

基于AI智能算法的设备故障诊断 技术优化与仿真实验

梁志飞^{1,2}, 王子石¹, 邓淑斌¹, 牟春风¹

(1. 广州电力交易中心有限责任公司, 广东 广州 510180; 2. 清华大学, 北京 100084)

摘要:为提高电力设备在线监测效率,设计了一种基于AI智能算法的智慧电力资源库。利用人群搜索算法(SOA)优化深度置信网络(DBN)的隐含层节点数,并用于电力变压器设备的故障诊断;基于C/S(Client/Server)框架的电力变压器设备故障分析模块,实现电力变压器设备故障在内的实时监测。结果表明,SOA优化DBN的故障诊断模型可有效诊断电力变压器的高温过热和高能放电故障。相较于标准DBN网络、SVM模型和BPNN网络,SOA优化DBN网络具有更高的准确率和查全率,分别达到95.38%和94.78%;所设计的电力设备资源数据库可对电力变压器数据进行实时诊断操作,从而能更好的辅助电力工程人员运维。

关键词: AI智能算法; 智慧电力资源库; C/S架构; SOA算法; DBN网络

中图分类号: TP393.02

文献标志码: A

文章编号: 1001-5922(2024)05-0137-04

Equipment fault diagnosis technology optimization and simulation experiment based on AI intelligent algorithm

LIANG Zhifei^{1,2}, WANG Zishi¹, DENG Shubin¹, MOU Chunfeng¹

(1. Guangzhou Electric Power Trading Center Co., Ltd., Guangzhou 510180, China;

2. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: To improve the efficiency of online monitoring and management of power equipment, a smart power resource library based on AI intelligent algorithm was designed. The crowd search algorithm (SOA) was used to optimize the number of hidden layer nodes of the Deep Belief Network (DBN), which was used for fault diagnosis of power transformer equipment. The power transformer equipment fault analysis module based on the C/S (Client/Server) framework realized real-time monitoring of power transformer equipment faults. The results showed that the fault diagnosis model of SOA optimized DBN can effectively diagnose high-temperature overheating and high-energy discharge faults of power transformer equipment. Compared to the standard DBN model, SVM model and BPNN model, the proposed improved DBN model had higher accuracy and recall, with an average accuracy and recall of 95.38% and 94.78%, respectively. The designed power equipment data management model can carry out real-time diagnosis and operation of power transformer data, so as to better assist the operation and maintenance of power engineering personnel.

收稿日期: 2023-12-25; 修回日期: 2024-02-25

作者简介: 梁志飞(1982-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向: 电力市场与电力交易; E-mail: lzhifei@sina.com。

引文格式: 梁志飞, 王子石, 邓淑斌, 等. 基于AI智能算法的设备故障诊断技术优化与仿真实验[J]. 粘接, 2024, 51(5): 137-140.

Key words: AI intelligent algorithm; smart power resource library; C/S architecture; SOA algorithm; DBN network

近年来,随着 AI 智能算法的应用与发展,为电力设备数据的管理带来全新的解决方案。如提出了一种基于群体智能算法的电力台区数据分析方法,实现了对电力系统中非线性问题的分析,为合理调节电力系统经济负荷奠定了理论基础^[1];通过在径向基函数(RBF)神经网络中引入自适应交叉机制,实现了不同规模的水电能源工程数据分析与预测^[2];利用智能电表海量数据,提出了基于模糊聚类,子群发现和长短期记忆(LSTM)神经网络相结合的复合算法,实现了目标日的用电量精准预测与智能电表海量数据的高效利用^[3]。基于 AI 智能算法的数据分析与管理方法是实现电力系统设备数据的在线监测与管理的有效途径。因此,本研究基于 AI 智能算法对智慧电力资源库进行了设计。用于对电力设备数据进行管理,实现电力设备在线监测与数据管理。

1 DBN 网络基本结构

DBN 网络是一种深层神经网络,通过构建多个隐层网络,可有效提取高阶特征^[4]。DBN 网络的每层网络由多个受限玻尔兹曼机(RBM)单元叠加形成,而 RBM 是一个二元随机变量生成模型,可实现无监督学习^[5-6]。因此,DBN 通过对每个 RBM 单元进行逐层监督训练,可实现有效的特征提取。

DBN 训练包括预训练和微调 2 个阶段。其中,预训练的训练方式为无监督逐层训练,其第 1 层 RBM 输入为样本数据,第 2 层输入为第 1 层 RBM 的输出。以此方式进行训练,可完成复杂的分类学习任务。微调阶段则是利用 BP 算法对网络进行训练,进而实现更准确地分类。DBN 网络采用逐层训练的方式,解决了深层神经模型的优化问题,具有较强的特征提取优势,被广泛应用于故障诊断领域^[7]。选用该网络对电力变压器故障进行诊断。但由于 DBN 网络性能与隐含层节点数相关,而其隐含层节点数具有不确定性,导致其性能有待提高。基于此,为解决该问题,对 DBN 网络的隐含层节点数进行优化,以实现 DBN 网络的改进。

2 基于 DBN 网络优化的电力设备故障诊断及模块构建

2.1 DBN 网络优化

SOA 算法是一种模拟人类搜索活动的启发式随机搜索算法,具有良好地搜索性能和较强的鲁棒性^[8-9]。因此,选用 SOA 算法优化 DBN 网络的隐含层节点数,对 DBN 网络进行改进。SOA 算法优化 DBN 网络

隐含层节点数的步骤为:

- (1)初始化 SOA 算法的种群规模和最大迭代次数,并设置 DBN 网络的隐含层神经元数量取值范围;
- (2)设置 DBN 网络的隐含层数与每层隐含层神经元数量,并训练 DBN 网络;
- (3)计算 DBN 网络的适应度值^[10];
- (4)若满足迭代终止条件,则执行步骤(5);反之,则根据该值确定 SOA 算法的搜索方向,同时更新隐含层节点数,返回步骤(3);
- (5)当适应度值在设定的阈值范围内或达到最大迭代次数,获取该隐含层及节点数为最佳隐含层节点数。

2.2 基于优化 DBN 网络的电力设备故障诊断

将上述优化的 DBN 网络用于电力设备故障诊断中,具体诊断流程:

首先获取电力变压器故障数据样本并进行归一化等预处理;然后,将预处理后的数据按一定比例划分为训练集和测试集,并基于 SOA 算法优化搭建 DBN 网络;接着将训练集和测试集分别输入改进的 DBN 网络中分别进行训练和测试,并保存最佳 DBN 网络;最后,将待诊断的电力变压器数据输入保存的最佳 DBN 网络中进行识别,其输出结果即为变压器故障诊断结果。

2.3 电力设备数据资源库分析模块构建

智慧电力资源库设计的目的是实现增强电力设备的在线监测与管理,进而提高设备的运行效率和安全性^[11-12]。因此,为实现该目的,结合上述构建的诊断模型,构建资源库分析模块。为方便电力设备数据诊断效率,采用具有安全性强、通信量低、响应速度快等优势 C/S 架构进行设计^[13-14]。

采用 C/S 架构设计的数据管理模型如图 1 所示。

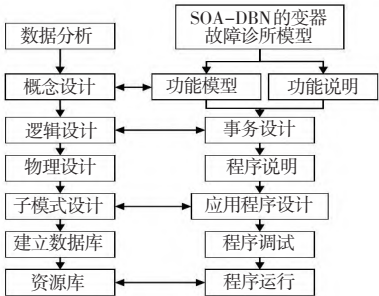


图 1 电力设备资源库分析模块流程
Fig. 1 Process of power equipment resource library analysis module

结果如表3所示。

表3 不同模型在小样本数据集上的故障诊断性能对比

Tab. 3 Comparison of fault diagnosis performance of different models on small sample datasets

模型	准确率/%	查全率/%
SVM	86.46	85.17
BPNN	83.11	82.93
改进 DBN	90.22	89.85

由表3可知,SVM模型的故障诊断准确率和查全率分别为86.46%和85.17%;BPNN模型的故障诊断准确率和查全率分别为83.11%和82.93%;所提改进DBN网络的故障诊断准确率和查全率分别达到90.22%和89.85%。由此说明,相较于对比模型SVM和BPNN模型,改进DBN网络在小样本数据集上对电力变压器故障的诊断,仍表现出良好的故障诊断效果,即所提的改进DBN网络可实现小样本电力数据的分析,并在电力变压器故障诊断方面具有一定的优越性。

3.5.2 电力资源库数据管理验证

为验证所设计的电力资源库分析模块的可行性和正确性,以某发电站发电数据作为研究对象,并利用所设计的电力资源库分析软件进行变压器的故障诊断,结果如图3所示。

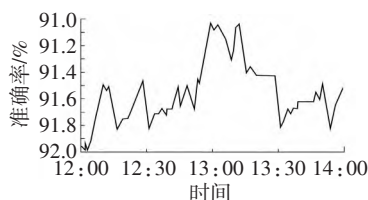


图3 资源库数据分析结果展示

Fig. 3 The data analysis results of the resource library are displayed

由图5可知,所设计的电力资源库分析软件可有效实现测点数据的在线监测与操作维护,具有一定的有效性和正确性。

4 结语

综上所述,所设计的基于AI智能算法智慧电力资源库,通过采用SOA算法改进的DBN网络对电力变压器进行故障诊断,并采用C/S架构设计电力设备数据管理模型,实现了电力设备数据的在线监测和管理,提高了电力设备运行的安全性和稳定性。所设计的智慧电力资源库采用改进DBN网络进行故障诊断,实现了电力变压器高温过热和高能放电故障诊断,相较于标准DBN模型和SVM模型、BPNN模型,对电力变压器故障诊断的准确率和查全率更高,分别达到95.38%和94.78%,具有一定的有效性和优越性,所设计的电力设备数据分析模块可实现对电力

设备数据的在线分析。

【参考文献】

- [1] 张欣,庄园,宁学玲,等. 基于群体智能算法的电力台区数据分析技术[J]. 计算技术与自动化,2022,41(2):87-91.
- [2] 刘金飞,彭旭初,刘四华,等. 基于深度数据挖掘的水电能源工程数据智能分析处理算法[J]. 电子设计工程,2023,31(10):44-48.
- [3] 杨雷,侯慧娟,鄧擎宇. 基于复合分析算法的智能电表数据应用[J]. 自动化仪表,2023,44(4):95-101.
- [4] 陈超,王帅,刘光荣,等. 运动想象脑信号的深度置信网络分类优化[J]. 信号处理,2023,39(8):1488-1499.
- [5] 陈芳,崔庆敏,向千秋. 基于动态贝叶斯网络的民航空中停车事件安全风险评估[J]. 中国安全科学学报,2023,33(7):16-23.
- [6] 林丽,田颖. 基于WT-DBN的车轴疲劳裂纹的故障诊断[J]. 机械研究与应用,2023,36(3):41-45.
- [7] 韩春红,伊洪彬,薛涛,等. 基于LE-DBN故障诊断模型的滚动轴承振动信号特征提取[J]. 机械设计与研究,2023,39(3):131-134.
- [8] 徐耀松,李佳旺,段彦强. 基于相似度机制AdaBoost-DBN的变压器故障层级诊断[J]. 高压电器,2023,59(6):154-164.
- [9] 刘付琪,张达. 基于PSO-DBN的液压系统冷却器故障诊断[J]. 计算机与现代化,2023(6):7-14.
- [10] 石慧,李芷萱,马旭. 基于DBN和多元线性回归的风电功率预测[J]. 计算机仿真,2023,40(6):90-95.
- [11] 洪德华,刘翠玲,赵林燕,等. 基于多域特征分析与选择的电力数据识别方法[J]. 水电能源科学,2023,41(9):211-215.
- [12] 苏寒,潘文明,汤永久,等. 基于电力数据的安徽省服务业经济预警研究[J]. 现代商贸工业,2023,44(19):7-9.
- [13] 牛罡,王蕾,谭磊,等. 基于孤立森林算法的电力数据异常检测方法设计[J]. 自动化与仪器仪表,2023(8):52-55.
- [14] 尹琴,王利斌,李宁,等. 基于数据信息技术的电力安全系统设计与实现[J]. 电子技术,2023,52(8):319-321.
- [15] 王立峰,马超,牛永光,等. 基于大数据背景下电站设备状态监测及故障检修管理系统仿真设计[J]. 粘接,2022,49(10):176-179.
- [16] 高宏,张俊岭,宋晓东,等. 基于人工智能算法模型的化工电力安全监控技术[J]. 粘接,2022,49(3):186-191.
- [17] 赵恒,胡胜男,徐进霞,等. 基于DBN-SVM的电力智慧工地异常行为识别[J]. 自动化与仪器仪表,2023(5):92-95.
- [18] 刘君阳,朱世松. 基于DBN的飞行保障力量配置辅助决策方法[J]. 系统仿真学报,2023,35(5):1008-1019.
- [19] 刘慧,刘桂芹,宁殿艳,等. 基于VMD-DBN的矿井涌水量预测方法[J]. 煤田地质与勘探,2023,51(6):13-21.
- [20] 李小成,杨鹏程,梁蒲佳,等. 基于dbN小波变换和自适应高斯滤波的齿面干涉图像相位滤波方法[J]. 机械与电子,2023,41(4):17-21.