

基于遗传神经网络的冰蓄冷空调系统 负荷预测研究

周树贵¹ 张九根¹ 石文华²

(1. 南京工业大学智能建筑研究所, 南京 210009; 2. 苏州致幻工业设计有限公司, 江苏 苏州 215008)

摘 要 针对现阶段冰蓄冷中央空调系统负荷预测的 BP(Back Propagation) 模型收敛速度慢和容易陷入局部极小点等缺点, 结合遗传算法 GA(Genetic Algorithm) 和 BP 神经网络, 提出了一种 GA-BP 算法, 并在冰蓄冷中央空调负荷预测系统中应用。

关键词 冰蓄冷空调系统 负荷预测 遗传算法 BP 算法

中图分类号 TH865

文献标识码 A

文章编号 1000-3932(2012)04-0446-04

在夏季用电高峰期间, 空调用电负荷在城市总用电量中的比例越来越高, 使得峰谷供电显得越来越不平衡。冰蓄冷技术从此处着手, 参与电力调峰、平衡电网, 充分利用谷段电力“削峰填谷”, 削减高峰期间供电量, 减少电力建设投资。为充分发挥冰蓄冷空调优势, 良好的控制策略显得极为重要, 而准确的负荷预测是制定冰蓄冷空调系统控制策略的基础和重要前提。

现阶段基于 BP 模型的冰蓄冷空调负荷预测存在容易陷入局部极小点、收敛速度慢及网络初始值选取较繁琐等缺陷, 笔者基于遗传算法(GA)的思想, 对 BP 神经网络权重进行优化, 构成一种 GA-BP 算法, 并应用于冰蓄冷中央空调预测仿真系统中, 结果表明该模型提高了收敛速度和预测精度。

1 冰蓄冷空调系统负荷 BP 预测模型结构^①

1.1 BP 神经网络基本结构

神经网络系统是由大量的处理单元(神经元)广泛连接而成的复杂网络系统。它反映了人脑功能的许多基本特性: 学习、归纳及分类等。现常用的 BP 模型实现了多层神经网络设想, 其基本网络是三层前向网络, 含有输入层、输出层和隐含层, 各层之间实行全连接, 具有实现黑箱建模的优点, 非常适用于复杂非线性对象的建模。

1.2 神经网络输入变量的选取

输入层输入变量的选取至关重要, 只有对负荷影响比较大的因素包括于输入量之内, 才能作出比较精确的负荷预测。而对负荷影响比较大的有大气温度、湿度及太阳辐射强度等。一般来说, 如果

网络的输入变量不完整, 即输入层中没有完全包含影响网络输出的变量因素, 网络训练就不会收敛, 而如果输入中包含个别与网络收敛误差无关的变量, 由于 BP 网络具有很强的鲁棒性(容错性), 因而对网络不会产生太大影响。受实际情况限制, 拟设计如下数据作为冰蓄冷空调系统负荷预测神经网络的输入量: 时刻 t ($0 \sim 23\text{h}$); 大气干球温度 T_d ; 大气相对湿度 RH ; 太阳辐射强度 Ins ; $t-1$ 时刻的系统冷负荷 $Load(t-1)$; $t-24$ 时刻的系统冷负荷 $Load(t-24)$; 日期类型^[1]。

上述几组变量中太阳辐射、大气的温度和相对湿度是影响冰蓄冷空调系统的主要因素, 同时选择同一天提前一时刻的负荷 $Load(t-1)$ 以及前一天同一时刻的负荷 $Load(t-24)$ 作为其他输入变量^[2]。由于使用冰蓄冷空调系统的建筑主要是商贸楼宇, 员工的工作日类型也对冰蓄冷空调系统的使用和负荷有着重要影响。笔者将星期一~五作为工作日, 星期六和星期天作为休息日, 对它们进行量化处理, 取值列于表 1。

表 1 日期类型量化

日期类型	量化值
星期一~五(工作日)	0.7
星期六、星期天(休息日)	0.3

^① 收稿日期: 2012-02-14(修改稿)

1.3 神经网络输出变量的选取

冰蓄冷空调系统负荷预测采用时间移动法进行,即得到 t 时刻的预测负荷值 $\text{Load}(t)$ 后,再预测 $t+1$ 时刻的负荷值 $\text{Load}(t+1)$ 。依此类推,就能得到整个完整的冰蓄冷空调系统负荷预测输出。所以,对于冰蓄冷空调系统负荷预测的 BP 神经网络,输出量是某一时刻冰蓄冷空调系统的短期预测负荷值^[3]。

1.4 BP 网络连接方式

用于负荷预测的 BP 神经网络结构如图 1 所示。

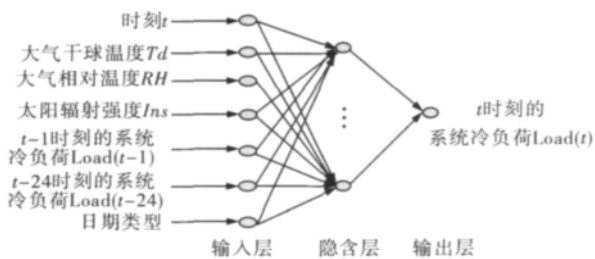


图1 用于负荷预测的 BP 神经网络结构示意图

BP 神经网络采用全互连接网络,即每个处理单元的输出都与下一层的每个处理单元相联系,而同一层之间的处理单元没有相连^[4]。

2 冰蓄冷空调系统负荷 BP 预测模型的改进

遗传算法(GA)具有自适应性及全局优化性等特征,而常规的 BP 算法存在收敛速度慢、易陷入局部极小及网络初始值选取较繁琐等缺陷^[5]。笔者基于 GA 算法提出一种改进的 BP 神经网络,利用 GA 具有的全局搜索等特性,克服 BP 网络学习易陷入局部极小点等缺陷,使用 GA 优化神经网络权重,将优化后的权值和阈值解码后送入 BP 网络运算,充分发挥两者优势,达到收敛速度快、预测结果精确的目的。

根据上述基本思想和方案,笔者设计了具体算法,此处作两点说明:

a. 采用一种较为常用且比较简单的性能评价函数——均方根误差(MSE)的倒数作为适应度函数来评估神经网络;

b. 当遗传进化的某一代中出现至少一个个体的适应度达到要求时或遗传进化达到预定的最大代数后,迭代结束。

GA-BP 算法程序如图 2 所示。

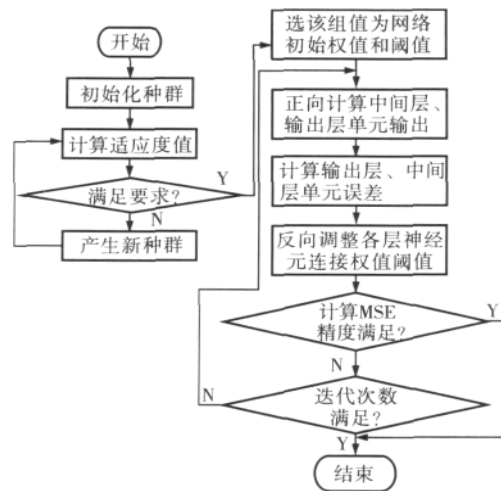


图2 遗传算法优化神经网络结构参数流程

3 基于 GA-BP 神经网络的冰蓄冷空调负荷仿真研究

笔者对南京某商贸楼冰蓄冷工程 2010 年 8 月的冷负荷进行了预测,选取 8 月 23 日的预测结果和实际值作比较。借助建筑冰蓄冷自动控制系统的历史数据,得到了 2010 年 6、7 月冰蓄冷的温度、冷量、冷负荷和相关数据。

针对以上数据,建立 $7 \times 15 \times 1$ 的三层结构遗传人工神经网络模型,在 Matlab 中进行仿真,具体遗传人工神经网络模型如图 3 所示。

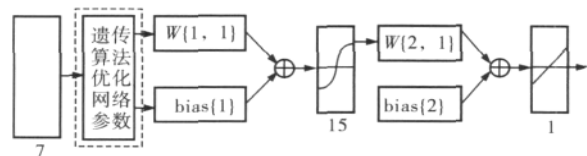


图3 冰蓄冷空调系统负荷预测遗传神经网络模型

输入神经元选择跟第 1 节中 BP 模型一样的输入量,隐含层节点的激励函数采用 tansig 形式,即 $y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ 。输出层节点为 purelin 函数,即 $y = f(x) = kx$ 。隐含层神经元数目的确定采用实际测试的方法,通过不断调试网络,综合预测精度的大小及训练误差的收敛快慢程度等因素,最终确定为 15 个^[6]。

将 6、7 月份的实测冷负荷数据和影响因素集数据作为训练集,把 8 月 23 日的数据作为测试集。训练算法为批量自动规则化训练,先利用训练集的数据对神经网络进行训练,训练结束后再用测试集的数据进

行预测 并将其与实际值作比较。

笔者将 BP 算法和 GA-BP 算法对 8 月 23 日逐时负荷的预测结果进行比较 ,曲线如图 4、5 所示。

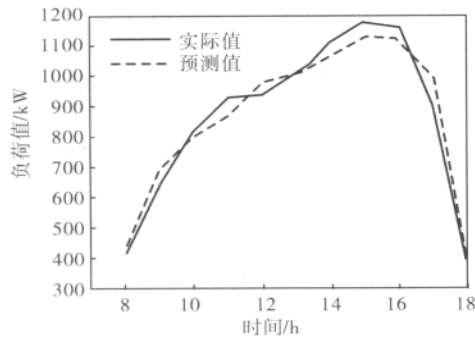


图 4 BP 神经网络预测曲线

从图 4 中看出 BP 算法的预测值基本随实际负荷的变化而变化 ,但误差较大;从图 5 可以看出根据 GA-BP 算法得出的预测值与实际值的曲线

比较吻合 ,误差明显变小。

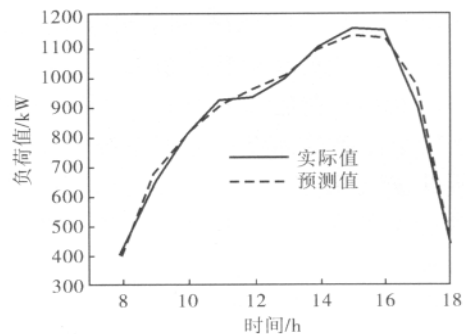


图 5 GA-BP 神经网络预测曲线

从表 2 统计看出 ,最大误差是 57.9kW ,整体的平均误差也比较大 ,达到了 32.9kW ,平均相对误差为 4.5%;从表 3 统计看出最大绝对误差为 40.6kW ,平均绝对误差为 19.7kW ,平均相对误差为 2.5%。可以看出 GA-BP 算法在预测精度上比 BP 算法有了一定的提高。

表 2 8 月 23 日逐时负荷 BP 神经网络的预测结果分析

时间 h	实际值 kW	预测值 kW	绝对 误差 kW	相对 误差 %	时间 h	实际值 kW	预测值 kW	绝对 误差 kW	相对 误差 %
8	410.1	437.5	27.4	6.68	14	1 103.4	1 065.9	37.5	3.40
9	640.7	689.6	48.9	7.63	15	1 167.1	1 143.9	23.2	1.99
10	815.6	800.4	15.2	1.86	16	1 158.1	1 165.5	7.4	0.64
11	924.3	866.4	57.9	6.26	17	903.3	955.9	52.6	5.82
12	936.1	976.5	40.4	4.32	18	432.4	398.6	46.8	7.82
13	1 000.2	1 005.1	4.9	0.49					

表 3 8 月 23 日逐时负荷 GA-BP 神经网络的预测结果分析

时间 h	实际值 kW	预测值 kW	绝对 误差 kW	相对 误差 %	时间 h	实际值 kW	预测值 kW	绝对 误差 kW	相对 误差 %
8	410.1	400.3	9.8	2.39	14	1 103.4	1 099.7	3.7	0.34
9	640.7	678.5	37.8	5.90	15	1 167.1	1 145.6	21.5	1.84
10	815.6	810.6	5.0	0.61	16	1 158.1	1 138.6	19.5	1.68
11	924.3	905.7	18.6	2.01	17	903.3	943.9	40.6	4.49
12	936.1	967.5	31.4	3.35	18	432.4	452.7	20.3	4.69
13	1 000.2	1 008.8	8.6	0.86					

4 结束语

笔者提出将 GA-BP 算法运用于多扰量性、非线性和时变性的冰蓄冷空调负荷预测模型 ,克服了常规 BP 算法具有的收敛速度慢及易陷入局部最小点等缺陷 ,达到了快速寻优、精确预测的目

的。并结合一商贸楼冰蓄冷空调系统进行负荷预测。

仿真结果表明:该方法具有良好的收敛速度和预测精度 ,具有较好的实用性和可靠性 ,可以应用于冰蓄冷空调负荷预测中。

参 考 文 献

- [1] Kawashima M. Artificial Neural Network Back Propagation Model with Three-phase Annealing Developed for the Building Energy Predictor Shootout [J]. ASHRAE Transaction ,1994 ,100(2) : 1096 ~ 1103.
- [2] Kawashima M. Hourly Thermal Load Prediction for the Next 24Hours by ARIMA ,EWMA ,LR ,and a Neural Network [J]. ASHRAE Transactions ,1995 , 101(1) : 186 ~ 200.
- [3] Kawashima M. Optimizing System Control with Load Prediction by Neural Network for an Ice-storage System [J]. ASHRAE Transaction ,1996 ,102(2) : 1169 ~ 1178.
- [4] 杨自强 ,陆亚俊. 利用神经网络预测空调负荷 [J]. 哈尔滨建筑大学学报 2000 ,33(1) : 51 ~ 54.
- [5] 景广军 ,梁雪梅 ,范训礼. 遗传神经网络预测模型的设计及应用 [J]. 计算机工程与应用 2001 ,37(9) : 1 ~ 3.
- [6] 王纪亮 ,焦晓红. 具有遗传算法优化 BP 神经网络调节的 HVDC PID 控制器设计 [J]. 化工自动化及仪表 2010 ,37(4) : 5 ~ 9.

Load Forecasting of Ice Storage Air-conditioning System Based on GA-BP

ZHOU Shu-gui¹ ,ZHANG Jiu-gen¹ ,SHI Wen-hua²

(1. Intelligent Building Institute ,Nanjing University of Technology ,Nanjing 210009 ,China;

2. PsychoReality Design Studio ,Suzhou 215008 ,China)

Abstract Considering the slow convergence and easily falling into local minima of BP (Back Propagation) model for the ice storage air-conditioning system ,the GA-BP algorithm which having GA (Genetic Algorithm) integrated with neural network(BP) was proposed for the system load forecasting.

Key words ice storage air conditioning system ,load prediction ,genetic algorithm ,BP algorithm

(上接第 445 页)

参 考 文 献

- [1] 吴今培 ,肖健华. 智能故障诊断与专家系统 [M]. 北京: 科学出版社 ,1997: 4.
- [2] Dunham M H. 数据挖掘教程 [M]. 北京: 清华大学出版社 2005.
- [3] 王凌. 车间调度及其遗传算法 [M]. 北京: 清华大学出版社 2003.
- [4] 沈斌 ,周莹君 ,王家海. 基于自适应遗传算法的流水线车间作业调度 [J]. 计算机工程 2010 ,36(14) : 201 ~ 203.
- [5] 邵峰晶 ,于忠清. 数据挖掘原理与算法 [M]. 北京: 中国水利水电出版社 2003.
- [6] 孙京浩 ,李秋艳 ,杨欣斌 ,等. 基于蚁群算法的故障识别 [J]. 华东理工大学学报 2004 ,30(2) : 194 ~ 198.
- [7] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB7 实现 [M]. 北京: 电子工业出版社 2005.

Research of Numerical Control Machine Fault Recognition Based on Improved Genetic Algorithm

WANG Jia-hai^a ,WEN Jian-fei^b

(a. College of Mechanical Engineering; b. SinoGerman College ,Tongji University ,Shanghai 200092 ,China)

Abstract By means of the operation of adaptive crossover and adaptive mutation a new improved genetic algorithm was presented to transform fault recognition and classification into a constrained optimized clustering problem under certain conditions. Experimental results demonstrate that this algorithm has greater global searching capability and better clustering.

Key words genetic algorithm ,clustering analysis