

王淑辉, 马莉, 王晓睿, 等. 深度学习大强煤矿台阵数据的研究[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 130–132. [WANG Shuhui, MA li, WANG Xiaorui, et al. Research on Daqiang Coal Mine Array Data Based on Deep Learning [J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 130–132]

深度学习大强煤矿台阵数据的研究

王淑辉, 马莉, 王晓睿, 任雪, 吴野, 包秀敏

(辽宁省地震局, 沈阳 110034)

Research on Daqiang Coal Mine Array Data Based on Deep Learning

WANG Shuhui, MA li, WANG Xiaorui, REN Xue, WU Ye, BAO Xiumin
(Liaoning Earthquake Agency, Shenyang 110034, China)

关键词: 深度学习; 台阵; DiTingPicker

Keywords: Deep learning; Array; DiTingPicker

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0130-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.47

0 研究背景

随着人工智能、大数据等先进技术的不断涌现, 引发了科学研究方式的变革, 也为整个地球科学研究带来了新启发。目前, 人工智能在地震科学研究中的应用主要有两方面: 一是地震数据处理的自动化, 例如地震信号的识别、波形去噪等应用已经相当成熟, 开始成为常规手段; 二是应用于地震科学规律发现, 例如预测余震的空间分布等, 目前研究还比较少, 但是已显示出巨大的发展潜力。

人工智能使用地震数据来分析它们的强度与模式, 从而可以帮助预测地震及其余震的发生。根据研究结果, 使用深度学习监测地震的系统, 可能会准确地监测到小型地震和普通地震。对矿区微小地震事件的检测技术成为人们越来越感兴趣的研究方向。通过从大量手动标签学习, 深度学习方法明显优于传统的基于特征函数的方法, 拾取误差于人工相似, 效率更高。2022年赵明等

做出了一种名为 DiTingPiceher 的新型深度学习方法^[1-3]。本文使用了 DiTingPiceher 深度学习方法来检测大强煤矿 2023 年 7 月台阵数据, 并对结果加以分析。

1 数据介绍

大强煤矿 2009 年开工建设, 至今掘进巷道 18 596 m, 2 个工作面已回采完毕。2023 年辽宁省地震局科创中心在大强煤矿布设短周期台阵, 从 2023 年 7 月 10 日开始到 2023 年 8 月 11 日连续观测了一个月时间。主要选用仪器 CDS-E20 一体化三分量数字地震仪, 主要技术指标: 频带宽度: 20 s–150 Hz 通道数: 三分量速度检波器(短周期), 三分量电容换能检器(宽频带); 仪器尺寸: φ 178x220 mm (不含调平螺钉); 仪器重量: 5 Kg; 动态范围: ≥ 120 dB; 道间相位差: < 0.1 ms; 道间串音抑制: > 100 dB; 横向振动抑制: 优于 0.1%; 自噪声水平: 整个频段低于 NHNM 曲线, 20 s~10 Hz 低于 NLNM 曲线。整机功耗: < 0.5 W (自存储工

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 辽宁省地震局科技项目(2022033)

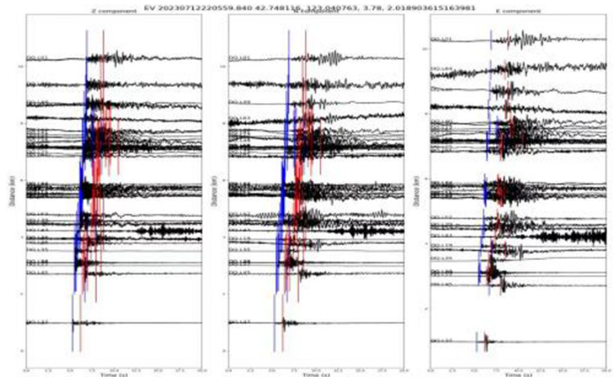
作者简介: 王淑辉(1975-), 男, 高级工程师, 主要从事地震监测工作。

E-mail: wwq20030608@sina.com

作模式，关闭网络模式)；外部电源：9 V 充电、供电；充电时间：<12 h；连续工作时长(自主电源自持力)：>45 d(短周期(25 ℃时))，可外接电源以延长工作时间。

2 研究结果

完成大强矿非天然地震事件 2023 年 7 月 13 日至 8 月 11 日数据谛听微震检测工作，共检测出微震 7 条。经过 DiTingPicker 检测(图 1)后在数据处理时候直接增加了地震台站的经纬度和仪器参数从而精确定位并计算出震级(见表 1)，得出震相报告(见表 2)。



(蓝色:P波到时结果;红色:S波到时结果)

图1 DiTingPicker 检测图

Fig.1 DiTingPicker detection plot

表 1 大强矿台阵部分检测地震事件目录
Table 1 Part of seismic events detected in Daqiang coal mine array aata

发震时间/年-月-日 T h:s:min	纬度/(°)	经度/(°)	深度/h	震级/M
2023-07-09T 10:04:50.430	42.761943	123.043734	3.52	1.1
2023-07-09T 19:28:57.680	42.744926	123.033521	2.55	0.6
2023-07-10T 00:07:3.580	42.743856	123.036320	8.47	0.5
2023-08-05T 21:18:50.760	42.775439	123.038664	4.74	1.1
2023-08-07T 10:54:37.010	42.707218	123.096159	3.44	1.1
2023-08-08T 00:06:06.720	42.741345	123.038314	8.08	0.7
2023-08-10T 19:46:02.920	42.737150	123.034660	6.18	2.1

DiTingPicker 检测震级结果更贴近部门人工测算震级结果。在人工测算地震震级时为提取完整事件集对连续数据进行了预处理工作：需要重新修改头文件台名参数；对数据进行分台分时段截取(1 h

为单位)并转换成 evt 格式；同时段合并数据合成台网卷数据；提取事件。时间耗费一个月时间。DiTingPicker 检测时间仅为两天时间，相对来说优势性更强。

表 2 大强矿台阵部分检测地震事件震相报告
Table 2 Part of seismic phase report of seismic events detected by Daqiang mine arrays

20230725045740.660	42.748222	123.041341	4.53	1.6			
DQ	L25	2023-07-25T04:57:42.214000Z	2023-07-25T04:57:43.954000Z	-1	-1	-1	
DQ	L26	2023-07-25T04:57:41.821000Z	2023-07-25T04:57:43.301000Z	-1	-1	-1	
DQ	L27	2023-07-25T04:57:41.258000Z	2023-07-25T04:57:42.148000Z	-1	-1	-1	
DQ	L17	2023-07-25T04:57:43.840000Z	2023-07-25T04:57:45.720000Z	-1	-1	-1	
DQ	L19	2023-07-25T04:57:41.502000Z	2023-07-25T04:57:42.642000Z	-1	-1	-1	
DQ	L10	2023-07-25T04:57:42.176000Z	2023-07-25T04:57:43.916000Z	-1	-1	-1	
DQ	L29	2023-07-25T04:57:41.027000Z	2023-07-25T04:57:41.957000Z	-1	-1	-1	
DQ	L11	2023-07-25T04:57:41.922000Z	2023-07-25T04:57:43.562000Z	-1	-1	-1	
DQ	L02	2023-07-25T04:57:42.434000Z	-1	-1	-1	-1	

(转下表)

(接表2)

20230725045740.660 42.748222 123.041341 4.53 1.6									
DQ	L20	2023-07-25T04:57:41.337000Z	2023-07-25T04:57:42.397000Z	-1	-1	-1			
DQ	L03	2023-07-25T04:57:42.206000Z	2023-07-25T04:57:44.056000Z	-1	-1	-1			
DQ	L12	2023-07-25T04:57:41.735000Z	2023-07-25T04:57:43.175000Z	-1	-1	-1			
DQ	L04	2023-07-25T04:57:42.343000Z	2023-07-25T04:57:43.953000Z	-1	-1	-1			
DQ	L13	2023-07-25T04:57:41.885000Z	2023-07-25T04:57:43.355000Z	-1	-1	-1			
DQ	L07	2023-07-25T04:57:42.570000Z		-1	-1	-1	-1		
DQ	L30	2023-07-25T04:57:41.495000Z	2023-07-25T04:57:42.675000Z	-1	-1	-1			
DQ	L40	2023-07-25T04:57:42.539000Z	2023-07-25T04:57:44.919000Z	-1	-1	-1			
DQ	L47	2023-07-25T04:57:42.065000Z		-1	-1	-1	-1		
DQ	L63	2023-07-25T04:57:42.461000Z		-1	-1	-1	-1		
DQ	L54	-1 2023-07-25T04:57:42.108000Z		-1	-1	-1			
DQ	L61	2023-07-25T04:57:42.184000Z		-1	-1	-1	-1		
DQ	L45	2023-07-25T04:57:42.448000Z	2023-07-25T04:57:43.758000Z	-1	-1	-1			
DQ	L52	2023-07-25T04:57:41.813000Z	2023-07-25T04:57:43.713000Z	-1	-1	-1			
DQ	L59	2023-07-25T04:57:42.311000Z		-1	-1	-1	-1		
DQ	L44	2023-07-25T04:57:41.443000Z	2023-07-25T04:57:42.673000Z	-1	-1	-1			
DQ	L43	2023-07-25T04:57:41.656000Z	2023-07-25T04:57:43.126000Z	-1	-1	-1			
DQ	L37	2023-07-25T04:57:41.103000Z	2023-07-25T04:57:42.043000Z	-1	-1	-1			
DQ	L42	2023-07-25T04:57:41.973000Z	2023-07-25T04:57:43.553000Z	-1	-1	-1			
DQ	L33	2023-07-25T04:57:42.202000Z	2023-07-25T04:57:43.902000Z	-1	-1	-1			

结果表明，DiTingPicker在矿区微震检测中具有很好得泛化能力和广阔的应用前景。近年来密集台阵和实时地震学技术得快速发展，讲地震学带入了一个新得时代。

3 结语

未来我们可以从已完成的大强矿基于深度学习地震监测模型DiTingPicker结果着手，震级和能量对比工作继续研究，未来继续计算对比震级和能量关系。对于大强矿区的微小地震事件继续跟进研究。比如大强煤矿微震的波形与之前认识的爆破波形相似，但有所不同，不易识别，从深度，频谱，遇到疑难都很难区分。这就提出新的论题时代变化下的爆破波形相似性有多大，不同时间的爆破波形不相似的原因等等。我们对于矿区微震继续充分利用人工智能方法，继续挖掘下去。

致谢：本文计算中得到中国地震局地球物理所赵明老师和中科院地质研究所肖卓伟博士大力支持在此感谢。

参考文献

[1] 赵明,陈石,Yuen D. 基于深度学习卷积神经网络的地震波形自动分类与识别[J]. 地球物理学报, 2019, 62(1): 374-382

[2] 赵明,房立华,陈石,等. 基于U形卷积神经网络的震相识别与到时拾取方法研究[J]. 地球物理学报, 2019, 62(8): 3034-3042

[3] Zhao M, Xiao Z W, Chen S. DiTing: A large-scale Chinese seismic benchmark dataset for artificial intelligence in seismology[J].Earthquake Science, 2023(36):84-94..