

人工智能技术在地学中的应用前景与展望

Application Prospect of Artificial Intelligence Technology in Geology

林年添 张凯 张冲 田高鹏 杨久强

山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室 山东科技大学地球科学与工程学院 青岛 266590

人工智能的概念最早可追溯到上世纪 50 年代，它是研究和开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学，经过漫长的发展历史，人工智能技术在语音识别、图像处理、行为检测、智能控制、机器人学等领域发挥着越来越重要的作用。近年来，人工智能发展进入新阶段，呈现出人工智能技术与其它学科交叉融合等新特征，在其它领域更是呈现了快速发展的趋势。人工智能技术在其他领域的快速发展，极大推动了在地学领域的应用，对解决各类地学问题提供了新的途径。更新后的人工智能技术在地学领域又有了新的应用，这也预示着人工智能技术在地学相关领域具有的良好应用前景。本文重点对人工智能技术在地学中几个领域的应用情况进行介绍：

1 勘探地球物理方面

在该领域，机器学习热点应用主要集中在流体矿藏勘探领域中的地震数据处理与综合解释方面。在地震数据处理与综合解释方面的应用主要有断层的识别、地震数据去噪、地震储层预测等。针对断层裂缝识别与预测问题，众多学者对此进行了大量研究，通过构建多种深度学习网络实现了断层裂缝的智能识别（Huang et al., 2017; Wu et al., 2019）；在地震资料去噪方面，利用人工智能技术，地震噪声压制和信号增强等获得了较好的应用效果（Chen et al., 2017; Liu et al., 2018; Wang et al., 2019）；在地震储层预测方面，深层神经网络、支持向量机、卷积神经网络等方法被用于油气特征、储层参数的智能提取与识别（林年添等, 2018; 付超等, 2018; Zhang et al., 2019）。此外，人工智能技术在初值拾取（Luo et al., 2018），速度智能分析（林年添等, 2013; Ma et al., 2018），地震相分析（Xie et al., 2017; Wrona et al., 2018; Qian et al., 2018），地震资料层位自动拾取与解释（Silva et al., 2019; Baron et al., 2019）、多属性信息融合（Zhang et al., 2019）、岩丘识别（Shi et al., 2019）等的应用也取得了一些重要进展。

根据 2018SEG 年会资料显示，除了上述在地震数据处理与综合解释相关方面的突出应用和发展外，在其它领域，如测井资料处理与解释、重磁电非地震资料处理与解释、井孔与岩石物理数据分析、微地震资料处理与解释、油藏表征与油气开发数据分析等方面也有了一定的应用和发展（赵改善, 2018）。这几方面也是人工智能技术未来具有更大应用潜力的领域。

地震数据处理与综合解释方面虽然应用机器学习方法取得了一些进展，但地震数据处理中的速度分析及地震资料解释中的构造解释，仍然是人工耗时最大的环节，因此应用人工智能技术解决速度分析和建模（林年添等，2013）及地震油气储层的直接识别（付超等，2018；林年添等，2018；Zhang et al., 2019）值得深入研究与关注。

2 矿物岩石识别方面

通过机器学习等智能算法对岩石图像特征进行分析处理，减少对于专业知识和设备的依赖，从图像识别出发达到识别矿物岩石岩性的目的（李苍柏，2018），为岩石岩性、矿石矿物的自动分类提供了一条新的途径。

岩石岩性的自动识别与分类：Singh et al.（2010）构建神经网络对玄武岩矿物图像进行处理分析，实现了对玄武岩矿物纹理的有效识别；张嘉凡等（2016）提出了基于聚类分析算法的岩石 CT 图像分割及量化方法；张翠芬等（2017）利用岩性单元的特征向量进行图像的彩色合成，使得岩性单元可识别性显著增加；Li et al.（2017）采用迁移学习方法对砂岩显微图像进行了训练，最终获得了精度较高的砂岩显微图像分类模型。

矿石矿物的智能识别：Ślipek et al.（2013）通过运用四种模式识别方法对镜下矿物进行识别，获得较好的应用效果；徐述腾与周永章（2018）基于深度学习系统 TensorFlow，设计有针对性的 Unet 卷积神经网络模型，有效自动提取矿相显微镜下矿石矿物的深层特征信息，实现镜下矿石矿物智能识别与分类。

应用机器学习等人工智能算法可以通过分析岩石图像、镜下图像的特征而建立岩石岩性、矿石矿物识别的数学模型，使识别过程智能化、自动化。地质云矿物岩石识别系统诞生（于德福等，2017），就是对上述应用研究及发展的重要印证，也昭示人工智能技术在矿物岩石识别方面的应用潜力。

3 地质灾害风险评估方面

人工智能技术在地质灾害风险评估的研究与应用主要集中在遥感图像的智能解译方面。目前在减灾遥感中主要用于各类灾害的减灾、预测、响应、灾后恢复等方面，取得了较大进展，例如通过人工智能技术可以进行热带气旋、洪涝、地震、森林火灾、滑坡等地质灾害的应用（李政等，2016；赵久彬等，2018；付萧等，2018）。人工智能技术在遥感图像分类中也有着广泛的应用，通过人工智能技术能够快速、高效、准确的从遥感数据中对各种目标（如居住地、荒地、植被、湖泊和江河）进行分类和识别，大大提高了分类效率与精度（Zou et al., 2015；Geng et al., 2015；Kim et al., 2016）。除此以后，人工智能技术在遥感影像土地利用、汽车识别（Chen et al., 2014）等方面也获得较好的应用

现有的人工智能方法大多还是用来解决灾害发生后的评估和救援，发挥的作用大多还是辅助现有灾害预防、气象分析等方法，随着人工智能领域的不断发展，基于多元数据等（卫星数据、地面数据以及其他传感器如无人机数据），未来人工智能技术会在灾害预测预防等方面起到引领的作用（百晓等，2019）。

4 天然地震信号分析及监测预测方面

天然地震信号分析方面：众多学者引入各种学习网络进行地震事件性质识别分类、地震波形自动分类与识别、自动拾取到时等，均获得了较好的预测结果（于子叶等，2018；任涛等，2019；赵明等，2019；蒋一然等，2019）。此外，人工智能技术还被应用于快速识别局部地震（Giudicepietro, et al., 2017），地震相位自动识别（Chen, et al., 2016），智能手机地震预警网络（Kong, et al., 2016），地震探测定位（Perol, et al., 2018），广义地震相位检测（Ross, et al., 2018）。这些方法、技术的不断进步对于天然地震监测预测技术的发展具有推动作用。

天然地震监测预测方面：在地震实际监测过程中可以发现，地震前兆信号种类较多，大体包括电磁辐射、低温低应变、动力异常以及地电阻率和地下化学成分等，而人工智能技术则根据不同信号种类进行自动性区分，有效反馈监测信息，并从历史地震实例中通过仪器设备提取相应的动物或人进行观察，获得相应前兆信号，最终汇集信息反馈至监测者，提高预测效果（周康雅，2019）；源于气象预测的卫星云图概念所提出的“地下云图”概念，是一个冀望未来能像天气预报那样可以动态跟踪地震过程的伟大构想。若以地球内部成像、探测地球内部构造和物性、动态跟踪监测地震孕育发展过程的“地下云图”工程得以实施（陈会忠等，2018），无疑，人工智能技术将会成为其很重要的技术支撑。可以预见，不久的将来，几代地球科学家梦寐以求获得实时动态探测地下变化的“地下云图”的梦想有望实现，地震科学预测研究将迎来新的曙光！（陈会忠等，2018）

通过以上的研究现状可以看出，人工智能技术在油气勘探、灾害风险评估、矿物岩石智能识别、天然地震数据分析、天然地震监测等诸多方面应用已经崭露头角。但由于地质条件复杂等原因，只靠人工智能不能解决地球科学的复杂性问题（Frank B et al., 2019），导致人工智能的应用与其他领域相比相对滞后。人工智能技术的应用可以理解为：数学+计算机+“规则”（如围棋规则），把握“规则”即把握解决问题的关键。在地学领域，要实现人工智能理论和方法与地球科学实际问题对接，就必须在深入研究了人工智能技术之后结合所要解决地学问题的“规则”（规律、特征），如此才能有效制定和实施相关策略，使人工智能技术与相关学科技术更好融合，从而发挥人工智能技术应用的更大潜能，以更好推动人工智能技术应用及地球科学快速发展。

参考文献

- [1] Baroni L, Silva R M, Ferreira R S, et al. Penobscot Dataset: Fostering Machine Learning Development for Seismic Interpretation[J]. 2019.arXiv preprint arXiv:1903.12060,
- [2] Chen C, Holland A A. PhasePapy; A robust pure python package for automatic identification of seismic phases. Seismological Research Letters, 2016. 87(6):1384-1396, doi: 10.1785/0220160019.
- [3] Chen X, Xiang S, Liu C L, et al. Vehicle Detection in Satellite Images by Hybrid Deep Convolutional Neural Networks[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2014. 11(10):1797-1801.
- [4] Chen, Yangkang. Fast dictionary learning for noise attenuation of multidimensional seismic data[J]. Geophysical Journal International, 2017. ggw492.