机器学习算法在电力负荷预测中的应用研究

林婧楠
中国电建集团福建省电力勘测设计院有限公司　福建 福州　350001

摘　要　随着电力系统运行复杂程度的不断提高，传统负荷预测方法在处理非线性变化、多因素影响以及复杂时间序列关系时存在局限性。机器学习算法具备数据特征学习和模式识别能力，能够利用历史负荷数据挖掘潜在变化规律，为电力负荷预测提供了新的技术路径。针对当前机器学习算法应用中存在的数据特征表达不足、样本质量影响显著、模型泛化能力有限、复杂负荷规律识别困难以及多源信息融合不足等问题，本文围绕特征提取优化、数据处理改进、模型结构调整、多因素融合分析及组合预测方法构建等方面展开研究，旨在提升电力负荷预测模型的适应能力与预测可靠性，为智能电力系统的运行提供技术参考。

关键词　机器学习算法；电力负荷预测；特征提取；预测模型；数据融合；智能计算

Research on the Application of Machine Learning Algorithms in Power Load Forecasting

Lin Jingnan
PowerChina Fujian Electric Power Survey and Design Institute Co., Ltd., Fuzhou 350001, Fujian Province, China

Abstract　As the operational complexity of power systems continues to increase, traditional load forecasting methods face limitations in dealing with nonlinear changes, multi-factor influences, and complex time-series relationships. Machine learning algorithms possess capabilities for data feature learning and pattern recognition, and can exploit historical load data to uncover potential variation patterns, providing a new technical path for power load forecasting. In response to the problems in the current application of machine learning algorithms, such as insufficient data feature representation, significant influence of sample quality, limited model generalization ability, difficulty in identifying complex load patterns, and insufficient fusion of multi-source information, this paper conducts research on feature extraction optimization, data processing improvement, model structure adjustment, multi-factor fusion analysis, and combination forecasting method construction. The aim is to enhance the adaptability and forecasting reliability of power load forecasting models and provide a technical reference for the operation of intelligent power systems.

Key words　Machine Learning Algorithms; Power Load Forecasting; Feature Extraction; Forecasting Models; Data Fusion; Intelligent Computing

电力负荷预测是电力系统运行调度与资源分配的重要技术支撑环节，其预测结果直接影响电网运行态势的分析与能源利用效率。特别是在新型电力系统建设背景下，高比例新能源的大规模并网与终端电气化水平的提升，使得源荷双侧的不确定性显著增强，负荷曲线呈现出更为复杂的随机波动特征。当前，电力负荷变化呈现出日益显著的非线性、随机性与多因素耦合特征，传统预测方法在复杂环境下的适应性日益不足。机器学习算法能够依托海量历史数据，构建输入变量与负荷变化之间的映射关系，在处理复杂时序及非线性问题时具有显著优势。然而，机器学习模型的效果受数据质量、特征表示能力、算法结构等多方面因素制约。因此，研究机器学习算法在电力负荷预测中的应用方法，对提升预测模型性能具有重要意义。

1　电力负荷预测中机器学习算法应用的重要性

机器学习算法能够提升对复杂负荷变化规律的识别能力，为电力系统运行分析提供更精准的数据支撑。传统预测方法在处理非线性波动、多因素耦合及大规模历史数据时存在不足，而机器学习算法通过数据训练挖掘变量间的潜在联系，实现对负荷变化趋势的智能化剖析。该算法可充分利用历史负荷数据的时间特征、变化规律及相关性，使预测模型对不同运行状态具备更强的适应性。应用机器学习方法可有效提高电力负荷预测结果的可靠性，为电网调度优化、运行状态分析及能源利用提供技术支撑，对促进电力系统智能化发展具有重要意义。

2　电力负荷预测中机器学习算法应用面临的问题

2.1　负荷数据特征提取能力不足

电力负荷数据通常具有周期变动、随机波动及时序相关

等特性，仅依赖基础数据特征难以全面反映负荷变化的物理机理。机器学习算法在训练过程中需有效提取输入数据的关键特征，若特征表达能力不足，模型则难以准确建立历史负荷变化与未来负荷趋势之间的映射关系。实际负荷变化既包含短期波动信息，又反映长期趋势特点，不同时间尺度的数据特征差异明显。当特征信息无法充分表征负荷变化规律时，模型易产生预测偏差，导致在迎峰度夏或极端天气等高负荷时段出现严重的拟合失真，从而削弱算法应对复杂负荷场景的能力。

2.2 历史负荷数据质量影响预测效果

历史负荷数据是机器学习模型训练的基础，其完整性与准确性直接影响模型的学习效果。受采集周期、数据传输及运行状态等因素影响，负荷数据易出现缺失、异常波动、分布不均等问题。部分异常数据会扰乱原有的负荷变化规律，导致模型在训练过程中形成错误认知，进而影响预测结果。此外，历史数据具有显著时序性，不同时间段的数据特征差异较大，导致模型所学规律难以准确反映当前负荷变化状况。数据质量不佳会对机器学习算法产生不稳定的负面影响，降低负荷预测效果。

2.3 预测模型泛化能力存在不足

机器学习模型的预测性能不仅取决于训练数据量，还与模型结构及学习能力密切相关。部分模型在特定样本数据上表现优异，但面对新的负荷变化状态时适应性显著降低。电力负荷具有波动性，不同季节、时段及运行条件下的负荷特性差异较大，单一模型难以应对此类多样性。若模型过度拟合历史数据中的局部规律，将导致其对未知数据的处理能力减弱，造成预测结果波动。泛化能力不足表明机器学习模型对复杂电力运行环境的适应性仍有待加强[1]。

2.4 复杂负荷变化规律识别难度较高

电力负荷的变化受多重因素驱动，其演变过程复杂且动态。机器学习算法需从海量数据中挖掘隐藏的变动规律，然而复杂因素间的交互影响，导致负荷变化的关联关系难以充分显现。短时负荷可能发生快速变化，而长期趋势又受周期规律影响，两者变化特征差异显著。部分机器学习模型对简单变动规律表现较好，但面对复杂波动关系时，易出现特征识别不足的情况。负荷变化的复杂性加大了模型学习难度，导致预测结果难以准确反映实际运行状态[2]。

2.5 多因素信息融合程度有待提升

电力负荷预测不能仅依赖历史负荷数据，还需综合考虑气象状况、时间尺度、用户用电习惯等多维因素。不同类型数据在数据结构、变化规律及影响方式上存在差异，使得多源信息融合过程较为复杂。目前，部分预测模型仅使用单一类型的负荷数据，未能充分利用外部关联信息，导致模型对负荷变化原因的解析不够深入。多因素间存在复杂的关联，若无法有效表征各因素对负荷变化的影响程度，将导致预测结果缺乏全面性。信息融合不足会造成机器学习算法对复杂负荷变化场景分析不到位，从而降低预测模型的整体性能[3]。

3 电力负荷预测中机器学习算法的应用策略

3.1 强化负荷数据特征提取，提高预测精度

电力负荷预测的准确性依赖于输入数据特征的表达能力，机器学习算法需通过有效的特征挖掘构建负荷变化规律的映射关系。传统负荷数据分析主要聚焦于历史负荷值本身，难以体现时间周期、变化趋势及异常波动等隐含信息。强化特征提取应从时间序列角度深入剖析数据变化规律，构建多尺度特征，以增强模型对负荷变动的感知能力。在实际应用中，应关注不同时间段内负荷变化的特性，将短期波动特性、中长期发展趋势与周期性变化规律相融合，使模型能够准确识别负荷变动方向。同时，特征提取过程需结合机器学习算法的特点，对输入变量进行合理筛选，减少无效信息对模型训练的干扰。通过强化数据特征，增强模型对复杂负荷变化规律的学习能力，使预测结果更贴近电力系统实际运行规律。

3.2 优化数据处理方法，增强模型输入可靠性

数据处理是机器学习算法应用于电力负荷预测的基础性工作，模型训练效果在很大程度上取决于输入数据的准确性。历史负荷数据具有量大、波动性强且连续性好等特点，原始数据中通常存在异常值、缺失值、分布不均等问题，直接用于模型训练会干扰算法的学习效果。优化数据处理方法需从数据清洗、标准化处理、样本结构调整等方面入手，使输入数据更符合模型的计算要求。在数据处理过程中，应充分考虑负荷数据的时间相关性，避免简单的处理方法扰乱原有的变化规律。通过合适的转换方法，可减小各变量间的量纲差异对模型运算的影响，使算法训练过程更加稳定。数据处理质量直接影响机器学习模型对负荷变化规律的学习效果，完善的数据处理流程可有效降低输入误差，提高模型预测结果的可信度。该方法为提高机器学习算法的应用效果奠定了基础[4]。

3.3 改进机器学习模型，提升预测适应能力

机器学习模型的结构对电力负荷预测性能起决定性作用，不同算法对非线性关系、时间序列变化及复杂数据特征的处理能力各异。为解决传统模型适应性不强的问题，应根据负荷预

测的特点改进算法结构，提升模型对数据的学习能力。例如，可引入长短期记忆网络（long short-term memory，LSTM）或注意力机制（Attention）等深度学习架构，以更有效地捕获负荷序列中的长程依赖关系与关键时间节点。模型改良并非简单增加模型复杂度，而是从模型参数调整、学习方式改进及特征处理能力增强3个方面，提高模型对各种负荷状态的适应能力。实际应用中应考虑负荷变化的动态性，使模型能够兼顾短期变动与长期趋势的联系。部分机器学习算法在训练数据范围内预测能力较好，但面对新的负荷变化模式时容易失效，因此模型优化应重点提升预测的稳定性与适应性。通过改变模型结构提高对复杂负荷数据的分析能力，进而提升预测结果的可靠性。模型性能的改善不仅依赖于算法的计算能力，还需结合电力负荷的变化特性进行针对性优化。

3.4 融合多维影响因素，增强负荷变化识别能力

电力负荷变化受诸多因素影响，仅凭历史负荷序列难以完全反映实际变化规律。融合多维影响因素可将不同种类的数据纳入机器学习预测模型，使算法能够从多角度探究负荷变化的成因。影响电力负荷变化的因素差异较大，气象状况、时段及用户用电行为等均会对负荷变化趋势产生影响。尤其是气象因素（如温度、湿度、风速）具有极强的非线性与滞后效应，夏季高温累积效应与冬季寒潮突袭对空调负荷的拉升作用机制截然不同，这极大增加了数据融合的难度。多维数据融合需解决不同数据类型间结构差异较大的问题，使各类信息建立起有效联系。具体的融合措施如表1所示。

表1　电力负荷预测多维影响因素融合方法示例

影响因素类型	融合内容	应用作用
时间因素	季节、周期变化信息	增强趋势识别能力
气象因素	温度、天气变化信息	提高外部影响分析能力
用户因素	用电行为变化信息	提升负荷特征表达能力
运行因素	系统运行状态信息	增强综合判断能力

融合多维影响因素后，机器学习模型可突破单一数据源的局限，提升对负荷变动规律的综合分析水平[5]。多因素信息参与预测后，模型能够有效区分不同情况下的负荷变化特点，减少由外部因素变化引起的预测误差，为复杂场景的电力负荷预测提供更完备的数据支撑。

3.5 构建组合预测方法，提高模型预测效果

单一机器学习算法在电力负荷预测中存在局限性，各模型在特征学习、非线性处理及时间序列分析能力上各有利弊。构建组合预测方法可整合不同算法的优势，从而提升模型整体性能。组合预测并非简单叠加各模型结果，而是根据算法特性进行合理权重分配，使各模型在不同数据特征下发挥各自优势。应用时应根据负荷数据变动特性选择合适的算法组合方式，借助模型融合缩减单一算法带来的预测偏差。组合预测方法可提高模型对复杂负荷变化的适应性，使预测结果更为稳定。该方法的重点在于改善各模型间的信息交互状况，通过综合考量多重预测结果提高最终输出的可信度。鉴于电力系统运行状态的多变性，组合预测方法更符合复杂负荷预测的要求，为机器学习算法的应用指明了技术方向[6]。

4　结束语

针对当前机器学习算法在电力负荷预测应用中存在的数据特征提取不足、模型适应性较差、多因素融合度低等问题，本文提出了加强特征处理、提升数据质量、优化模型结构及建立组合预测等策略，以期提升预测结果的准确性。未来需依托深度学习、智能计算等前沿技术持续优化预测模型，提升电力负荷预测的精细程度，为电网智能化运行提供更加稳定的技术支撑。同时，在“双碳”目标与新型电力系统建设的驱动下，后续研究应进一步探索在线学习与增量更新机制，使预测模型能够在实际运行中随着数据分布的变化进行自适应演进，并开展与实际负荷数据的深度误差评估，以全面验证所提方法的工程实用价值。

参考文献

[1]沃一峰.机器学习算法在电力现货交易价格预测中的应用[J].电子技术,2024,53(12):238-239.

[2]梁倩,李公波.深度学习算法在电力负荷预测中的应用[J].电子技术,2023,52(11):46-49.

[3]谢小鹏.深度学习算法在电力负荷预测中的应用研究[J].广西电力,2023,46(2):48-55.

[4]徐建平,胡济恒,孙卫哲.基于机器学习的混合模型在电力负荷预测中的应用[J].河北电力技术,2021,40(1):27-30.

[5]董浩,程鹏,李玲玲.深度学习算法在电力系统短期负荷预测中的应用[J].电气时代,2017(2):82-84.

[6]王青磊,夏世超,沈颖,等.基于机器学习算法的电力用户参与负荷调节特征模糊聚类[J].电力信息与通信技术,2026,24(5):57-64.

（本文编辑　曹　阳）

