化模型, 使得系统能从经验中不断改进。深度学习则是一种多层次的机器学习方法, 利用神经网络结构对复杂数据进行特征提取和模式识别, 能够在大数据环境下自动学习到有价值的信息。人工智能还涉及自然语言处理、图像识别等技术, 能够通过大量数据训练模型, 自动从数据中学习规律并进行推理, 解决实际问题。

3 人工智能在地震数据处理中的应用

3.1 地震数据的预处理与降噪

地震数据中包含大量噪声, 这些噪声可能来源于外部环境的干扰或数据采集过程中的不稳定性。人工智能特别是深度学习模型, 能够在数据预处理阶段识别噪声与有效信号, 并进行自动化降噪。以卷积神经网络 (CNN) 为例, 它可以通过自动学习地震数据的特征, 识别出哪些部分是噪声, 哪些部分是有用信号, 进而对信号进行增强或去除噪声。研究表明, 使用 AI 模型处理的地震数据相比传统方法在信噪比方面有显著提升。例如, 某研究中通过卷积神经网络进行降噪处理后, 信噪比提高了约 25%。AI 技术还能够处理不同类型的噪声, 如地面振动、电磁干扰等, 提高数据质量, 为后续的地震事件分析提供可靠的数据基础。

3.2 地震波形识别与事件检测

地震波形识别与事件检测是地震数据处理中的关键环节。传统方法依赖人工设置规则进行波形识别, 但这种方法的效率低且准确性较差。人工智能, 尤其是基于深度学习的神经网络, 能够通过自动学习大量的地震波形样本, 识别波形中的特征模式, 并快速准确地检测地震事件。以长短期记忆网络 (LSTM) 为例, 它可以处理时序数据, 捕捉波形中的时间依赖关系, 实现对地震波形的精准分类。在实际应用中, 基于 LSTM 的模型在地震事件检测中显示出高达 90% 的准确率。通过人工智能, 地震波形的自动识别与事件检测不仅提高了数据处理的速度, 还减少了人工干预, 极大提升了地震预警的时效性和准确性。

4 人工智能在地磁数据处理中的应用

4.1 地磁数据的处理与分析方法

地磁数据的处理与分析面临诸多挑战, 主要包括数据噪声、信号的微弱性和空间分布的复杂性。地磁数据通常包含大规模的时空信息, 且信号的变化受到地质结构和环境因素的影响。人工智能 (AI) 技术, 尤其是深度学习和机器学习, 已经成为地磁数据分析的重要工具。通过卷积神经网络 (CNN) 和自编码器深度学习模型, AI 能够从海量数据中提取有效特征, 自动进行数据降噪和信号增强。AI 技

术在数据预处理阶段的应用, 能够有效去除背景噪声, 增强地磁信号的有效成分, 提高数据的质量和精度。在分析阶段, 深度神经网络 (DNN) 和递归神经网络 (RNN) 等模型能够通过自动学习地磁数据的时空特征, 对数据进行建模, 从而识别地磁异常和潜在的地下活动。此外, 人工智能技术还能够帮助研究人员进行数据的自动分类和模式识别, 使得地磁数据的分析更加高效且精确。通过对数据进行深入的处理和分析, AI 可以揭示地磁信号与地下结构变化之间的潜在关系, 从而为矿产勘探、地震预测等提供数据支持。

4.2 地磁异常检测与源定位

地磁异常检测与源定位是地磁数据处理中的核心任务, 尤其是在地质勘探和灾害预警领域。人工智能在这一领域的应用, 极大地提升了异常检测的精度和源定位的准确性。传统方法依赖人工设定规则对地磁数据进行分析, 但由于数据量庞大且复杂, 人工方法往往难以应对。人工智能, 尤其是深度学习和聚类算法, 通过对历史地磁数据进行训练, 能够自动识别并分类异常信号。深度神经网络 (DNN) 和支持向量机 (SVM) 等模型, 可以在地磁数据中自动识别出与地下异常源相关的特征, 并对信号进行分类和标记。例如, AI 可以在地磁数据中识别出由地壳活动引起的异常信号, 定位到矿藏、火山或断层等地下源的位置。AI 还能够结合空间数据, 进行多源数据融合, 从而提供更加精确的源定位。此外, 聚类分析方法, 如 K 均值聚类和 DBSCAN 等, 可以有效地识别和分组地磁数据中的异常点, 实现异常信号的快速筛选。通过机器学习和深度学习, 人工智能不仅提高了地磁异常的检测精度, 还为地下资源勘探和地震预测提供了更为可靠的数据支持。

4.3 地磁数据与地震数据的融合分析

地磁数据与地震数据的融合分析是地质灾害预警中的重要环节, 尤其在地震预测和地下活动监测中具有广泛应用。地震和地磁现象之间存在着密切的关联, 地震波传播和地下结构变化常常会在地磁信号中留下明显的痕迹。人工智能通过深度学习、神经网络等技术, 可以实现地震数据和地磁数据的融合分析, 进而提升对地震活动的预测能力。AI 技术能够自动识别地震和地磁信号之间的相关性, 通过建立多模态学习模型, 将两者的特征进行融合分析。例如, 卷积神经网络 (CNN) 可以用于提取地震波形和地磁信号中的时空特征, 并通过学习模型建立两者之间的关联性, 从而在地震发生前的几小时内, 实时监测到潜在的异常波动。地震和地磁数据的融合分析, 不仅能够提高地震预测的准确性, 还能帮助科学家更好地理解地下活动与地磁信号变化之间的关系, 为灾害预警和应急响应提供有力支持。随着 AI 技术的不断进步, 数据融合分析将在地震监测、矿产勘探等领域发挥越来越重要的作用。

5 人工智能提升地震地磁数据处理的效率与精度

5.1 深度学习模型在数据处理中的应用

深度学习模型在地震地磁数据处理中的应用为提高数据处理效率和精度提供了强大的支持。深度学习是模拟人类神经网络的一种学习算法,通过多层的网络结构,能够从大量数据中自动学习到复杂的模式和特征。在地震和地磁数据处理方面,深度学习模型,尤其是卷积神经网络(CNN)和长短期记忆网络(LSTM),已经成为解决复杂问题的主流方法。卷积神经网络在图像和信号处理中的应用已得到广泛验证,它能够自动提取地震波形或地磁信号中的时空特征,识别出有意义的模式。在地震预警系统中,CNN能够通过学习历史数据中的波形特征,识别潜在的地震事件,并提前发出预警。LSTM网络则擅长处理时序数据,它能够捕捉到地震和地磁数据中的时间依赖性,在预测地震发生的时刻和震中位置时表现出优异的性能。深度学习模型的应用,不仅提高了数据处理的精度,还能够通过自动化学习大大缩短了数据分析的时间,使得地震和地磁数据的实时监测和快速响应成为可能。

5.2 机器学习算法优化数据分析流程

机器学习算法在数据分析流程中的优化作用不容忽视,特别是在地震地磁数据的处理与分析中,机器学习能够有效提升数据分析的效率和精度。机器学习技术,特别是支持向量机(SVM)、决策树(Decision Tree)和随机森林(Random Forest)等算法,能够自动从数据中提取关键特征,并进行分类和回归分析。机器学习的优势在于它能够处理复杂的非线性问题,并通过不断优化模型,提升分析结果的准确性。在地震数据处理中,机器学习算法能够通过学习历史地震数据,发现潜在的震中位置和震级预测规律,从而实现地震事件的快速预测。在地磁数据分析中,机器学习算法能够有效地识别出异常信号,并对异常点进行标记和分类。通过优化数据分析流程,机器学习不仅减少了人工干预,提高了分析效率,还通过不断学习和优化,提高了预测结果的准确性。机器学习技术的引入,使得地震地磁数据分析更加自动化,处理速度大大提高,能够更快地响应实际需求。

5.3 人工智能在实时监测中的应用

人工智能在实时监测中的应用,尤其是在地震地磁数据的实时处理和预警系统中,展现了巨大的优势。实时监测要求系统能够在最短时间内对大规模数据进行处理,并迅速

给出反馈,传统的数据处理方法常常因为计算速度和精度的问题难以满足这种需求。人工智能,特别是深度学习和机器学习,通过实时分析大量的地震和地磁数据,能够准确识别出潜在的地震活动或地质异常。AI系统可以通过与物联网设备结合,实时接收来自多个监测点的数据,并对其进行分析。例如,在地震监测中,AI能够通过分析实时的地震波形信号,识别出是否存在地震活动,并预测震中位置和震级。在地磁监测中,AI能够实时分析地磁信号的波动,识别出潜在的地质变化或异常事件,及时发出预警。人工智能的实时监测系统大大提高了应急响应的效率,尤其是在自然灾害和地下资源勘探等领域,通过AI技术的实时分析,能够迅速做出决策并采取相应措施,提升了灾害防控能力。

6 结语

人工智能在地震地磁数据处理中的应用,显著提升了数据分析的效率与精度。通过深度学习、机器学习等先进技术,AI不仅优化了地震波形识别、地磁异常检测和源定位,还推动了地震地磁数据的融合分析,为灾害预警和资源勘探提供了更加可靠的技术支持。随着AI技术的不断发展,其在实时监测、数据预处理和预测分析中的应用前景更加广阔。尽管当前人工智能在地震地磁数据处理中的应用仍面临数据质量、模型训练和计算资源等挑战,但随着技术的进步和硬件的提升,AI的应用将更加普及,并为地震地磁监测领域带来更多创新解决方案。未来,人工智能将继续推动地震地磁数据分析的智能化和高效化,进一步加强对自然灾害的预测能力,提升灾害响应和资源管理的水平,对保障社会安全和可持续发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 王天姿.人工智能在二连盆地油气勘探中的应用研究[A].第九届数字油田国际学术会议暨长安大学智慧油气田研究院成立20周年庆典论文集[C].长安大学智慧油气田研究院:2025:141-150.
- [2] 李帅,蒋策,田平,范莉苹,夏登科,房立华.深度学习在地震数据处理中的应用[J].物探化探计算技术,2025,47(05):623-640.
- [3] 孟令媛,胡峰,臧阳,司旭,闫伟,田雷,赵小艳,张致伟,韩颜颜,王月.川滇地区人工智能地震预测模型应用[J].地震研究,2026,49(01):43-50.
- [4] 修宏祥,陈玉秀.人工智能辅助工业厂房强震动监测抗干扰试验研究[J].工程与试验,2025,65(03):70-71+81.