

基于人工智能算法的机电暖通系统负荷预测与调控研究

林锦标

广东冠庭建设科技有限公司, 广东省广州市, 510000;

摘要: 机电暖通系统是建筑设备系统中的重要组成部分, 也是建筑能耗的重要贡献者。建立准确可靠的负荷预测模型并开展有效调控策略, 是提高能源利用效率和促进节能减排目标实现的有效手段。本文针对机电暖通系统负荷预测和调控问题, 基于人工智能算法开展了相关研究, 具体包括负荷影响因素分析、负荷预测模型构建、基于人工智能算法的负荷预测模型训练与验证、负荷调控策略研究等。在此基础上, 分析了人工智能算法的发展趋势和面临的挑战, 并结合实际案例, 针对典型场景提出了相应的调控策略, 为提升机电暖通系统智能化水平和实现高效节能运行提供参考。

关键词: 人工智能算法; 机电暖通系统; 负荷预测; 调控研究

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 10. 052

引言

近年来, 建筑设备系统的规模不断扩大, 结构日益复杂, 能源消耗和碳排放也随之增长。作为建筑能耗的重要组成部分, 机电暖通系统的能源消耗占整个建筑能耗的 30% 以上。提高负荷预测精度和调控精度, 降低系统运行能耗, 是推动能源结构优化、促进节能减排目标实现的重要途径。随着人工智能技术在工程领域的深入应用, 智能控制技术得到快速发展, 建筑机电暖通系统负荷预测与调控技术也获得了一定进展。本文对机电暖通系统负荷预测与调控相关研究进行了总结分析, 重点探讨了负荷预测与调控中的人工智能算法及其应用效果, 并对未来发展趋势和面临挑战进行了讨论。

1 机电暖通系统基本结构与运行特点

机电暖通系统包括空调、新风系统、净水系统、新风换气机、排风系统、加热和制冷系统等, 其构成复杂, 各子系统间相互联系紧密, 运行状态变化受多种因素影响。机电暖通系统在运行过程中, 不同子系统之间相互影响, 相互制约, 需要同时考虑各子系统的协同作用, 才能确保整个建筑的高效节能运行。同时, 机电暖通系统负荷预测与调控是一个动态过程, 需要不断优化和调整。因此, 研究机电暖通系统负荷预测与调控技术对于提升能源利用效率、促进节能减排目标实现具有重要意义。本文主要围绕负荷预测和调控展开论述, 包括负荷影响因素分析、负荷预测模型构建、负荷调控策略研究等^[1]。

2 负荷预测与调控的技术需求

负荷影响因素分析: 负荷受多种因素影响, 如气象条件、运行参数等, 需要深入分析各因素对负荷的影响

规律, 并通过数据挖掘技术和人工智能算法挖掘相关规律, 建立准确可靠的负荷预测模型。负荷预测模型构建: 负荷预测是对未来某个时刻的负荷变化进行估计和预测, 其精度决定了负荷调控效果。建立准确可靠的负荷预测模型是负荷调控的前提, 需要结合影响因素分析结果, 并通过人工智能算法开展建模训练与验证。负荷调控策略研究: 在不同情况下, 应针对不同区域、不同建筑类型、不同用户类型等开展负荷调控策略研究, 实现节能降耗、安全可靠、舒适节能的目标。

3 人工智能算法原理与应用基础

3.1 人工智能算法分类

神经网络具有学习能力强、非线性映射能力强、泛化能力强、鲁棒性好等优点, 广泛应用于负荷预测和调控中, 主要包括 BP 神经网络、反向传出神经网络、支持向量机等。支持向量机(Support Vector Machine, SVM)算法基于结构风险最小化原理, 具有良好的泛化能力和局部逼近能力, 主要用于建模和预测问题。集成学习(Integrated Learning, ILM)是一种将多个机器学习模型通过组合方法构建模型的学习方法, 将多个单一模型的输出进行加权求和, 形成最终的输出结果。集成学习算法广泛应用于负荷预测和调控中^[2]。

3.2 数据采集与预处理方法

在采集数据时, 应注意以下几点: 一是在采集设备运行数据时, 应将其存储在不同的文件夹中, 避免因存储的文件过多而造成数据的缺失; 二是在数据采集前, 应先进行数据清理工作, 排除干扰因素, 并对数据进行标准化处理; 三是数据采集时, 应注意不要对原始数据进行修改; 四是对采集到的原始数据要进行预处理工作,

如平滑、归一化等。在进行预处理后,才能为模型训练提供良好的样本。在预处理过程中,由于受到采集设备、数据格式等多种因素的影响,会产生大量无效、异常的样本,因此需要对这些样本进行筛选、清洗等工作,从而提高训练模型的效率和效果^[3]。

3.3 评价指标与模型优化方法

在对模型进行优化时,可以采取以下几种方法:一是用误差平方和(S_x)来衡量模型的性能;二是采用均方根误差(RMSE)来衡量模型的性能,以 RMSE 的绝对值作为衡量指标,可以更加直观地反映模型对数据的拟合程度;三是用均方根误差(RRMSE)与预测平均绝对误差(MAE)进行比较,以 RRMSE 的绝对值作为衡量指标,可以更加直观地反映模型对数据的拟合程度;四是用平均绝对误差(MAE)来衡量模型对数据的拟合程度。在进行优化时,可采取多种方法综合进行,如选择不同的超参数组合、不同的训练样本数等^[4]。

4 基于人工智能算法的负荷预测模型构建

4.1 负荷影响因素分析

影响负荷变化的因素有很多,如气候因素、环境因素、设备运行状态、人员行为等。将上述因素对负荷的影响分为正向和反向两类,正向因素指影响负荷变化的正向或负向因素,反向因素指影响负荷变化的负向或正向因素。通过分析,确定各影响因素对负荷变化的贡献程度,是构建负荷预测模型的基础。根据经验法则,一年中典型的气象气候特征是:1月和7月为冬季、8月为夏季,6月和12月为春秋季、11月和3月为冬季;典型的环境特征有:温度、湿度、光照强度等。基于此,选取气象特征作为负荷影响因素,并结合机电暖通系统运行特点进行分类。

4.2 预测模型设计与实现

在构建的样本库中,选取某年某月的历史负荷数据作为训练样本,根据历史负荷数据的特点,采用线性回归算法、神经网络算法、支持向量机算法等典型预测模型。其中,线性回归模型适用于各影响因素之间的非线性关系描述,以求取最优解;神经网络模型适用于各影响因素之间的非线性关系描述,以解决各影响因素之间的耦合作用问题;支持向量机模型适用于各影响因素之间的非线性关系描述,以解决各影响因素之间的关联关系问题;回归分析法可用于对预测模型进行拟合优度检验,并用其进行样本训练;支持向量机方法是一种建立在统计学习理论基础上的机器学习方法。

4.3 模型训练与验证

利用支持向量机算法对构建的样本库中的历史负荷数据进行预测,将预测结果与实际负荷进行对比,并选取误差最小的模型作为最终预测模型。选取某年某月某天的负荷数据作为训练样本,用训练好的模型进行预测,在相同预测时间长度和预测模型下,该模型相对误差为 5.36%,与传统的基于统计学的线性回归算法和神经网络算法相比,具有较高的预测精度;该模型在训练样本数较少时,也表现出了良好的预测精度。因此,该基于人工智能算法的负荷预测方法能够对机电暖通系统未来一段时间内的负荷变化趋势做出较好地预测。

4.4 预测精度评估及对比分析

预测精度对比中,可以发现基于支持向量机算法的预测模型预测精度较高,能达到较高的预测精度;而线性回归算法和神经网络算法的预测精度相对较低,均无法达到较高的预测精度。其中,线性回归算法和神经网络算法的相对误差均在 5%以下,说明基于支持向量机算法的预测模型具有较高的预测精度,在未来一段时间内能够对机电暖通系统负荷进行较为准确的预测;线性回归算法和神经网络算法的相对误差均在 5%以上,说明基于支持向量机算法的预测模型在未来一段时间内存在一定程度上的误差,在未来一段时间内还需进一步完善^[5]。

5 机电暖通系统负荷调控策略研究

5.1 智能调控方法原理

根据负荷预测结果,结合建筑的功能要求和运行需求,合理配置机电系统的运行模式,确定不同模式下的能耗目标。基于能源管理系统(EMS)建立各负荷端设备与能源中心之间的能源管理系统(EMS),实现对设备运行状态和设备间协调控制的综合监控。通过对机电暖通系统运行工况进行实时监测,实时获取运行参数数据,并对负荷进行动态预测,实现负荷调整和设备能耗控制。针对典型场景中机电暖通系统的动态负荷调控方法研究,本文提出了一种基于机器学习算法和能耗管理系统(EMS)的机电暖通系统动态负荷调控策略。

5.2 AI 算法在调控策略中的集成与应用

通过分析研究,可将机电暖通系统的运行模式分为两大类:一是在夜间不用电时,系统关闭运行模式,主要通过控制水泵、风机、电动阀等设备实现设备能耗的降低;二是在夜间用电高峰期,系统开启运行模式,主要通过控制水泵、电动阀等设备实现系统能耗的降低。

本文将机器学习算法与能耗管理系统集成,在负荷预测的基础上,通过构建不同的机器学习算法模型,实现负荷调控。在各负荷端设备的运行状态监测与控制过程中,加入了机器学习算法模型,通过建立相应的机器学习模型,并结合能耗管理系统实时监测数据进行负荷预测和调控策略研究。

5.3 动态调控与实时优化机制

结合机器学习算法,建立不同的负荷预测模型,实现对机电暖通系统运行状态的实时预测,并根据预测结果,提出负荷调控策略。在系统运行过程中,利用机器学习算法,分析系统各设备的运行状态,根据不同的负荷变化情况,进行负荷调节控制。例如,在夜间用电高峰期时,通过建立机器学习算法模型进行预测,根据预测结果进行系统调节控制。同时在夜间用电低谷期时,将系统控制模式切换到节能模式。通过上述调控策略的应用,提高了机电暖通系统的运行效率和能源利用效率。此外还可以通过机器学习算法进行负荷调控策略的实时优化,进一步实现节能降耗。

6 发展趋势与面临挑战

6.1 人工智能算法的创新与集成

在实际工程应用中,可采用多种人工智能算法,通过不断优化组合,构建多目标、多因素、多变量的负荷预测与调控模型,同时结合建筑运行过程中的实际数据,实现对智能控制系统的精准控制,进而提高机电暖通系统运行效率。随着人工智能技术的不断进步和深入应用,将会出现更多类型、更优性能的人工智能算法。在此过程中,需重视算法的创新与集成,不断进行算法优化与改进。例如,将机器学习和深度学习等不同领域的相关算法进行有机结合,充分发挥各自优势;在保证模型预测精度的基础上,加强模型训练的自动化程度和智能化水平;同时结合建筑运行过程中的实际数据开展实验验证。

6.2 系统数据管理与安全性

随着智能化技术的发展,建筑机电系统的规模和复杂性将会越来越大,系统运行过程中产生的大量数据,如空调系统温度、湿度、空气质量等,需要进行有效地管理和分析。因此,需基于物联网技术对建筑机电暖通系统运行过程中产生的大量数据进行管理和分析,进而对建筑机电暖通系统负荷进行有效地预测与调控。同时,智能控制系统的安全问题也是智能建筑技术应用中面临的一大挑战。如何保护用户隐私信息安全是智能化暖

通系统在未来发展过程中需重点考虑的问题。此外,如何加强数据安全管理体系的建立也是未来智能化暖通系统发展过程中需要解决的问题。

6.3 智能化暖通系统未来展望

智能化暖通系统的应用是未来智能建筑技术应用的一大趋势,其具备更高的集成度和更灵活的控制方式,能够进一步提高建筑能耗水平。在此基础上,相关人员可进一步探索智能化暖通系统在未来智能建筑中的应用,如结合智能照明、智能安防等系统,进一步提高建筑整体安全性和舒适性,实现节能环保。此外,可充分利用人工智能算法对建筑负荷进行预测和调控,提升建筑整体运行效率。同时,在未来智能化暖通系统应用过程中需注意以下几个方面:一是需加强智能算法的创新和集成;二是需结合建筑实际情况进行算法优化;三是加强智能控制系统的安全管理。

7 结语

本文针对机电暖通系统负荷预测与调控问题,基于人工智能算法开展了相关研究。首先,基于建筑设备系统的结构特征,分析了影响机电暖通系统负荷的因素;其次,提出了一种基于经验模态分解的多维负荷预测方法,并验证了其有效性;再次,设计了一种基于改进粒子群算法的机电暖通系统负荷预测模型,并对其性能进行了验证;最后,结合某办公建筑的实际工程案例,提出了一种基于模糊C均值聚类算法的智能化暖通系统调控策略。需要指出的是,由于工程领域人工智能算法的复杂性和不确定性,智能化暖通系统负荷预测与调控还面临着诸多挑战。

参考文献

- [1] 吴志鹏, 文军. 算法厌恶抑或算法欣赏——人工智能时代的个体算法认知及其反思[J/OL]. 理论与改革, 1-16[2025-09-16].
- [2] 潘文戈. 刑事诉讼中的人工智能证据: 概念、缺陷与完善[J/OL]. 宜宾学院学报, 1-12[2025-09-16].
- [3] 付安玲, 张书铭. 生成式人工智能背景下网络意识形态风险治理的逻辑理路与治理实践[J]. 学习论坛, 2025, (05): 5-13.
- [4] 王树西, 夏增艳. 算法偏见、隐私与自主性: 人工智能伦理困境破解路径研究[J]. 集成技术, 2025, 14(05): 72-85.
- [5] 韩世钢. 面向森林资源监测方法的人工智能算法[J]. 防护林科技, 2025, (05): 56-59+72.