Electric Load Forecasting Based on Locally Weighted Support Vector Regression

2010

摘要 - 电力需求预测已成为电气工程的主要研究领域之一。准确估算的预测是高效电力系统规划和运营的重要组成部分。在本文中，提出了支持向量回归（SVR）的修改版本来解决负荷预测问题。通过使用局部加权回归（LWR）修改SVR算法的风险函数，同时将正则化项保持为其原始形式，导出所提出的模型。另外，为了提高算法的准确性，提出了基于马氏距离的加权距离算法来优化加权函数的带宽。使用两个真实数据集评估新模型的性能，并与使用相同数据集的本地SVR和一些已发布模型进行比较。结果表明，与LWR，局部SVR和其他已发表的模型相比，该模型具有更好的性能。

指数术语 - 负荷预测，局部加权回归（LWR），局部加权支持向量回归（LWSVR），支持向量回归（SVR），时间序列重建，加权距离。

一，导言

负荷预测一直是高效电力系统规划和运行的重要组成部分。它总是被定义为基本上是在预定的一段时间内预测给定系统的未来负载的科学或艺术。电力系统中的运行决策，例如单元承诺，减少旋转备用，经济调度，自动发电控制，可靠性分析，维护调度和能源商业化，取决于负载的未来行为。因此，准确的负荷预测有助于电力公司正确地做出这些运营决策。电力负荷的时间序列受到诸如经济，温度等许多因素的影响，因此难以准确预测。

在过去的四十年中，已经提出了几种短期负荷预测（STLF）方法，包括传统的和基于人工智能的方法。电力负荷与其外部因素之间的关系是复杂和非线性的，因此很难通过线性或多元回归等传统技术建模[1]，自回归滑动平均值（ARMA），指数平滑方法[2] ]，基于卡尔曼滤波器的方法[3]等。另一方面，各种人工智能技术被用于STLF;在这些方法中，人工神经网络（ANN）获得了最大的关注。已成功用于STLF的人工神经网络基于多层感知器[4]。神经模糊网络在时间序列预测中具有良好的性能[5]，[6]，也已用于负荷预测。它在小时负荷预测中的应用提前24小时[7]显示出比反向传播神经网络更好的准确性。径向基函数（RBF）[8]也被用于日前负荷预测，比传统神经网络的结果更好。此外，贝叶斯神经网络方法已成功应用于STLF [9]。

由Vapnik及其同事[10]提出的支持向量机（SVM）是一种基于统计学习理论（SLT）的新型强大机器学习方法。 SVM通过结构风险最小化（SRM）原理来代替传统ANN中通常采用的经验风险最小化（ERM）原则。 SRM最重要的概念是应用最小化泛化误差的上限而不是最小化训练误差。在此原理的基础上，SVM将等效于求解线性约束二次规划问题，使得SVM的解决方案始终是唯一且全局最优的。最初，SVM是为解决分类问题而开发的，并取得了良好的性能[11] - [13]。随着Vapnik的ε不敏感损失函数的引入，SVM已被扩展到解决称为支持向量回归（SVR）的回归问题[14]。最近，SVR已经应用于具有优异性能的各种应用[15]，[16]。最小二乘SVM [17]和加权最小二乘SVM [18]也是有效的算法。当应用于解决STLF问题时，SVR已经显示出高精度[19]，[20]。

由于历史负荷数据的复杂性和影响因素的不确定性，如天气，经济和随机因素，时间序列重建技术可以应用于电力负荷预测。相关维数法和互信息法用于选择电力负荷数据的最优嵌入维数和时间延迟常数。我们以前的工作[15]，[21]，[22]已经表明，基于相位重建的局部预测方法通常可以提供比基于相位重建的全局方法获得的结果更好的结果。

局部加权回归（LWR）[23]是一种局部加权学习方法。 LWR围绕兴趣点形成局部模型，其中只有最接近该点的训练数据将用于处理每个查询，而不是使用所有训练数据[24]。在回答查询之后，丢弃上述本地模型。为了回答新的查询，创建了一个新的本地模型，这意味着每组训练和生成周期都是唯一的且独立于其他模型。 LWR是一种通过多元平滑估计回归曲面的方法：响应变量是动态平滑的，作为预测变量的函数[23]。 LWR包括为一组最近邻居开发一个移动的局部模型。

在本文中，我们通过结合SVR和LWR提出了一种新的负荷预测方法，可以称之为局部加权支持向量回归（LWSVR）。 LWSVR是一种改进的SVR，它赋予每个列车载荷数据一个权重因子。加权函数的带宽在局部建模中起着重要作用。因此，提出了使用马哈拉诺比斯距离的加权距离算法来优化该带宽。已经使用两个数据集来评估所提出的模型。第一个数据集与每日峰值负荷预测竞赛（欧洲智能自适应系统智能技术竞赛网络（EUNITE）竞赛），斯洛伐克东部电力公司[25]的负荷和温度数据有关，而第二个数据集则与第二个数据集有关。数据集对应于每小时的负荷和温度系列，来自北美的电力公司[26]。

本文的结构如下。第二节总结了以前的相关工作。第三节概述了时间序列重建的基础知识。第四节描述了LWSVR算法。第V节介绍了用于优化带宽的加权距离算法。第VI部分介绍了实验结果和负荷预测问题的比较。最后，第七节总结了这篇论文。