

## ◎工程与应用◎

# 基于 SGOA 神经网络的短期负荷预测

王翠茹<sup>1</sup>, 杜 鹃<sup>1</sup>, 张鑫林<sup>2</sup>WANG Cui-ru<sup>1</sup>, DU Juan<sup>1</sup>, ZHANG Xin-lin<sup>2</sup>

1. 华北电力大学 计算机科学与技术系, 河北 保定 071003

2. 南方电网公司 电力调度通信中心, 广州 510623

1. Computer Science and Technology Department, North China Electricity Power University, Baoding, Hebei 071003, China

2. Dispatch and Communication Centre, China Southern Power Grid, Guangzhou, Guangdong 510623, China

E-mail: dujuanbest516@sina.com

WANG Cui-ru, DU Juan, ZHANG Xin-lin. The short-term load forecasting base on share global optimization algorithm neural network. *Computer Engineering and Applications*, 2007, 43(20): 190-193.

**Abstract:** The short-term load forecast results have important influence to the electrical power system economic efficiency. In view of the multi-minimum problem, it points out the mutual amalgamation of development tendency, proposes the sharing global algorithm which manifesting the big amalgamation thought. Also this paper combines present intelligent algorithms and group intelligence optimization algorithms organically together and makes them sharing the optimized information, optimize coordinately, thus forms the richest optimization mechanism and achieves the strongest global optimization ability. And in order to fundamentally enhance the neural network speed and the forecast precision in the short-term power load forecast, this paper proposes the short-term load forecast method which unifies SGOA and BP, and trains the network parameter with the SGOA algorithm to reach a stable error value. Then it carries on the BP algorithm with the optimized weight. During the construction of the network model, influence of factors such as climate, temperature and so on have simultaneously also been considered. There have carried on fuzzy processing about the factors and to take them as input of the network. The simulation indicates a high precision and timeliness results of the load forecast system based on this method.

**Key words:** Share Global Optimization Algorithm; Neural Network; short-term load forecasting; power system

**摘 要:** 短期负荷预测的结果对电力系统的经济效益具有重要影响。针对多极值问题, 首次提出了一种体现大融合思想的共享式全局寻优算法, 将几种全局寻优算法有机组合, 使它们共享优化信息, 协同寻优, 从而形成最丰富的寻优机制, 达到最强的全局寻优能力。并且为了从根本上提高短期电力负荷预测中神经网络的速度和预测精度, 提出了将 SGOA 算法和 BP 算法相结合的短期负荷预测方法, 用 SGOA 算法来训练网络参数, 直到误差趋于一稳定值, 然后用优化的权值进行 BP 算法。在构建网络模型时, 同时也考虑到了气候、温度等因素的影响, 对它们进行模糊化处理后作为网络的输入。仿真结果表明基于这一方法的负荷预测系统具有较高的精度和实时性。

**关键词:** 共享式全局寻优算法; 神经网络; 短期负荷预测; 电力系统

文章编号: 1002-8331(2007)20-0190-04 文献标识码: A 中图分类号: TP183

## 1 引言

电力系统短期负荷预测是电力调度部门制定发电计划的依据, 是市场环境下编排调度计划、供电计划、交易计划的基础, 其预测精度直接影响电力系统的经济效益。

人工神经网络负荷预测方法是近十几年来研究和使用得较多的一种方法。由于神经网络具有并行分布信息、自学习及任意逼近连续函数的能力, 因而能捕获电力负荷的各种变化趋势, 特别是它容易处理与某些输入量(如天气变量)的非线性关系。

目前用于电力系统负荷预测的神经网络主要是 BP 网络,

采用的网络权值学习算法大多是 BP(误差反向传播)算法, 网络训练费时, 并且易趋向局部最小点, 因而在实际应用特别是在线预测时受到一定的限制。为此, 人们提出了许多改进方法, 如准则函数加惩罚项法、启发式神经网络法以及改进的前馈网络目标模型法等等。但是这些方法只是侧重于网络学习性能的改善, 并没有从根本上加速网络的学习速度和提高预测精度。

本文首次提出了共享式全局寻优算法(SGOA), 它是一种将目前现有的一些全局寻优算法用一种简单的方法组合起来, 如人工神经网络算法(Artificial Neural Network, 简称 ANN)、连续型遗传算法(Continuous Genetic Algorithms, 简称 CGA)、

模拟退火算法(Simulated Annealing Algorithm, SAA)、蚁群算法(Ant Colony Optimization, ACO)、粒子群优化算法(Particle Swarm Optimization, PSO)和人工鱼群算法(Artificial Fish Swarm Algorithm, AFSA)等 6 种智能算法和群智能算法。使它们在同时寻优的过程中可以相互交换寻优信息, 从而形成一种共享式全局寻优算法(Share Global Optimization Algorithm, SGOA)。

利用 SGOA 来训练神经网络的参数, 从而优化网络, 并把这一方法用于某地区短期负荷预测系统中, 仿真结果表明该方法加快了网络学习速度, 并能提高负荷预测精度。

## 2 SGOA 神经网络预测模型

### 2.1 电力系统短期负荷预测模型

电力系统负荷变化是非常复杂的问题, 它不仅与电网本身的负荷特性、用电结构有关, 还与天气等因素密切相关。短期负荷是一个周期性的非平稳随机过程, 它既有季节性变化, 也有以星期和 24 h 为周期的周期性变化。

鉴于电力负荷具有周期特性, 且工作日与休息日负荷特性不同, 本文采用文献[12]构造的第二种基于神经网络的预测模型结构, 预测时使用本文提出的 SGOA 神经网络预测模型, 如图 1 所示:

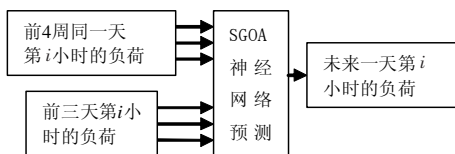


图 1 周期性负荷的预测模型

### 2.2 共享式全局寻优神经网络

共享式全局寻优算法:

尽管每种全局寻优智能算法都有伞局寻优机制, 但并不能确保总能全局寻优成功, 这就给用户的使用带来极大的困惑, 有的问题可能某一种智能算法效果较好, 甚至有的问题各种寻优算法都不理想, 而本文提出的共享全局寻优算法充分利用了各种寻优机制, 对各种问题都具有很强的适用性。由上面对各种全局寻优智能算法特点的分析, 可知式全局寻优算法的寻优机制十分丰富, 它模拟自然界中进化、降温、鸟群捕食等多种行为, 有群体寻优也有个体寻优, 有概率选择也有确定选择, 有小的突变也有大的突变, 有自适应的参数也有固定的参数, 有保留旧个体的也有完全舍弃旧个体的。另外这种方法由于具有很复杂的冗余机制, 还大大降低了其中每种全局寻优智能算法参数选择的苛刻程度。

鉴于全局寻优算法通常是个耗时的过程, 所以最好不要采用 MATLAB 语言 (尽管使用该语言可能编程的工作量很小), 本文采用 VC++6.0 语言进行编程。考虑到寻优过程中各种算法交换信息的方便, 对于单个个体寻优的方法都采用并行机制, 整个算法用进化的语言可描述为:

(1) 首先随机产生一个种群( $n$  个个体);

(2) 然后这个种群分别利用各种寻优机制进行一代演化: 对遗传算法、蚁群算法、粒子群算法和鱼群算法来说是进化一代, 对模拟退火算法是在一个温度下对每个群体都进行一定次数的摄动, 对神经网络算法是进行一次网络训练。另外考虑到各种算法对初始种群的质量有依赖性, 也为了加强寻优过程中抵抗“早熟”的能力, 在上述 6 种全局寻优智能算法基础上加入

第 7 种算法—随机算法(Random Algorithm, RA), 它相当于一个约束条件下的随机个体产生器, 对每个个体, 均产生一定数量的随机个体与之比较, 优者保留。如此演化结束时, 共产生了  $7n$  个个体, 利用一种  $Q$  选择法从  $7n$  个个体中选出  $n$  个最优个体作为下一代种群进行反复演化;

(3) 定下终止条件, 一般用时间和进化代数同时控制比较方便, 待条件满足后, 终止进化, 输出寻优结果。该过程可用框图更直观地表示为图 2。

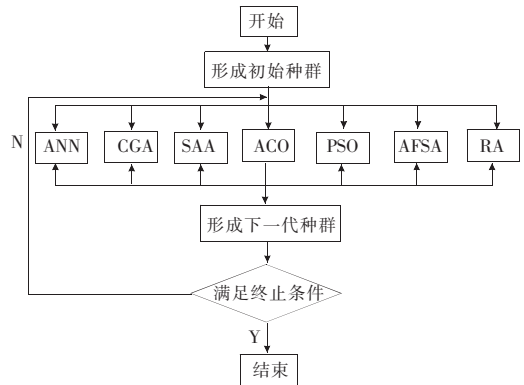


图 2 算法进化图示

$Q$  选择法描述为:

(1) 首先在  $7n$  个个体中选出  $n$  个旧个体和突变产生的  $n$  个新个体, 组成  $2n$  个个体, 对每个个体  $i$  都如(2)计算得分;

(2) 从  $2n$  个个体中任选  $Q$  个个体组成测试样本, 将个体  $i$  的适应度与这  $Q$  个个体的适应度逐个比较, 记录个体  $i$  优于  $Q$  个个体的次数计为  $i$  的得分, 重复过程(2), 直到求出所有  $2n$  个个体的得分;

(3) 然后按照个体  $i$  的得分排序, 选择  $n$  个个体组成新种群。

利用共享式全局寻优算法训练神经网络的过程:

(1) 系统初始化, 包括系统参数的设定及初始  $n$  个个体种群的产生;

(2) 选择  $7n$  个个体中得分最大的个体  $i$ , 进入公告板;

(3) 各种寻优机制进行一代演化, 利用  $Q$  选择法从  $7n$  个个体中选出  $n$  个最优个体作为新的种群;

(4)  $n$  个新进化种群中每个个体  $i$  的得分与公告板的  $i$  的得分比较, 如优于公告板则以自身取代之;

(5) 判断中止条件, 如不满足条件则返回步骤(3)。

## 3 训练样本的数据处理

为提高预测精度, 对网络的输入、输出负荷值进行归一化处理, 同时使用隶属度函数对输入网络的影响因素向量, 如工作日、温度、天气情况等, 进行模糊化处理。

### 3.1 负荷数据归一化

为避免神经元出现饱和现象, 要对负荷数据进行归一化处理, 使输入的负荷数据在  $[0, 1]$  之间。  $t$  时刻负荷数据采用如下归一化公式:

$$L_{\eta} = \frac{L_{\eta} - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}} \quad (t=1, 2, \dots, 24) \quad (1)$$

在输出层则用公式(2)重新换算回负荷值

$$L_{\eta} = (L_{\max} - L_{\min})L_{\eta} + L_{\min} \quad (2)$$

式中,  $L_{\max}$  和  $L_{\min}$  分别为训练样本集中负荷的最大值和最小值。

### 3.2 影响因素的模糊化处理

为提高预测精度,使用隶属度函数对输入向量进行模糊化处理,使输入向量的不同分量,如温度、天气情况等,转化为模糊量。

气温的隶属度函数分别如下:

(1)对低温的隶属度函数,采用偏小型梯形分布

$$u_1 = \begin{cases} 0 & T > 10 \\ \frac{10-T}{10-0} & 0 \leq T \leq 10 \\ 1 & T < 0 \end{cases} \quad (3)$$

(2)对中温的隶属度函数,采用中间型梯形分布

$$u_1 = \begin{cases} 0 & T > 25 \text{ 或 } T < 5 \\ \frac{10-T}{10-0} & 5 \leq T \leq 15 \\ \frac{25-T}{25-15} & 15 < T \leq 25 \end{cases} \quad (4)$$

(3)对高温的隶属度函数,采用偏大型梯形分布

$$u_1 = \begin{cases} 0 & T < 20 \\ \frac{10-T}{10-0} & 20 \leq T \leq 40 \\ 1 & T > 40 \end{cases} \quad (5)$$

将同类型日的最高气温  $T_h$  带入以上 3 个公式,可分别求出其对于低温、中温、高温 3 个状态的隶属度。根据隶属度最大原则,即可知  $T_h$  所属的模糊集。对于最低温度和平均温度,可采用同样的方法求出它的 3 个状态隶属度和取值。对天气情况,则采用天气温度量化系数法。根据  $T_h$  所属的模糊集,按表 1 量化天气情况。

表 1 天气-温度情况量化系数

温度状态	天气情况	量化系数
低温	晴	0.05
	多云	0.25
	阴	0.45
	雨	0.95
中温	晴	0.00
	多云	0.20
	阴	0.40
高温	雨	0.90
	晴	0.10
	多云	0.30
	阴	0.50
	雨	1.00

### 3.3 网络输入节点的选取及网络模型

本系统采用如表 2 所述的输入变量。

表 2 SGOANN 输入输出信息表示

输入神经元	相应输出量
1	前一天 $t$ (时段) 负荷值
2	前一天 $t$ (时段) 最高温度
3	前一天 $t$ (时段) 最低温度
4	前一天 $t$ (时段) 天气情况
5	预测日 $t$ (时段) 最高温度
6	预测日 $t$ (时段) 最低温度
7	预测日 $t$ (时段) 天气情况
输出神经元	相应输出量
1	预测日 $t$ 时段平均负荷值

在表 2 中,除负荷值采用归一化数据外,其余均采用隶属度或量化系数。网络有 7 个输入端和 1 个输出端,根据经验规

则,网络中权重总数等于或小于于样本容量,所得数学模型才比较稳定。由此,在本实验中隐层结点为 5 比较合适,网络结构为 7-5-1,共 46 个权值。

### 4 SGOA 神经网络负荷预测模型及其应用

本文提出了一种将共享式全局寻优算法(SGOA)与神经网络(ANN)相结合的预测模型,称为 SGOA 神经网络负荷预测模型。其算法过程如下:

(1)首先用 SGOA 算法反复优化 ANN 模型的权值参数组合,直至解的适应度不再有意义地增加为止,即解群质量趋于稳定。此时解码得到的参数组合已较接近符合应用需要的最佳组合。

(2)然后在此基础上,再用 BP 算法对所得网络参数进一步精确优化,直至搜索到最优网络参数,此时即可得到精确的最优参数组合。由于粒子群算法代替了神经网络的初始寻优,网络仅在已接近最优解的基础上进行参数寻优,从而有效提高了网络寻优速度和精度。

本文利用广东省某地区 2005 年 6 月 1 日至 7 月 24 日的历史数据进行建模、训练并验证本文提出的方法,编程环境为 VC++6.0。为便于神经网络的计算,上章已讲到对负荷数据归一化处理等。

对本月某日的预测结果见表 1,预测结果与误差曲线见图 2 和图 3。可见,SGOA 神经网络预测模型的预测精度较 BP 神经网络预测模型有较大提高,并且前者的实际运算速度明显快于后者,图 3 中 SGOA 神经网络预测模型的百分误差变化比较均匀。

表 3 某日各小时符合预测结果

小时	实际负荷/MW	SGOA 神经网络预测模型		BP 神经网络预测模型	
		预测值/MW	误差/%	预测值/MW	误差/%
1	4 625	4 637.5	0.27	4 834.5	4.53
2	4 478	4 489.1	0.24	4 516.1	0.85
3	4 369	4 397.4	0.65	4 396.1	0.62
4	4 158	4 143.9	0.34	4 183.8	0.62
5	4 041	4 079.3	0.95	4 062.4	0.53
6	3 988	3 987.4	0.015	4 032.3	1.11
7	3 910	3 921.2	0.29	3 978.4	1.75
8	3 997	3 989.0	0.20	3 924.5	2.42
9	4 063	4 069.6	0.16	4 147.3	2.75
10	4 819	4 821.1	0.04	4 827.5	0.22
11	4 921	4 919.9	0.02	4 923.6	0.06
12	5 309	5 297.4	0.22	5 267.4	0.98
13	5 165	5 168.7	0.07	5 148.5	0.40
14	5 033	5 047.9	0.30	5 083.1	1.24
15	4 986	5 012.1	0.52	4 994.3	0.21
16	5 104	5 089.9	0.28	5 077.9	0.65
17	5 063	5 107.1	0.87	5 095.7	0.80
18	5 239	5 150.2	0.21	5 109.6	3.05
19	5 167	5 158.3	0.17	5 153.8	0.32
20	5 192	5 211.2	0.37	5 231.1	0.93
21	5 830	5 807.1	0.39	5 845.6	0.32
22	5 651	5 689.7	0.68	5 626.4	0.53
23	5 296	5 282.3	0.26	5 287.2	0.20
24	5 106	5 127.4	0.42	5 152.5	1.13

### 5 结语

短期负荷预测对于制订电力系统规划,实现电力系统运行

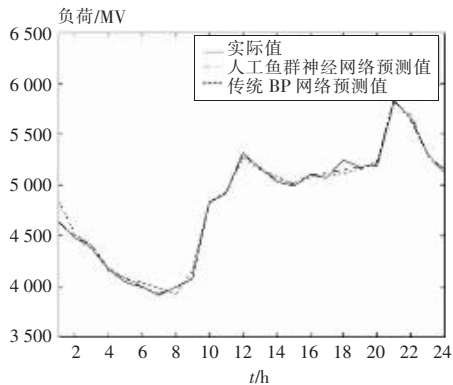


图3 某日24h实际负荷和预测值

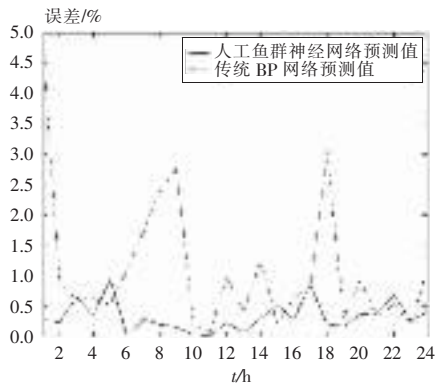


图4 某日24h电力负荷预测的百分误差

自动化、安全发供电等都有着十分重要的意义。本文提出的 SGOA 神经网络预测模型充分利用了历史负荷数据, 发挥了 SGOA 算法和前向神经网络处理非线性问题的能力, 克服了 BP 算法的一些固有缺陷, 具有训练速度快、学习精度高等优点。实例计算表明, 该预测模型对 24 点的均方误差有较高的预测精度, 并且各点的误差值变化较均匀, 能保证大多数点达到较低的误差值, 表明这是一种行之有效的短期负荷预测方法, 为电力系统实现配电规划提供了有利帮助。

(上接 189 页)

前, 并将编码 U+0FCD 分配给图形符号  $\times\circ$ 。这个图形符号名称的拉丁转写为 RDEL NAG RDEL DKAR, 因此它的 Unico 记录为:

```
0FCD;TIBETAN SIGN RDEL NAG RDEL DKAR;So;0;L;::;N;::;
```

#### 4 结束语

近期作者完成了藏文字符集扩展集 A 和扩展集 B 的 Unico 数据库, 发现藏文编码字符集基本集有不完善的地方, 因此提出了几点修改建议, 通过这些修改, 藏文编码字符集基本集的 Unicode 数据库将更趋完善, 实现基本集的“利用基本集中的基本字符通过垂直组合形成藏文(叠字)字符, 从而实现几乎所有藏文字符的计算机处理”的目的。

(收稿日期: 2006 年 11 月)

(收稿日期: 2007 年 4 月)

#### 参考文献:

- [1] Chelouah R, Siarry P. Tabu search applied to global optimization[J]. European Journal of Operational Research, 2000, 123: 256-270.
- [2] Glover F, Kelly J P, Laguna M. Genetic algorithms and tabu search: hybrids for optimization[J]. Computers and Operations Research, 1995, 22(1): 111-134.
- [3] 刘勇, 康立山, 陈毓屏. 非数值并行算法(第二册)——遗传算法[M]. 北京: 科学出版社, 1995-05.
- [4] 王小平, 曹立明. 遗传算法—理论、应用与软件实现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002-01.
- [5] 李晓磊, 邵之江, 钱积新. 一种基于动物自治体的寻优模式: 鱼群算法[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(11): 32-38.
- [6] 李晓磊, 钱积新. 基于分解协调的 SGOA 优化算法研究[J]. 电路与系统学报, 2003, 8(1): 1-6.
- [7] Khan Z, Prasad B, Singh machining condition optimization by genetic algorithms and simulated annealing[J]. Computers Ops Res, 1997, 7(24): 647-657.
- [8] Chan Tan-Has. A hybrid strategy for gilbert's channel characterization using gradit and annealing techniques[J]. Int J of system Science, 1998, 29(6): 579-585.
- [9] Wong K P, Wong Y W. Combined genetic algorithm/simulated annealing/fuzzy set approach to short-term generation scheduling with take-ovpay fuel contract [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1996, 11(1): 128-136.
- [10] 薛定宇, 陈阳泉. 基于 MATLAB/Simulink 的系统仿真技术与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002-04.
- [11] 岑文辉, 雷友坤, 谢恒. 应用人工神经网络与遗传算法进行短期负荷预测[J]. 电力系统自动化, 1997, 21(3): 29-32.
- [12] 丁军威, 孙雅明. 基于混沌学习算法的神经网络短期负荷预测[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(2): 32-35.

#### 参考文献:

- [1] 国家技术监督局. 中华人民共和国国家标准 信息技术 信息交换用藏文编码字符集 基本集[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [2] The Unicode Consortium. Unicode standard[M]. Boston: Addison-Wesley, 2003.
- [3] ISO/IEO 10646-1 Tibetan character collection[S]. ISO/IEC JTC1/SC2/WG2, 1997.
- [4] 国家技术监督局. 信息技术 藏文编码字符集(基本集)键盘的字母数字区布局[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [5] 契嘎·德熙嘉措(赵晨星), 黄鹤鸣. 对藏文编码字符集扩展集 A 的数据库研究[C]//Proceedings of the International Conference on Chinese Computing.[S.L.]: Colips Publications, 2005.
- [6] 黄鹤鸣, 契嘎·德熙嘉措(赵晨星). 藏文编码中 UNICODE 数据库的应用[J]. 青海师范大学学报, 2005(1).
- [7] 黄鹤鸣, 契嘎·德熙嘉措(赵晨星). 对藏文字符基本集 UNICO 数据库的商榷[C]//第十届全国少数民族语言文字信息处理学术研讨会论文集.