

深度解读：基于“鲸鱼算法”与Transformer的电力负荷预测新突破

原文链接: <https://mp.weixin.qq.com/s?chksm=f9aa1aa0cedd93b6400bc76a86719d4...>

原创zhiqiang23 没了裤衩

随着全球电力需求的持续增长和电网结构的日益复杂，电力负荷预测的准确性直接关系到电力系统的安全、可靠和经济运行。传统的预测方法往往难以应对复杂的非线性数据和不确定性因素。

近日，一篇发表在权威期刊《Expert Systems with Applications》上的研究论文《Study on deterministic and interval forecasting of electricity load based on multi-objective whale optimization algorithm and transformer model》提出了种创新的混合框架，它巧妙地结合了深度学习（Transformer模型）和多目标优化算法（鲸鱼优化算法，MOWOA），实现了电力负荷的确定性预测（点预测）和区间预测（不确定性预测）的双重提升。

本文将为您详细解读这一前沿研究，揭示其背后的核心技术和创新亮点。

核心挑战：为什么电力负荷预测如此困难？

电力负荷数据具有高度的非线性、强烈的波动性和复杂的时序依赖性。负荷受多种因素影响，包括天气变化、季节更替、节假日效应、经济活动等。因此，一个优秀的预测模型需要具备以下能力：

1. 高精度确定性预测：准确预测未来的负荷值，为电力调度提供精确依据。
2. 可靠的区间预测：评估预测结果的不确定性范围，帮助决策者进行风险管理并制定备用容量规划。

创新框架：四大模块协同作战



研究团队提出的混合框架由四个核心模块构成，形成了一个端到端（End-to-End）的预测流程：

模块名称	核心功能	关键技术	创新点
数据处理与挖掘	提取数据特征，提升模型输入质量	纵向数据选择方法、分布函数	提取序列相似性特征和统计特性，增强数据表示能力。
优化模块	优化深度学习模型的性能	多目标鲸鱼优化算法 (MOWOA)	自动调优Transformer模型的超参数，实现预测精度和模型复杂度的平衡。
预测模块	输出确定性预测和区间预测结果	优化的Transformer模型	利用Transformer强大的时序建模能力，同时输出点预测和区间预测。
评估模块	全面衡量模型性能	确定性与不确定性评估指标	采用多维度指标，确保预测结果的准确性和可靠性。

技术亮点一：Transformer模型与MOWOA的强强联合

该框架最引人注目的创新在于优化模块。

Transformer模型作为近年来在自然语言处理领域取得巨大成功的深度学习架构，因其独特的自注意力机制（Self-Attention Mechanism）在处理长序列依赖关系方面表现出色，被引入到时序预测领域。它能够有效地捕捉电力负荷数据中复杂的长期和短期依赖关系。

然而，Transformer模型的性能高度依赖于其超参数的设置。为了找到最优的超参数组合，研究采用了多目标鲸鱼优化算法（MOWOA）。

什么是鲸鱼优化算法？鲸鱼优化算法（Whale Optimization Algorithm, WOA）是一种基于自然界座头鲸捕食行为的元启发式优化算法。它模拟了座头鲸的“气泡网捕食策略”，通过收缩包围、螺旋更新和随机搜索三个阶段来寻找最优解。MOWOA则是将其扩展到多目标优化问题，能够同时优化多个相互冲突的目标（例如，最大化预测精度和最小化模型复杂度）。

通过MOWOA对Transformer模型进行超参数微调，研究成功构建了一个优化的Transformer模型，使其在电力负荷预测任务中发挥出最大潜力。

技术亮点二：确定性与区间预测的统一

传统的负荷预测通常只关注确定性预测（即一个具体的负荷值）。但对于电网调度而言，了解预测结果的不确定性至关重要。例如，预测负荷为1000MW，但其可能范围是950MW到1050MW，这对于备用容量的安排具有决定性意义。

该混合框架能够同时输出确定性预测和区间预测。通过对预测误差的统计分析和模型设计，它能生成一个预测区间，这个区间以一定的置信水平（如90%）包含实际负荷值。这为电力系统的风险管理提供了更全面的信息。

实验结果：显著优于基准模型

研究人员在两个真实的电力负荷数据集上对所提出的模型进行了验证。数值结果显示了该框架的卓越性能：

与最优的基准模型相比，该模型在两个数据集上的平均绝对百分比误差 (MAPE) 提升百分比分别达到了 35.9327% 和 23.7584%。

评估指标	结果优势	意义
MAPE (平均绝对百分比误差)	提升高达35.93%	确定性预测精度显著提高
区间覆盖率 (PICP)	表现优异	预测区间能够可靠地覆盖实际负荷值
区间平均宽度 (PINAW)	表现优异	在保证覆盖率的同时，预测区间宽度更窄，更具实用价值

这些数据有力地证明了多目标优化算法在深度学习模型超参数调优中的有效性，以及Transformer架构在复杂时序预测中的强大潜力。

总结与展望

这篇论文提出的基于多目标鲸鱼优化算法和Transformer模型的混合框架，为电力负荷预测领域带来了重要的突破。它不仅显著提高了预测的准确性，还提供了至关重要的不确定性信息，对于提升电网运行的智能化和精细化水平具有重要的实践意义。

这一研究成果也为其他能源预测领域（如风能、太阳能发电预测）提供了宝贵的思路和参考，预示着深度学习与智能优化算法结合将成为未来能源预测技术发展的重要方向。

参考文献

- [1] Du, P., Ye, Y., Wu, H., & Wang, J. (2025). Study on deterministic and interval forecasting of electricity load based on multi-objective whale optimization algorithm and transformer model. *Expert Systems with Applications*, 268(1), 126361. <https://dl.acm.org/doi/10.1016/j.eswa.2024.126361>