

# 基于粒子群算法优化BP神经网络的电力负荷预测

(辽宁工程技术大学电气与控制工程学院,辽宁省葫芦岛市,125105) 赵家伟 刘文康 张景楠 姚奕丞

**摘要** 准确的负荷预测是保证电网平稳运行的重要因素,本文提出了一种基于粒子群算法(PSO)优化BP神经网络预测模型的方法。该方法引入了粒子群算法这一新型的群智能算法,通过多次迭代进行模型优化,与BP神经网络相结合,消除了后者收敛速度较慢、较易陷入局部极值等缺点。经MATLAB仿真结果验证,该模型具有较高的准确性和稳定性,为电力负荷预测提供了一种实用的方法。

**关键词** 粒子群算法;BP神经网络;负荷预测;模型优化

中图分类号:F407.61 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)06-0029-03

随着“双碳”目标的提出与“节能减排”政策的持续执行,电力领域在未来将会面对众多新机遇和新挑战。精准的电力负荷预测对于电力系统的运行和规划具有重要意义,根据多种影响因素,运用可靠的预测模型,实现对地区未来用电量的精确预测,有利于电力企业做好电力生产与调配,提前制定调峰和调配计划,满足未来用电需求,保障电力系统稳定运行。

目前,针对电力负荷数据具有时序性和非线性等特征,国内外学者运用了多种预测模型和算法以提升预测精度。张淑清等<sup>[1]</sup>构建了一种基于分解预测和计及误差纠正的短期电力负荷预测模型。该模型通过花授粉算法(flower pollination algorithm)优化变分模态分解和双向长短时记忆神经(bidirectional long and short time memory)两阶段负荷预测算法,通过实际数据应用,对区域用电负荷的预测结果进行了验证。刘亚琿<sup>[2]</sup>等提出了一种基于聚类经验模态分解(cluster empirical mode decomposition)的卷积神经网络和长短期记忆网络混合预测算法,在一定程度上解决了复杂环境因素影响负荷预测这个问题。李艳波<sup>[3]</sup>等基于深度学习方法中经典LSTM神经网络,采用加入注意力机制的双向LSTM结构,与改进的深度残差网络结合,提出了一

种混合网络模型型一残差AM-Bi-LSTM预测模型,从三个方面提升了模型的泛化性能和预测精度。徐岩<sup>[4]</sup>等提出了一种基于粒子群算法优化参数(particle swarm algorithm,PSO)优化参数的VMD-GRU短期电力负荷预测模型,通过对实际数据进行仿真模拟,预测结果的对比证明了该算法的可靠性。

本文基于以上多种电力负荷算法研究以及余深泽<sup>[5]</sup>等PSO寻优算法在预测汽车剩余续航里程中的应用,结合BP神经网络和粒子群优化算法(PSO)的特点,在进行数据回归分析的基础上,以粒子群优化算法优化BP神经网络,进行了数据训练,通过增强粒子群搜索性能,有效弥补了BP神经网络在电力负荷预测中的劣势。

## 1 粒子群算法

粒子群算法是基于鸟类群体中搜索行为的研究提出的,鸟群通过交换信息来寻找最佳目标。粒子群算法具有收敛速度快、所需参数少、算法简单等优点。目前已被广泛应用于函数优化、神经网络训练、模糊系统控制等领域。

### 1.1 初始化

在速度区间和搜索空间上随机初始化速度和位置,设置粒子群规模为N,每个粒子随机初始化一个飞翔速度。假定在D维搜索空间中存在N个粒子,每一个粒子对应一个解,则:

第i个粒子的坐标:

$$X_{id} = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id}) \quad (1)$$

第i个粒子的速度:

$$V_{id} = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id}) \quad (2)$$

式中i为粒子序号,d为D维搜索空间。

作者简介:赵家伟(2003~),男,汉族,内蒙古呼和浩特市人,本科,研究方向:电力系统及其自动化技术。

1.2 个体极值与全局最优解

第*i*个粒子搜索到的最佳位置:

$$P_{id-pbest} = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{id}) \quad (3)$$

式中*pbest*为粒子个体历史最优位置。

整个群体搜索到的最佳位置:

$$P_{d-gbest} = (p_{1-gbest}, p_{2-gbest}, \dots, p_{D-gbest}) \quad (4)$$

式中*gbest*为粒子群体历史最优位置。

第*i*个粒子搜索到的目标函数最优值:

$$f_p \text{--个体历史最优适应值}$$

群体搜索到的最优位置的适应值:

$$f_g \text{--群体历史最优适应值}$$

1.3 更新速度和位置的公式

速度更新公式:

$$v_{id}^{k+1} = \omega v_{id}^k + c_1 r_1 (p_{id,pbest}^k - x_{id}^k) + c_2 r_2 (p_{d,gbest}^k - x_{id}^k) \quad (5)$$

位置更新公式:

$$x_{id}^{k+1} = x_{id}^k + v_{id}^{k+1} \quad (6)$$

其中*k*为重复次数,  $\omega$ 为惯性占比,  $c_1$ 为个体学习因子,  $c_2$ 为群体学习因子;  $r_1, r_2$ 是区间[0,1]内间隔的随机数, 添加随机搜索;

$v_{id}^k$ 是粒子*i*第*k*次重复学习时在*D*维空间中的速度;  $x_{id}^k$ 是粒子*i*第*k*次重复学习时在*D*维空间中的位置;

$P_{id-pbest}$ 作为粒子*i*在第*k*次迭代中第*D*维的历史最优坐标, 即在第*k*次重复学习后, 第*i*个粒子搜索得到的最优解;  $P_{d-gbest}$ 作为群体在第*k*次重复学习中第*D*维的历史最优位置, 即整个粒子群体中的最佳结果。

1.4 终止条件

①达到设定迭代次数; ②代数之间的差值满足最小界限。

PSO算法相较其他群智能算法, 不存在杂交和变异操作, 通过粒子速度完成搜索, 在迭代中只传递最优信息, 搜索速度快, 易于实现, 对于高维度优化问题, 比遗传算法(genetic algorithm)更快收敛于最优解。综合考虑, 选择PSO算法作为优化算法。

2 BP神经网络

BP神经网络可以对任意复杂的模式进行分类, 绘制多维函数图, 并解决简单感知器的异方差和其他一些问题。从结构上看, BP神经网络的拓扑结构由输入层、隐藏层和输出层组成。其中隐含层包含

多个神经元用于控制输入数据的非线性映射。多层神经网络架构如图1所示。

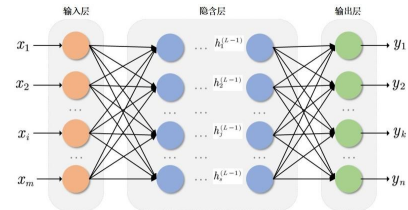


图1 多层神经网络架构

3 粒子群算法优化BP神经网络

在应用过程中, BP神经网络的初始权重和阈值是随机选择的, 容易造成收敛的局部最小值, 限制了其适用性。为解决这一问题, 采用PSO算法对BP神经网络的初始权重和阈值进行优化, 以解决局部最小值问题, 提高BP神经网络算法的预测能力。

4 实验结果

通过MATLAB软件进行模型搭建, 随机采用2019年中国某一地区103d电力负荷数据以及当日气象因素数据(最高温度、最低温度、平均温度、相对湿度以及降水量), 以103d中80d作为模型的训练集, 23d作为模型的测试集。设置BP神经网络中隐藏层节点为6, 设置训练次数为1 000次。训练集、测试集结果对比如图2与图3所示。

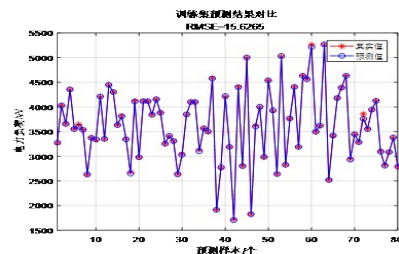


图2 训练集预测结果对比

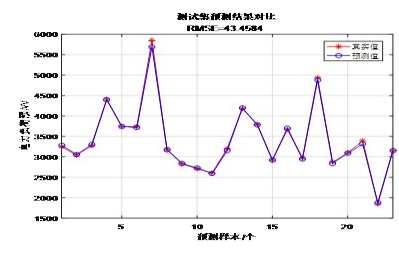


图3 测试集预测结果对比

从图2与图3可以看出, 粒子群算法优化BP神经网络模型的预测值与实际值曲线拟合程度很高, 虽有误差, 但是经过大量学习训练后, 误差大幅度减小。实际值与预测值结果对比证明了本文所建模型的可靠性以及精准性。

## 5 结语

本文通过详细分析粒子群算法基本原理,研究BP神经网络的特性,并构建了基于粒子群算法的BP神经网络优化模型,考虑多种自然因素,运用此模型完成了短期电力负荷预测,结果对比证明了该模型是一种高效的、精准的自学习预测模型。模型弥补了BP神经网络在负荷预测学习训练过程中收敛速度慢、容易陷入局部极小值等缺点,为电力负荷预测提供了一种稳定且精准的方法,助力电力系统稳定运行。

### 参考文献

[1]张淑清,李君,姜安琦等.基于FPA-VMD和BiLSTM神经网络的新型两阶段短期电力负荷预测[J].电网技术,2022,46(08):3269-3279. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2021.

(上接第25页)例如,虽然PLC系统可以通过编程实现各种复杂操作,但这这就要求操作者必须具有相应的编程技能,这对于一些技术人员来说是一大挑战。同时,PLC系统的搭建和调试过程也相对复杂,需要有较高的专业水平。再者,对于一些非常复杂的系统,PLC系统可能无法完全实现自动化控制,还需要其他的电气设备支持。首先,随着科技水平的提高,我们可以预见到PLC系统的硬件和软件都将得到进一步的提升,例如,硬件的集成度将更高,软件的编程和操作更加人性化。其次,随着工业4.0时代的到来,PLC技术有可能与物联网、大数据、人工智能等技术更深度的融合,从而实现更高级别的自动化控制。比如,通过物联网技术,我们可以实现更多设备的联网控制,而通过大数据和人工智能技术,我们可以实现对生产数据的智能分析和决策。总而言之,虽然PLC技术在实际应用中存在一些挑战,但其在机械电气控制领域的应用前景依然广阔。而且,随着技术的发展,PLC系统也将变得更加智能化,更加用户友好,对于推动工业生产的自动

0969.

[2]刘亚琿,赵倩.基于聚类经验模态分解的CNN-LSTM超短期电力负荷预测[J].电网技术,2021,45(11):4444-4451. DOI: 10.13335/j.1000-3673.pst.2021.0016.

[3]李艳波,尹锴,陈俊硕等.结合改进残差网络和Bi-LSTM的短期电力负荷预测[J].哈尔滨工业大学学报,2023,55(08):79-86.

[4]徐岩,向益锋,马d祥.基于粒子群算法优化参数的VMD-GRU短期电力负荷预测模型[J].华北电力大学学报(自然科学版),2023,50(01):38-47.

[5]余深泽.基于实时数据的电动车电池续航预测方法研究[D].哈尔滨工业大学,2021. DOI: 10.27061/d.cnki.ghgdu.2021.003373.

化和智能化,PLC技术会发挥越来越重要的作用。

## 5 结语

综上所述,PLC技术不仅在机械电气控制装置中发挥了重要作用,而且也为整个工业制造领域带来了前所未有的革新和改变。而随着技术的日新月异,PLC技术也将持续迭代和完善,以满足日益复杂多变的控制需求。相信在未来,PLC技术会在更多领域展示出更大的潜力和价值。

### 参考文献

[1]叶小雪,毛新红,王雨等.浅谈PLC技术在机械电气控制装置中的应用[J].电动工具,2023(05):31-34.

[2]陈亚云.探讨PLC技术在机械电气控制装置中的应用[J].科技资讯,2023,21(18):98-101. DOI: 10.16661/j.CNKI.1672-3791.2302-5042-9262.

[3]刘川,丛东方,黄秋梅.PLC技术在农业机械电气控制装置中的应用[J].南方农机,2023,54(15):88-90+110.