

基于机器学习的电子信息设备故障预测与诊断

梁 乐

中船泛华(西安)科技有限公司 陕西 西安 710000

摘 要: 电子信息设备在工业生产和科研实验中扮演着重要角色,其稳定运行至关重要。故障预测与诊断技术能有效提前发现系统潜在问题,降低故障发生率。机器学习作为强大的数据分析工具,被广泛应用于电子信息设备的故障预测与诊断中。通过数据驱动、模型、智能算法及混合模型等方法,可实现对系统故障的精准预测。分类、聚类、深度学习和迁移学习等技术也为故障诊断提供了新思路,提升了诊断效率与准确性。

关键词: 机器学习;电子信息设备;故障预测;诊断

引言

电子信息设备作为现代工业与科研领域的核心设备,其性能与稳定性直接关系到生产效率和科研成果的质量。在实际运行过程中,电子信息设备常因各种原因发生故障,影响正常运作。因此,如何有效预测和诊断电子信息设备故障,成为当前研究的热点。本文旨在探讨基于机器学习的电子信息设备故障预测与诊断技术,以期为提高电子信息设备的可靠性和稳定性提供理论支持和技术参考。

1 电子信息设备故障预测与诊断概述

电子信息设备故障预测与诊断是确保系统稳定运行、预防灾难性事故发生的关键技术。它融合了多个学科领域的知识,包括信号处理、人工智能、控制理论等,旨在通过监测和分析系统运行状态,及时发现并预测潜在故障,从而采取相应的维护措施。故障预测部分主要依赖于传感器技术和数据分析方法,通过在关键部位安装传感器,如温度、振动、压力传感器、声光探测传感器、雷达传感器、激光传感器、声呐探测传感器等,可以实时收集系统的运行数据。这些数据通过各类通信总线技术传输至中央处理单元,利用统计过程控制、机器学习算法和深度学习模型等工具进行分析。机器学习算法能够识别数据中的异常模式,预测潜在的故障点,而深度学习模型,特别是循环神经网络和卷积神经网络,在处理复杂时间序列数据方面表现出色,能够捕捉长时间跨度内的依赖关系,提高预测的准确性。故障诊断则侧重于对已发生故障的系统进行精确定位和原因分析,这通常涉及基于数学模型的诊断方法、数字信号处理技术和人工智能方法。基于数学模型的诊断方法通过建立系统的数学模型,利用观测器、等价空间方程等工具产生残差,进而分析残差以诊断故障。电子信息设备故障预测与诊断技术为系统的稳定运行提供了有力

保障,通过实时监测、预测和诊断,能够有效降低故障发生率,提高系统的可靠性和安全性。

2 基于机器学习的电子信息设备故障预测方法

2.1 基于数据驱动的预测方法

在电子信息设备故障预测领域,基于数据驱动的方法正占据着愈发重要的地位。此方法核心在于深度挖掘系统运行过程中产生的大量历史数据,这些数据宛如一座蕴含丰富信息的宝藏,记录着系统在不同工况下的各类特征。通过运用数据挖掘算法,如聚类分析、关联规则挖掘等,能够从海量数据中提炼出具有代表性的特征向量。这些特征向量可有效表征系统的运行状态,成为故障预测的关键依据。以某船控制系统电子信息设备为例,该系统在日常生产中积累了多年的运行数据,运用基于数据驱动的预测方法,对系统的探测信息及设备自身的温度、压力、振动等参数数据进行分析。借助主成分分析(PCA)算法,成功将多个相关参数转化为少数几个不相关的主成分,大幅降低数据维度的同时保留了关键信息。利用支持向量机(SVM)算法对处理后的数据进行训练与建模,构建起精确的故障预测模型。当系统实时运行数据输入该模型后,能够精准判断当前系统是否处于正常状态,以及预测潜在故障发生的可能性。这种方法的显著优势在于无需对系统的物理模型有深入了解,仅依靠数据便能实现高效的故障预测,大大提高了电子信息设备的可靠性与稳定性,为该船控制系统的持续、高效运行提供有力保障^[1]。

2.2 基于模型的预测方法

基于模型的预测方法在电子信息设备故障预测中有着独特的价值。其原理是依据电子信息设备的物理特性、工作原理以及相关数学模型,对系统行为进行精确描述与模拟。通过建立系统的状态空间模型、传递函数模型等,全面反映系统内部各组件之间的相互关系以及

输入输出特性。在此基础上,结合系统的实时运行数据,运用参数估计、状态估计等技术,对模型参数进行实时更新与修正,从而实现对系统未来状态的精准预测。例如,在某飞机航向姿态控制系统中,基于模型的预测方法发挥着关键作用。由于某飞机的飞行过程极为复杂,对某飞机航向姿态控制系统的可靠性要求极高。通过建立飞行器动力系统、导航系统等关键子系统的精确数学模型,考虑到飞行器在不同飞行阶段的气动特性、发动机性能变化等因素,能够实时预测系统各部件的运行状态。利用卡尔曼滤波算法对模型状态进行估计,有效融合传感器测量数据与模型预测值,极大提高了预测的准确性。一旦模型预测出系统部件故障,便能及时预警,为维护人员提供排查与修复时间,确保飞行器安全飞行,这彰显了基于模型的预测方法在高可靠性电子信息设备中的价值。

2.3 基于智能算法的预测方法

基于智能算法的预测方法为电子信息设备故障预测注入了强大的活力。这类方法借助人工智能领域的先进算法,如神经网络、深度学习、遗传算法等,模拟人类智能对复杂数据和系统行为进行学习与分析。以神经网络为例,其由大量神经元相互连接组成,通过对大量历史故障数据和正常运行数据的学习,能够自动提取数据中的复杂特征和规律,构建起高度非线性的故障预测模型。在某船全电控制系统的监控过程中,基于智能算法的预测方法得到了广泛应用。某船全电控制系统运行状态复杂多变,受到众多因素的影响,传统方法难以精准预测故障。利用深度学习中的卷积神经网络(CNN)对电力设备的监测数据进行处理,CNN能够自动识别数据中的图像化特征,如设备的温度分布图像、电流电压波形图像等。通过层层卷积和池化操作,提取深层次特征,进而判断设备是否存在潜在故障。遗传算法可用于优化神经网络的结构和参数,通过模拟生物进化过程中的选择、交叉和变异操作,寻找最优的神经网络配置,进一步提高故障预测的准确性和效率。这种基于智能算法的预测方法能够适应复杂多变的各类全电控制系统环境,为某船全电控制系统的可靠运行提供了坚实保障^[2]。

2.4 基于混合模型的预测方法

在实际的电子信息设备故障预测中,单一的预测方法往往存在一定局限性,而基于混合模型的预测方法则应运而生,展现出独特优势。该方法融合了多种不同类型的预测方法,如将基于数据驱动的方法与基于模型的方法相结合,或者把智能算法与传统数学模型相融合,充分发挥各方法的长处,弥补彼此的不足。在某地面观

测站的目标探测系统中,基于混合模型的预测方法得到了有效应用。某地面观测站的目标探测过程具有强非线性、时变性以及多变量耦合等复杂特性。第一,利用基于模型的方法,根据目标探测过程的分机运行状态建立起初步的系统模型,对系统的基本运行状态进行描述。第二,运用基于数据驱动的方法,采集生产过程中的实时数据,对模型进行修正和优化。第三,引入神经网络对系统的复杂非线性关系进行学习和预测。通过这种混合模型,能够全面、准确地预测某地面观测站的目标探测系统的故障。当系统运行状态发生变化时,混合模型能够快速适应,及时调整预测策略,大大提高了故障预测的准确性和可靠性,有效降低了目标探测系统运行过程中的潜在故障,提升了目标探测系统的战备完好性。

3 基于机器学习的电子信息设备故障诊断技术

3.1 基于分类算法的故障诊断技术

(1) 分类算法在电子信息设备故障诊断中,通过对已知故障样本的学习,构建分类模型。常见的分类算法如支持向量机(SVM),它基于结构风险最小化原则,在高维空间中寻找一个最优分类超平面,将不同故障类型的数据清晰分开。决策树算法则是根据特征属性进行递归分裂,构建树形结构,每个内部节点是一个属性上的测试,分支是测试输出,叶节点是类别标签。(2) 在实际电子信息设备中,收集大量正常运行及各类故障状态下的传感器数据,经过数据预处理,如归一化、去噪等,输入到分类算法模型进行训练。当新的未知数据进入系统时,训练好的分类模型能够快速判断其所属的故障类别。例如在工业自动化生产线的电子信息设备中,利用分类算法可对电机过热、传感器失灵等不同故障进行准确诊断。(3) 基于分类算法的故障诊断技术具有较高的诊断准确性和效率,能够快速识别已知故障类型,但它对训练样本的依赖性较强,若样本不全面或存在偏差,诊断性能会受到影响。对于新出现的故障模式,可能无法准确诊断,需要不断更新和扩充训练样本集来提高诊断能力。

3.2 基于聚类算法的故障诊断技术

(1) 聚类算法旨在将数据集中的数据对象按照相似性划分为不同的簇。在电子信息设备故障诊断中,K-均值聚类是常用算法之一,它先随机选择K个初始聚类中心,然后将每个数据点分配到距离最近的中心所在簇,不断迭代更新簇中心,直至簇内数据的误差平方和最小。层次聚类则是通过计算数据点间的相似度,自底向上或自顶向下地构建聚类层次结构。(2) 对于电子信息设备的运行数据,聚类算法无需预先知道故障类别,能

自动发现数据中的内在结构和规律。例如在某船动力监测系统中,对振动、温度等多源数据进行聚类分析,可将正常工况数据和不同故障工况数据分别聚类。当新数据与某个簇的特征相似时,可初步判断设备处于相应的状态。(3)基于聚类算法的故障诊断技术能够处理无标签数据,发现潜在的故障模式,对未知故障的诊断有一定优势。然而,聚类结果的准确性受数据分布、参数设置等因素影响较大。聚类算法通常只能给出数据的类别划分,难以直接明确故障的具体类型和原因,需要结合领域知识进一步分析^[3]。

3.3 基于深度学习的故障诊断技术

(1)深度学习凭借其强大的特征自动提取和复杂模型构建能力,在电子信息设备故障诊断领域得到广泛应用。以深度神经网络(DNN)为例,它包含多个隐藏层,通过大量数据训练调整神经元之间的连接权重,从而学习到数据的高级抽象特征。卷积神经网络(CNN)则针对具有空间结构的数据,如传感器图像数据,利用卷积层、池化层等自动提取局部特征和全局特征。(2)在智能电网电子信息设备中,将采集的电力设备运行数据,如电流、电压波形数据,转换为图像形式输入到CNN模型。模型经过训练能够准确识别设备的过流、短路等故障状态。在某无人控制系统中,利用循环神经网络(RNN)及其变体长短期记忆网络(LSTM)处理时序数据,对某无人控制系统关节故障等进行有效诊断。

(3)基于深度学习的故障诊断技术无需人工手动提取特征,能处理复杂的数据模式,诊断精度高。但深度学习模型训练需要大量的数据和强大的计算资源,训练时间长。模型结构复杂,可解释性较差,难以直观理解其诊断决策过程,在一些对可靠性和可解释性要求极高的测控场景中应用受限。

3.4 基于迁移学习的故障诊断技术

(1)迁移学习致力于将在一个或多个源任务上学习到的知识迁移到目标任务中。在电子信息设备故障诊断中,当目标系统的故障样本数据稀缺时,迁移学习可发挥重要作用。例如,在不同型号但结构相似的某目标探

测系统各分机检测设备中,利用对目标探测系统整机的故障诊断任务中训练好的模型参数,通过迁移学习对各分机各组合的故障诊断进行初始化和微调。(2)常见的迁移学习方法包括基于实例的迁移,即从源领域选择部分实例迁移到目标领域辅助训练;基于特征的迁移,通过学习源领域和目标领域的共享特征表示,将源领域的特征知识迁移到目标领域;基于模型的迁移,直接复用源领域训练好的模型结构和参数。在实际应用中,可根据电子信息设备的特点和数据情况选择合适的迁移学习方法。(3)基于迁移学习的故障诊断技术能够有效利用其他相关领域或任务的知识,减少目标任务对大量样本数据的依赖,降低模型训练成本,提高诊断效率。迁移学习的效果依赖于源任务和目标任务的相关性,若两者差异过大,迁移可能会带来负面效果,需要谨慎选择源任务和迁移策略^[4]。

结语

综上所述,基于机器学习的电子信息设备故障预测与诊断技术具有显著优势,能够实现对系统故障的精准预测和高效诊断。随着机器学习算法的不断优化和电子信息设备数据的日益丰富,该技术将进一步提升电子信息设备的稳定性和可靠性。未来,我们应继续深化机器学习在电子信息设备故障预测与诊断中的应用,推动相关技术的创新与发展,为工业生产和科研实验提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]付颜,潘蕾,王钱超.基于机器学习的锅炉送风控制系统仿真及优化[J].工程热物理学报,2022,43(7):1777-1782.
- [2]房红征,年夫强,罗凯,等.基于机器学习建模的航天器健康管理平台研究[J].计算机测量与控制,2022,30(12):112-118.
- [3]曹歌瀚,黄亚继,徐文韬,等.基于机器学习的燃煤锅炉分工况建模与燃烧优化[J].锅炉技术,2023,54(5):41-47.
- [4]马萌,黄雨,韩亮.电子电路故障诊断与预测技术分析[J].电子测试,2021(07):125-126.