

郑建常. 基于 AlexNet 卷积神经网络的地震预测初步研究[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 21-23. [ZHENG Jianchang. A Preliminary Study of Earthquake Prediction Based on AlexNet[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 21-23]

基于 AlexNet 卷积神经网络的地震预测初步研究

郑建常

(山东省地震局, 济南 250102)

A Preliminary Study of Earthquake Prediction Based on AlexNet

ZHENG Jianchang

(Shandong Earthquake Agency, Jinan 250102, China)

关键词: 地震预测; 深度学习; 神经网络; 人工智能

Keywords: Earthquake forecast; Deep learning; Neural network; Artificial intelligence

中图分类号: P315

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0021-03

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.09

0 研究背景

人工智能已经被广泛应用于地震学的不同方面。大量研究显示, 以深度学习为代表的人工智能在解决海量数据的复杂抽象问题上具有独特的优势, 例如华为公司研发的盘古气象模型在预报的速度和准确性上显著超过传统的数值预报方法^[1]。利用深度学习对地震活动数据进行挖掘, 找到合理的预测模型, 提高地震预测的准确性, 成为当前一个极具挑战性和前沿性的科学问题。

地震学家已经开始尝试利用最新的深度学习技术来开展地震预测。如: Kavianpour et al. 将中国大陆分成9个区, 对每个区的最大震级时序曲线进行学习和估计^[2]; Beroza et al. 利用意大利地区小震活动图像进行大地震的预测尝试^[3]; Kohler et al. 对日本地区地震活动计算 b 值, 并将不同时刻的 b 值空间分布图像归一化后进行自动编码, 采用卷积神经网络模型提取异常特征, 分析其与大震的关

系^[4]。

前人已经在地震学活动统计中提出诸多的活动性参数, 经典的诸如 b 值、调制比等等。传统的统计分析在近一段时期以来陷入沉寂, 但这些参数都不同程度地反映了地震活动某一方面的特征, 结合人工智能算法, 或许可以从这些参数中提取更深层次或者更加综合的信息, 从而有望提炼出较大地震前区域中小地震活动的某些规律性的变化。因此, 本文选择部分活动性参数, 利用 AlexNet 卷积神经网络模型来提取异常特征, 进一步基于深度学习开展地震预测尝试。

1 理论基础和研究方法

1.1 模型简介

AlexNet 是 Krizhevsky et al. 提出的卷积神经网络模型^[5], 该模型在当年的 ImageNet 图像分类竞赛上首次证明学习到的特征可以远远超过人工识别

收稿日期: 2024-10-10

基金项目: 山东省科技创新团队

作者简介: 郑建常(1978-), 男, 博士, 研究员, 主要从事地震分析预报工作。

E-mail: zjcmall@yeah.net

的特征。AlexNet是人工智能技术发展的一个里程碑,标志着深度卷积神经网络的崛起,导致了近几年神经网络研究的大发展。它在深度学习上的多项开创性技术一直沿用至今,成了现代神经网络的标配技术,包括后来 GoogleNet、VGG、ResNet 以及 PNASNet 等经典 CNN 模型都受其影响。AlexNet 是深度为 8 层的卷积神经网络,其中包括 5 个卷积层、

3 个全连接层(图 1)。在传统的 CNN 算法基础上加深了网络的结构,能够学习更丰富、更高维的图像特征,显示出很好的训练性能。我们首先对模型的分类识别功能进行了测试,由于已经是训练好的模型,少量几张图片在单 CPU 上进行的简单训练已经可以达到很好的训练效果,篇幅原因,这里不再介绍。

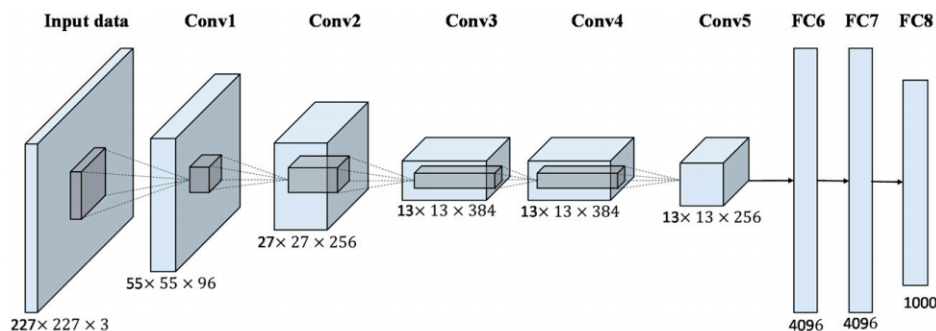


图 1 AlexNet 模型网络结构

Fig.1 Net structure of AlexNet model

1.2 数据处理

传统上,判定地震异常时,往往依赖于主观的对数据曲线显著降低或升高的识别,因此形成了诸多的“指标。在应用到地震预测时,我们选择代表应力水平的 b 值、空间集中度 C 值、强度因子 Mf 值三个活动性参数进行分析,为了考虑三个因子的联动变化,将三个因子归一化并分别对应像素点的色彩 RGB 值,这样变化的时序曲线就可以组合成一副图像。通过 AlexNet 的卷积,则可以将三条曲线的各自的数据变化映射到图像中,形成色彩或图案的变化,进一步提取地震活动深层次的变化特征。

其次,从“数据”到“图像”的处理中,为了避免顺序排列时导致曲线变化的连续性被割裂,我们采用了方形螺旋线的处理技巧,数据按照时间顺序依次从周围往中心螺旋排列。采用螺旋线的方式处理,一是避免了数据的边界效应,二是聚焦于时间最近的变化。

2 研究结果

以胶东半岛为研究区域(范围 $36^{\circ} \sim 38.5^{\circ} \text{N}$,

$119^{\circ} \sim 123.5^{\circ} \text{E}$),选择该区 $2.0 \leq M_L < 4.5$ 的事件为研究对象,以该区及附近区域(选区往外扩大 100 km)的 $M \geq 4.0$ 地震为预测目标。对研究区域内地震进行半年窗逐日滑动,计算所选地震目录的 b 值、 C 值、 Mf 值,每 256 期数据合成为一副 16×16 像素的图像;然后根据 $M \geq 4.0$ 地震活动情况确定标签,共分为:“有震”、“无震”、“邻区有震”三类,其中“有震”对应数据时段及未来三个月内本区域有 $M \geq 4.0$ 地震发生,“无震”对应数据时段及未来三个月内研究区及外围无 $M \geq 4.0$ 地震发生,“邻区有震”对应前述时段内在研究区外围 100 km 范围内有对应地震发生。

使用截至到 2022 年年中的数据作为训练集,图 2 给出了训练集随着迭代次数增加验证准确度的提高的情况,准确度的提高和“损失”的衰减明显不如图片识别的例子,相对收敛较慢。

最后,以 2023 年上半年数据为检验对象,测试集的识别准确度达到 73.3%,检验结果符合实际,为“无震”。本项工作完成于 2023 年 10 月,我们以截至 2023 年 9 月 30 日数据为检验对象,对未来三个月进行预测,识别结果为“无震”,该结果与地震活动实况相符。

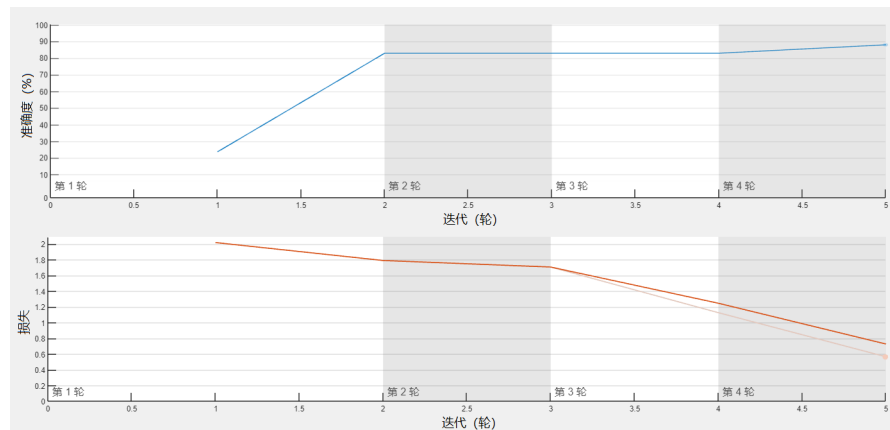


图2 AlexNet训练准确度上升及损失下降曲线

Fig.2 Curve of AlexNet training accuracy increase and loss decrease

3 结语

为了提取地震活动的深层次特征，我们将 b 值、 C 值、 M_f 值等传统统计地震学参数综合形成图像，使用经典的卷积神经网络 AlexNet 模型对其分析。本文对胶东半岛地区地震活动进行了训练和预测，检验结果与实际相符。本文仅仅是人工智能算法在地震预测领域的初步尝试，对于应用来讲是远远不够的。要想证明深度学习算法在地震预测预报中能比传统方法更有效，仍需要大量的检验和进一步的深入研究。

参考文献

[1] Bi J M, Jiang C S, Cao F Y. Research progress of aftershock forecasting in the early stage after the mainshock[J]. Reviews of Geophysics and Planetary Physics, 2023, 54 (50) : 498–511.

[2] Kavianpour P, Kavianpour M, Jahani E. et al. Earthquake magnitude prediction using spatio-temporal features learning based on hybrid cnn-bilstm model[C]// 2021 7th International Conference on Signal Processing and Intelligent Systems(ICSPIS).Tehran, Iran, Islamic Republic:IEEE, 2021.

[3] Beroza G C, Segou M, Mostafa Mousavi S. Machine learning and earthquake forecasting—next steps[J]. Nature communications, 2021, 12(1):4761.

[4] Koehler J, Li W, Faber J, et al. Testing the potential of deep learning in earthquake forecasting[J]. arXiv, 2023 (07) : 01812.

[5] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks[J]. Advances in neural information processing systems, 2012(25):1–9.