

# 遗传算法在透平性能 在线诊断神经网络中的应用

高洪涛 黄钟岳  
(大连理工大学)

**[摘要]** 在应用神经网络来判断透平在线状态的工作中,面对众多的相关过程参数及环境参数,如何从神经网络中选择适当的输入参数是非常重要的。根据透平热力性能在线诊断的需要,本文研究了如何用遗传算法为神经网络寻找优化的输入组合以期达到少输入、快训练和准确回忆的目的。结果表明,由遗传算法选定的较少的参数作为诊断网络的输入即可判断透平性能状态的好坏。

**关键词** 神经网络 遗传算法 透平性能 故障诊断

**中图法分类号** TP39 TP393

## 0 引言

随着电子计算机的迅速发展,使得当今有可能开展透平运行热力性能的在线诊断。影响透平运行性能的因素很多,包括气动热力参数的变化、运行条件和工作元件状态等诸多方面,错综复杂。在用神经网络解决实际问题中,如何为神经网络选择最佳输入是一个经常遇到而又非常重要的课题。通常人们多依靠经验来选择可能相关的参数做为判断某一故障的神经网络的输入,而这样做,往往选择参数过多且具有盲目性,给神经网络的训练造成困难,而且网络的回忆准确性未必很好。针对这一情况,为达到少输入、快训练和准确回忆的目的,本文以透平某一性能状态的判断为例,叙述了采用遗传算法为其判断网络选择输入参数的方法。

## 1 遗传算法简介

1975年美国的 Holland提出的模拟达尔文遗传选择和自然淘汰的生物进化论的计算

模型——遗传算法 (Genetic Algorithm,简称 GA),成为当前国际学术界和工程界跨学科的热门研究课题。GA是一种随机的全局多点搜索算法,首先挑选若干搜索点,然后分别从这些搜索点并行搜索,目标是得到具有更高目标函数值的点。它模拟了自然选择和自然遗传过程中发生的繁殖、交叉和变异现象。

人们开始介绍或试用遗传算法去解决各种优化问题<sup>[1-4]</sup>,在具体应用中有不同的具体操作方法,与经典的遗传算法相比本文所用算法有以下两个特点:

(1) 根据适应度概率的大小通过复制产生新的一代之后,从中选出适应度概率最大的个体串,该个体串不参加交叉和变异操作直到在下一代中有适应度超过该个体串并替代它为止。经过这样的操作可使得在遗传操作中避免了最优个体经过交叉变异后适应度概率变小的不利于搜索全局极小的不良情形。

(2) 根据透平热力性能在线诊断的具体情况,在适应度函数中除考虑了诊断网络误

收稿日期 1997-06-03 修改定稿 1997-08-22

本文联系人 高洪涛 男 1966年生 讲师 博士生 116024 大连市

差和选择输入参数数目的影响之外,还考虑了代标的影响。小的网络误差,大的代标和较少的输入参数都有利于适应度函数值的提高。

## 2 应用遗传算法为透平性能 在线诊断网络选择输入

在机械故障诊断中人们通常拾取振动信号通过时域、频域分析来识别故障,而今人们开始尝试把神经网络这一新技术应用到故障诊断中来,并取得了一定成果<sup>[5]</sup>。对于运行中的透平来说,透平本身的各种过程参数及相关元件或设备的状态参数很多,问题是如何从中选择适当的参数,即选定数量较少的但又包含判断透平状态必要信息的参数,来建立神经网络使其规模较小、训练速度较快,又能保证网络的回忆准确性。为此,我们采用遗传算法为透平性能在线诊断网络选择输入参数。

### 2.1 选取可能相关参数

根据各种故障特点和环境情况,依据经验来选取可能的相关参数。所有可能的相关参数构成了诊断网络最大可能输入。以透平某一故障(为叙述方便暂简称为JG)诊断为例,我们选取了如表1所示的15个参数做为诊断网络的可能输入。

表1 供网络输入选择的参数

参数编号	运行参数
0	SS开度
1	HS开度
2	LS开度
3	超高压管网压控阀开度
4	SS进汽量
5	SS进汽温度
6	MS抽汽量
7	MS抽汽温度
8	复水量
9	排汽温度
10	转速
11	一级轮室压力
12	二级轮室压力
13	真空度(以绝对压力计)
14	HS抽汽温度

### 2.2 建立神经网络计算模型

选用三层BP网络模型来判断前述JG故障。输出层、隐层结点数分别为1个和6个,网络的输入结点由遗传算法来确定。网络训练迭代次数为2000次,学习步长为0.3,惯性系数为0.6。

### 2.3 适应度函数的设计及遗传操作

#### 2.3.1 适应度函数

对于为透平热力性能在线诊断网络选择输入的实际情况,在遗传操作中采用的适应度函数应有助于指导少输入、快训练和准确回忆的搜索。为此,在适应度函数中引入选择输入数、网络训练误差及代标做为变量。文中所用适应度函数为:

$$fitness = (1.0 - e^{-x^{0.2z}}) e^{-0.01y^{0.8z^{0.4}}}$$

其中:  $x$ —选择前后参数数目之比;

$y$ —网络训练误差(%);

$z$ —代标。

#### 2.3.2 遗传操作

在遗传算法中,首先要将搜索空间解的表示映射成遗传空间解的表示,即编码,然后对遗传空间指定数量的解进行优胜劣汰处理,即遗传操作。GA中包括三种遗传操作:繁殖、交叉、变异。

以前述JG故障为例,选择诊断网络输入的步骤如下:

(1) 建立一个初始位串簇。对应表1的15个可能参数,把位串长度定为15,位串个数定为20。

(2) 针对每个位串对应的输入参数组合来训练诊断网络并计算出每个位串的适应度。

(3) 根据适应度的大小来繁殖下一代。在繁殖过程中采用无替代随机剩余选择方式,即根据各位串的适应度概率复制下一代,原来的簇完全被新一代所代替。

(4) 交叉操作。本文选择交叉的概率为0.6。

(5) 变异操作。本文选择变异的概率为0.01。

重复上述(2)到(5)的操作,直到达到设定的代数。本文设定代数为10。

### 3 计算实例讨论

以前述 JG故障为例,采用表 2所示训练  
表 2 训练样本

参数编号	样本 1	样本 2	样本 3
0	0.85	1.0	1.0
1	1.0	0.9	0.8
2	1.0	0.55	1.0
3	0.20	0.30	0.45
4	0.57	0.578	0.58
5	0.7357	0.73	0.7414
6	0.45	0.4667	0.471
7	0.6875	0.685	0.7325
8	0.5	0.4675	0.4925
9	0.82	0.82	0.82
10	0.766	0.7726	0.745
11	0.6125	0.65	0.72
12	0.8333	0.8667	0.912
13	0.63	0.62	0.60
14	0.754	0.756	0.774
目标值	0.6	0.7	0.8

表 3 训练结果

序号	所选参数编号	参数数目	网络误差 (%)
0	0 1 2 5 7 8 9	7	5.0989
1	0 1 3 5 7 8 10	7	25.6563
2	1 3 4 5 6 7 10 12	8	25.8777
3	1 2 4 5 7 9 10 12 13	9	6.7726
4	1 3 4 5 9 13 14	7	27.2606
5	0 1 3 4 8 9 10 12	8	27.4681
6	4 5 7 10 11 12	6	1.7354
7	0 1 6 8 9 13 14	7	6.8170
8	2 3 5 6 8 9 11 13	8	27.8209
9	0 3 5 7 9 10 11 12 13 14	10	20.9780
10	3 7 13 14	4	26.0499
11	0 1 3 4 9 10 11 12 14	9	23.5289
12	3 5 7 13 14	5	25.8288
13	0 1 2 3 4 7 8 9 10 11 12	11	23.8792
14	2 6 7 8 9 10 12 13 14	9	4.8203
15	2 5 6 7 8 10 11 12	8	4.5363
16	2 6 7 10 11	5	4.2352
17	0 1 2 3 4 5 6 9 10 12	10	20.9391
18	1 3 11 14	4	20.3930
19	0 5 11 14	4	4.9256

样本,通过上述遗传操作,得到如表 3所示的搜索结果。从表 3可以看出,经过 10代的遗传操作,得到的最终 20个搜索结果中,尽管诊断网络训练所用迭代次数相同,但不同的输入导致不同的训练误差。训练误差不依赖于选择输入参数的数量,而是依赖于所选择的输入参数组合。例如选择序号 13尽管有 11个输入,网络误差却为 23.8792%,训练迭代次数同是 2000次,而选择序号 6只有 6个输入,网络误差仅为 1.7354%。可见,输入参数选择得适当不仅能减小网络规模、加速网络训练过程,而且提高了网络准确性。对于透平 JG故障来说,判断网络只需选择表 3中序号 6所对应的 6个输入参数即可,而完全没有必要选择表 1中所有的参数。

### 4 结 论

本文以透平某一故障在线诊断为例,叙述了采用遗传算法为诊断网络选择最佳输入的方法。结果表明:

- (1) 采用遗传算法为神经网络选择输入避免了以往选择神经网络输入的盲目性;
- (2) 采用遗传算法为神经网络选择输入使得网络小、训练快且提高了网络回忆准确性。
- (3) 以透平某一故障诊断为例,可以预见遗传算法在透平性能诊断方面的良好应用前景。

### 参考文献

- 1 陈朝阳等.基于遗传算法的神经网络经济预测模型的建立.预测,1997,(1): 68~ 70
- 2 焦李成等.进化计算与遗传算法——计算智能的新方向.系统工程与电子技术,1995,17(6): 20~ 32
- 3 陈火旺等.遗传程序设计(之一).计算机科学,1995,22(6): 12~ 15
- 4 吴少岩等.遗传程序设计(之二)——基于自然选择的程序设计范型.计算机科学,1996,23(1): 14~ 18
- 5 吴蒙等.人工神经网络和机械故障诊断.振动工程学报,1993,6(2): 153~ 163

(渠源 编辑)

the structural features specific to the raw material return feed valve used during the present test. An analysis is conducted of the transport characteristics curves and gas-solid ratio curves obtained from the test, thus creating a fine basis for realizing the industrial application of the steam-gas-electricity triple production. Key words: steam-gas-electricity triple production, return feed valve, maximum gas-solid ratio, start-up air flow

**供热供电煤耗计算方法 = A Method for Calculating Coal Consumption of Heat and Electricity Supply** [刊, 中] / Chen Yingmao (Nantong Thermal Power Plant) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(2). - 112~ 114

Based on the computation of specific examples this paper proposes a simple and practical method for coping with the existing discrepancies encountered during the calculation of coal consumption for heat and electricity supply. Also given are some points requiring special attention in the evaluation of norms of coal consumption for electricity supply. Key words: coal consumption of heat and electricity supply, computation

**遗传算法在透平性能在线诊断神经网络中的应用 = The Application of Genetic Algorithms to Neural Networks for the Diagnosis of Turbine Online Performance** [刊, 中] / Gao Hongtao, Huang Zhongyue (Dalian University of Science & Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(2). - 115~ 117

In applying neural networks for the diagnosis of turbine online performance it is of vital importance to select proper input variables for the neural networks from a variety of related processing variables and environmental ones in order to ensure success. Genetic algorithms have been employed in this paper to guide the search for an optimal combination of inputs for the neural networks used to diagnose the turbine online performance with a view to achieving the criteria of fewer inputs, faster training and more accurate recall. The results of the present study have shown that the neural networks with fewer inputs selected by the genetic algorithms are capable of making an accurate diagnosis of the turbine online performance. Key words: neural network, genetic algorithm, turbine performance, failure diagnosis

**等雷诺数法在板式换热器传热试验中的应用 = The Application of Equal Reynolds Number Method in the Heat Transfer Test of Plate Heat Exchangers** [刊, 中] / Ouyang Xinping, Tao Leren (Shanghai University of Science & Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(2). - 118~ 120

The determination of convection heat exchange factors constitutes a major element in the heat transfer performance test of heat exchangers. A multitude of methods can be used to determine the convection heat transfer factors with their respective application scope and conditions. So far as plate heat exchangers are concerned, equal Reynolds number method can be considered as a fairly appropriate one. The present paper describes the working principle of the equal Reynolds number method and its use for the plate heat exchangers. Specific examples are given to illustrate their test and computation methods. Key words: equal Reynolds number method, plate heat exchanger, heat transfer test

**工业锅炉计算机辅助设计系统的尝试 = A Preliminary Attempt in the Application of a Computer Aided Design System for Industrial Boilers** [刊, 中] / Li Juru, Dong Shen, Wang Wenyu (Harbin Architectural Engineering University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1998, 13(2). - 121~ 123

This paper deals with a computer aided design system for industrial boilers, which integrate