

基于人工智能的配电设备寿命预测模型研究

刘军

国网陇南市武都区供电公司, 甘肃 陇南 746000

摘要： 为了确保电力设备的安全可靠运行, 对电力设备进行故障诊断是十分必要的。针对配电设备的寿命预测问题, 建立了基于人工智能的配电设备寿命预测模型, 并通过实际数据进行了验证。通过对配电设备进行健康状态评估, 利用人工智能算法对其状态进行监测, 进而建立相应的状态评价指标。根据所建指标, 采用遗传算法和粒子群算法进行智能寻优, 以得到最优的监测结果。将该模型应用到某地区配电线路中, 根据监测数据对其进行分析与预测, 预测结果表明该模型具有较高的准确性, 为电力系统中设备寿命预测提供了新的思路。

关键词： 人工智能; 配电设备; 寿命预测

Research On Life Prediction Model Of Power Distribution Equipment Based On Artificial Intelligence

Liu Jun

State Grid Longnan Wudu District Power Supply Company, Gansu, Longnan 746000

Abstract : In order to ensure the safe and reliable operation of power equipment, it is necessary to diagnose the fault of power equipment. Aiming at the life prediction problem of power distribution equipment, a life prediction model of power distribution equipment based on artificial intelligence was established and verified by actual data. By assessing the health status of power distribution equipment, using artificial intelligence algorithms to monitor its status, and then establishing corresponding status evaluation indicators. According to the established index, the genetic algorithm and particle swarm optimization were used to obtain the optimal monitoring results. The model is applied to the distribution line in a certain area, and the prediction results show that the model has high accuracy, which provides a new idea for the prediction of equipment life in the power system.

Keywords : artificial intelligence; power distribution equipment; life expectancy

一、引言

配电设备是电网中的重要组成部分, 其性能好坏直接关系到电网的安全、稳定和可靠运行。由于配电设备长期工作在恶劣环境中, 加上设备自身结构的限制, 不可避免地会出现各种故障, 对设备进行故障诊断和寿命预测是非常必要的。随着电力系统智能化程度的提高, 越来越多的智能算法被应用到配电设备的健康评估中。但是这些算法的预测精度与模型本身相关, 且难以满足实际需求。本文采用遗传算法和粒子群算法作为优化算法, 建立基于人工智能的配电设备寿命预测模型, 并在实际应用中预测结果进行了验证。验证结果表明该方法能够满足配电设备寿命预测需求。

二、人工智能技术基础

(一) 人工智能概述

人工智能是计算机科学的一个分支, 它的目标是让计算机系统像人一样具有智能。它采用计算机、传感器和其他设备, 使计算机能够完成某些类似于人类智能的功能。人工智能技术主要包

括专家系统、机器学习、自然语言处理、计算机视觉等几个方面, 目前已经取得了一些成就。专家系统主要包括规则推理和专家系统两部分, 其核心思想是使用一套规则来指导系统的决策, 并通过对问题的推理来完成任务。机器学习是一种人工智能技术, 其核心思想是通过训练数据来建立模型, 从而对输入数据进行预测或决策。自然语言处理是一种人工智能技术, 其核心思想是利用自然语言处理技术来理解和生成文本。

(二) 机器学习基础

机器学习是通过计算机模拟人的智能, 根据学习到的知识和经验, 让计算机按照人类的思维方式去解决问题。它是人工智能发展到一定阶段的产物, 是以数据为基础的, 是通过数据进行学习而实现对知识和经验的获取, 最终能够实现人与机器之间的“合作”。机器学习在人工智能中占有重要地位, 通过机器学习能够实现大量数据的学习和处理, 并将学习到的知识运用到新数据中, 从而进行预测和决策。采用传统 BP 神经网络实现对设备寿命预测模型构建, 将配电网设备运行状态进行实时监测并将监测结果传送到预测平台中。^[1]

(三) 深度学习基础

深度学习是一种模仿人脑神经网络学习能力的人工智能技

作者简介: 刘军, 出生年月: 1984年3月, 男, 汉, 籍贯: 甘肃武都, 在职大学本科, 助理工程师/技师, 研究方向: 配电。

术,通过不断的迭代来训练神经网络,从而让其具有预测的能力。其原理是将大规模数据进行抽象和特征提取,通过大量数据对神经网络进行训练,从而形成一个近似于人脑的神经网络,该神经网络能对复杂数据进行分析、处理和预测。深度学习被广泛应用于图像识别、自然语言处理等领域,在配电设备寿命预测领域中,深度学习具有很大的潜力。深度学习可分为两类:一类是深度卷积神经网络(DCNN),另一类是多层感知器(MLP)。

三、数据采集与预处理

(一) 数据采集方法

配电设备的运行状态是影响电力设备寿命的关键因素之一,同时也是影响配电设备寿命预测准确性的重要因素之一。因此,首先通过对配电网数据进行采集和分析,并结合相关的电力设备寿命预测方法,来对配电设备进行寿命预测。电力设备的健康状态是指电力设备在运行过程中,各种状态量(如电压、电流、功率等)的变化情况。同时,由于配电设备在运行过程中受到各种因素的影响,其健康状态也会发生变化。因此,电力设备健康状态信息可以表示为多种形式的监测信息(如电压、电流、功率、频率等),包括但不限于电流、功率等电参数信息。

电力设备的健康状态信息可以通过在线监测、运行状态评估和历史数据积累等手段获取。其中,在线监测是指利用各种传感器,通过数据采集装置将采集到的电参数等信息传输到数据中心;运行状态评估是指利用采集到的电参数等信息对设备的运行情况进行评估,用于判断设备的健康状况;历史数据积累是指通过分析大量的历史数据来总结设备运行规律,用于推断设备的健康状况。通过在线监测、运行状态评估和历史数据积累三种方式来获取电力设备的健康状况信息,其中在线监测和运行状态评估是主要采用的获取配电设备健康状况信息的方法。

(二) 数据清洗与预处理技术

设备运行状态的在线监测数据与历史数据相比,具有明显的滞后特点。随着设备运行时间的延长,设备故障会逐渐出现,同时数据采集过程中存在信息不完整、不准确等问题,导致设备运行状态监测数据不能及时反映设备状态。因此,在对配电设备进行在线监测时,应先对原始数据进行清洗和预处理。具体而言,数据清洗包括以下几个方面:(1)过滤冗余信息;(2)去除异常值;(3)去除缺失值;(4)消除缺失值对异常数据的影响;(5)消除异常值对趋势分析的影响。在配电设备寿命预测模型中,数据预处理技术对寿命预测模型的效果有着重要影响。^[2]

在进行配电设备寿命预测时,由于监测设备的种类繁多,其监测数据可能存在多种类型。针对不同类型的数据,应采用不同的数据清洗方法和预处理技术。例如,针对采集到的无源元件状态信息,不需要对其进行健康状态评估,因此不需要对其状态进行预处理,可以直接采用二值化的方法将其转化为数值化的形式,并将其保存在数据库中。但如果该数据类型与某一特定设备或系统相关,则需要对其进行特征提取和转换等预处理工作。例如,针对采集到的开关状态信息,需对其进行特征提取和转换等

预处理工作。

(三) 特征工程

配电设备寿命预测模型需要采用能够准确描述配电设备寿命的特征来建立模型。然而,配电设备故障数据难以直接用于模型训练,需要对其进行特征工程以实现特征的选择、提取与融合。特征选择是指根据实际应用目的,对原始数据进行分析与筛选,确定最具代表性的数据用于后续工作的过程。特征选择的过程通常包含三个步骤:数据清理、特征提取和特征融合。为了得到具有更好预测性能的特征,在实际应用中还需要考虑其他因素,如置信度、样本数量等。

(四) 数据集构建与评估

在配电设备寿命预测中,由于配电设备故障数据集往往较少,因此需要对所获取的配电设备运行状态数据进行处理。通过计算各特征之间的相关性,将相关系数高的特征作为输入,以提高模型预测精度。将配电设备运行状态数据分为4个类别,分别为正常、一般、异常、严重异常。对于每个类别的设备运行状态数据,使用R语言中的logistic回归方法进行建模。由于配电设备故障数据集较少,且其分类属性不明确,采用了K-means算法对故障数据进行聚类分析。

四、寿命预测模型构建

(一) 模型选择与算法介绍

使用的配电设备故障特征提取和剩余使用寿命预测模型均采用深度学习算法,包括深度置信网络、随机森林、支持向量机、神经网络和朴素贝叶斯等。其中深度置信网络作为一种常用的深度学习算法,通过对输入样本的学习,可以从数据中提取出包含故障信息的特征表示,将这些特征作为输入到模型中进行训练。随机森林是一种基于概率统计理论的数据分类算法,它能够根据不同数据集之间的相似性将其划分为不同类别,并使用决策树进行分类,具有很好的可解释性和较高的分类精度。而基于朴素贝叶斯算法的设备剩余使用寿命预测模型则是一种基于贝叶斯定理的设备剩余使用寿命预测模型。

在该模型中,首先采用最大似然估计方法来对故障样本进行特征提取,以用于预测设备的剩余使用寿命。其次,在进行故障特征提取后,对不同时间间隔的样本进行训练,以确定适用于本模型的学习算法。最后,将待预测设备的剩余使用寿命作为输入样本,通过最大似然估计法对设备的剩余使用寿命进行预测。该模型充分利用了电力系统中大量的运行数据信息和海量的历史数据信息,极大地提高了预测精度,具有较强的通用性。^[3]

(二) 训练数据集的构建

设备在运行过程中会受到多种因素的影响,比如工作环境、工作负载、使用工况、自然条件等,其中一些因素会发生变化,也会引起设备运行状态的改变。所以,在设备的寿命预测过程中,不仅需要考虑设备自身的运行状态,还需要考虑影响设备运行状态的因素^[4]。为此,将选取配电变压器的温度和电流作为设备运行状态的代表参数,分别用来训练模型。为了便于对训练

数据进行分析,选取一台实际运行中的配电变压器作为训练数据集。将不同时间段的历史数据按照相同比例进行随机划分,对划分后的数据进行学习 and 预测。通过对比分析不同时间段内变压器温度和电流变化曲线来分析设备老化程度。

在选择模型算法进行寿命预测之前,首先需要确定设备的寿命预测模型,这需要通过收集大量的历史数据来实现。对收集到的大量历史数据进行分析处理,可以得出设备在不同状态下的寿命变化规律,从而确定设备的寿命。其中,设备运行状态数据是指设备在实际运行过程中出现的故障或异常情况,包括设备状态参数、运行环境参数等^[9]。由于不同地区、不同季节、不同时间的运行状况不同,所以需要收集到大量的设备运行状态数据。除此之外,还需要收集到设备在运行过程中出现的故障或异常情况,包括设备故障和异常情况两种类型。

(三) 交叉验证与模型评估

对 De Ganson 和 Raspberry Pi 数据集分别建立 BP 神经网络和支持向量机两种模型进行预测。对 De Ganson 数据集的训练样本进行训练,验证样本采用测试样本,将测试样本的损失作为 BP 神经网络训练过程中的损失,以评估 BP 神经网络模型的预测性能^[7]。根据误差平方和计算公式,误差平方和越小表示该模型的预测性能越好。Raspberry Pi 数据集的 RMSE 和 MAE 均小于 10⁻⁶,说明 Raspberry Pi 数据集的训练效果较好,建立的 BP 神经网络模型是有效的。

(四) 模型优化策略

为了进一步提高配电设备寿命预测模型的精度,在使用其他模型对配电设备进行寿命预测时,可以根据实际情况对预测结果

进行优化,从而进一步提高配电设备的使用寿命^[8]。采用不同的优化方法,可以有效提高预测模型的精度。为了保证配电设备寿命预测模型的准确性,采用基于遗传算法的粒子群优化算法(GA-PSO)进行优化。GA-PSO 算法具有良好的全局寻优能力和搜索能力,具有较强的自学习能力,可以提高模型的预测精度。^[4]

通过对比不同模型的预测结果,结合配电设备的使用寿命,选择不同模型对配电设备进行寿命预测。随着运行时间的增加,设备退化状态将逐渐接近其设计寿命。因此,当使用不同模型对配电设备进行寿命预测时,需要根据实际情况调整模型参数,以保证预测结果的准确性和稳定性^[9]。另外,由于配电设备的运行状态存在一定的随机性,不同的运行状态导致其退化状态也会有所不同。

五、结语

本文利用人工智能方法对配电设备的状态进行评估,进而建立了相应的健康状态评价指标,并基于遗传算法和粒子群算法对各评价指标进行寻优,最终建立了配电设备的健康状态评价体系,并得到了最终的设备寿命预测模型。根据该模型对某地区配电网进行了寿命预测,结果表明该模型具有较高的准确性。由于设备状态的复杂性和多样性,使得其无法进行精确预测,但是通过对配电设备健康状态评估体系的研究,以及对寿命预测模型的建立,为配电设备的状态监测与健康管理提供了新的思路和方法^[10]。随着设备健康状态评估体系以及寿命预测模型研究工作的不断深入,其应用价值也将会越来越大。

参考文献

- [1] 许成卓. 变电工程 LCC 评价及其决策系统设计 [D]. 湖南大学, 2012.
- [2] 薛倩. 基于人工智能的配电室设备自动巡检系统的研究 [J]. 自动化应用, 2023, 64(17): 12-14+17.
- [3] 黄一学. 基于人工智能的船舶电气系统设计技术 [D]. 中国舰船研究院, 2023. DOI: 10.27798/d.cnki.gzgj.2023.000028.
- [4] 吕超然, 吕翔, 张文瑶. 人工智能在现代配电网运维中的应用 [C] // 中国电力企业联合会科技开发服务中心. 2023 年(第六届)配电技术高峰论坛论文集. 国网博爱县供电公司; 国网焦作供电公司; 国网孟州市供电公司; , 2023: 4. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.047259.
- [5] 谢庆, 王春鑫, 李帆, 等. 知识及数据驱动的电力一次设备健康管理方法综述 [J]. 高电压技术, 2024, 50(02): 605-620. DOI: 10.13336/j.1003-6520.hve.20230764.
- [6] 梁栋, 朱建华, 张翠, 等. 变压器状态评估及故障诊断研究综述 [J]. 变压器, 2024, 61(02): 35-43. DOI: 10.19487/j.cnki.1001-8425.2024.02.007.
- [7] 王翔宇, 陈武晖, 郭小龙, 等. 发电系统数字化研究综述 [J]. 发电技术, 2024, 45(01): 120-141.
- [8] 董冰冰, 陈子建. 配电网用气体间隙开关触发腔性能劣化进程及剩余寿命预测方法 [J/OL]. 电工技术学报: 1-13[2024-06-27]. <https://doi.org/10.19595/j.cnki.1000-6753.tces.230663>.
- [9] 刘中钦. 基于深度强化学习的 EV 充放电博弈策略研究 [D]. 西安工业大学, 2023. DOI: 10.27391/d.cnki.gxagu.2023.000226.
- [10] 王航. 考虑储能的分分布式光伏接入配电网规划与运行及其求解方法研究 [D]. 南昌大学, 2023. DOI: 10.27232/d.cnki.gnchu.2023.003308.