

数控系统故障的 ANN 与 专家诊断系统的研究及应用

王润孝 秦现生 罗琦 周辉

(西北工业大学 10 系, 西安, 710072)

杨黎

(航空工业总公司 618 研究所, 西安, 710065)

STUDY AND APPLICATION OF CNC SYSTEM FAULT DIAGNOSIS BASED ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND EXPERT SYSTEM

Wang Runxiao, Qin Xiansheng, Luo Qi, Zhou Hui

(Department of Aircraft Manufacturing Engineering,
Northwestern Polytechnical University, Xi'an, 710072)

Yang Li

(618 Institute of Aeronautics Industries, Xi'an, 710065)

摘 要 分析了 CNC 系统的故障特点, 针对 FANUC7 数控系统, 建立并比较了适用于 CNC 故障的 BP 和 BAM 两种 ANN 诊断模型, 探讨了模糊神经网络在 CNC 故障诊断中的应用, 给出了模糊 ANN 识别 MACS500 数控机床伺服系统故障的数据和结果; 介绍了所开发的 CNC 系统故障诊断专家系统 CNC-DES 的总体结构、知识表达与推理等, 列举了该系统应用于 CNC 故障诊断的情况和结论。

关键词 数控系统 故障诊断 人工神经网络 专家系统

中图分类号 TG659, TP206, V260

Abstract By analyzing the characteristics of CNC fault diagnosis and in the view of FANUC 7 CNC system, this paper establishes and compares two kinds of fault diagnosis ANN — the bidirectional associative memory (BAM) and back-propagation (BP), which are suitable for CNC system fault diagnosis. The results show that both methods have special virtue. Through a complement of each other to form an integrated model, the fault diagnosis system will be more efficient. Furthermore, the application of Fuzzy Neural Network in CNC fault diagnosis is discussed. Applying Fuzzy Neural Network to recognize MACS 500 CNC system fault as an example, the validity and feasibility of this method are proved. At the same time, the framework of CNC diagnosis expert system (CNC-DES) developed here and several relatively key techniques are introduced, such as the object-oriented knowledge representation, the diagnosis reasoning mechanism and the case-based reasoning. Additionally, this paper describes the situation of applying this system to CNC system fault diagnosis.

Key words CNC system, fault diagnosis, artificial neural networks, expert system

1 数控(CNC)系统故障的人工神经网络(ANN)诊断模型

1.1 CNC系统的故障特性

数控机床在航空工业的军民品生产中处于非常重要的地位,一旦出现故障,必然造成严重的经济损失。CNC系统的故障种类繁多,故障之间的关系错综复杂^[1]。由于在CNC设备中存在着大量的多过程、多故障及突发故障源,采用已有的诊断存在很大的局限性。为此,本文通过分析建立并比较了BP和BAM这两种ANN诊断模型;其次,探讨了模糊神经网络在CNC故障诊断中的应用;最后介绍了CNC系统故障诊断专家系统及其应用情况。

1.2 BP算法模型及诊断

利用BP网络,针对FANUC-7CM系统的交流主轴部分建立故障模型。通过对系统诊断网络参数的优选测试,确定BP网络的结构为20-11-10,学习系数为0.95^[2,3]。表1、表2分别列出了检验样本的实际输出和理想输出。

表1 检验样本的实际输出

检验样本 编号	输入状态 $x[0] \sim x[19]$	输出状态									
		$y[0]$	$y[1]$	$y[2]$	$y[3]$	$y[4]$	$y[5]$	$y[6]$	$y[7]$	$y[8]$	$y[9]$
1	10010100000100000000	0.940	0.034	0.000	0.576	0.000	0.008	0.009	0.000	0.007	0.003
2	00000111000100000000	0.001	0.000	0.000	0.478	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.998
3	10010000000010000000	0.949	0.001	0.000	0.000	0.009	0.009	0.000	0.000	0.001	0.000
4	10011000000000000000	0.988	0.002	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.819

表2 检验样本的理想输出

检验样本 编号	理想输出									
	$y[0]$	$y[1]$	$y[2]$	$y[3]$	$y[4]$	$y[5]$	$y[6]$	$y[7]$	$y[8]$	$y[9]$
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	$y[0] > y[9] > y[1]$									

1.3 BAM算法模型及诊断

双向联想记忆(BAM)是一种两层的反馈神经网络^[2,4]。仍针对FANUC-7CM交流主轴系统故障的特点,提取相关故障征兆和原因,分别作为输入、输出神经元,其训练样本和测试结果分别列于表3和表4。

表3 BAM训练样本

	A[0]	A[1]	A[2]	A[3]	A[4]		B[0]	B[1]	B[2]	B[3]	B[4]
A ₀	1	1	1	0	0	B ₀	1	0	0	0	0
A ₁	1	1	1	1	0	B ₁	0	1	0	0	0
A ₂	0	0	1	1	0	B ₂	0	0	1	0	0
A ₃	1	1	0	0	0	B ₃	0	0	0	1	0
A ₄	1	0	1	0	1	B ₄	0	0	0	0	1

表 4 BAM 测试结果

A[0]	A[1]	A[2]	A[3]	A[4]	A[5]	B[0]	B[1]	B[2]	B[3]	B[4]
1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0

2 模糊 ANN 的应用

2.1 模糊 ANN 简介

在 CNC 故障诊断中有些故障征兆和现象难以用确定的值来描述, 即故障诊断知识存在着不确定性。本文选取一种最适于故障诊断的模糊神经网络, 其基本结构采用“模糊器”与神经网络相结合。

对于故障诊断系统可通过大量的实验测试、分析和总结得出隶属度, 也可以由经验丰富的领域专家根据系统特性和实际情况直接给出隶属度, 以取代模糊器^[2,3]。在实际的故障样本收集过程中, 这两种隶属度的获取方法都十分有效。

2.2 应用模糊 ANN 建立的故障诊断系统实例及分析

针对 MACS500 数控机床伺服单元中的常见故障, 根据维修专家所给出的隶属度, 按照 BP 网络算法建立模糊 ANN。网络结构为 5-6-5, 学习率为 0.9。表 5 列举了检验样本。其测试结果见表 6。

表 5 模糊神经网络检验样本

检验样本号	输 入	理想输出(由实际运行及维修专家经验分析所得)
1	0 1 1 0 0	y[1]> y[3]> y[0]
2	1 0 0 0 0.2	y[0]> y[1]> y[4]> y[2]> y[3]
3	1 0 0 0 0.5	y[0]> y[4]> y[2]> y[1]> y[3]
4	1 0 0 0 0.8	y[0]> y[2]> y[4]> y[1]> y[3]

注: > 表示前者更有可能是引起故障的原因。

表 6 模糊网络测试结果

检验样本号	输 入	实 际 输 出
1	0 1 1 0 0	0.1518 0.4195 0.0013 0.3740 0.0014
2	1 0 0 0 0.2	0.9871 0.6473 0.5018 0.4125 0.5481
3	1 0 0 0 0.5	0.9685 0.4342 0.6036 0.2893 0.6256
4	1 0 0 0 0.8	0.8915 0.1910 0.7129 0.1668 0.7084

从上例可以得出: 模糊神经网络可较容易地学习维修专家的模糊经验知识, 进行联想, 适应于变化的环境, 在一定程度上拓宽了维修专家的经验知识。解决了专家系统存在的“瓶颈”问题, 提高了故障诊断系统的智能化水平。

3 CNC 故障诊断专家系统的建立与实现

3.1 CNC-DES 总体框架

本文开发的咨询式、人机交互的 CNC 系统故障诊断专家系统 CNC-DES 如图 1 所示。

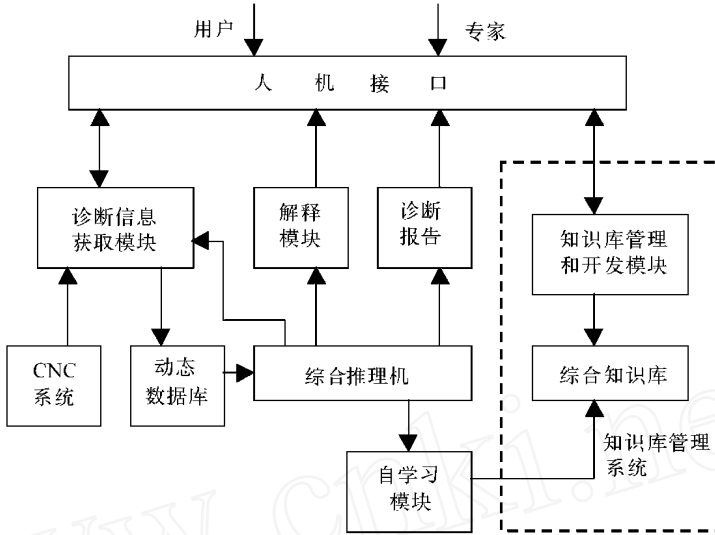


图 1 CNC-DES 系统结构图

3.2 CNC-DES 的关键技术

(1) 面向对象的 CNC 诊断知识表达与推理 面向对象的知识表达方法以诊断对象为中心, 将任一抽象层次的对象都分别与一个知识描述框架相对应, 称为一个知识单元。每一个知识单元内包含与对象相关的完成特定功能任务的所有知识, 用“抽象元器件”来描述 CNC 系统分类层次结构中各层的概念结点, 抽象元器件用三元组 $[sv, ip, op]$ 表示。sv 是指元器件的状态参数, 用于描述其内部信息处理过程; ip 是指元器件的信息输入口; op 是元器件对外发送信息的端口。

面向对象的诊断推理包括对象类内部推理和对象类外部推理两种形式。面向对象的知识单元内部的诊断推理实质是“假设产生- 假设证实”的循环过程。对象类外部推理是 CNC-DES 系统的层次诊断推理的主线, 引导各层次对象层间诊断推理。CNC-DES 系统诊断推理是利用多知识源进行逐层分类的过程。为了协调各知识源之间的关系, 管理各层次的诊断任务, 本系统采用黑板模型来控制推理过程。

(2) CNC-DES 模型诊断推理 CNC-DES 采用多种模型分别从结构、功能、行为、因果关系等方面对 CNC 系统进行描述, 从而局部地提高了推理的鲁棒性和效率。多模型集成诊断模型使诊断系统具有高灵活性、高有效性及强解释功能等特点。本系统采用元系统集成模型, 如图 2 所示。

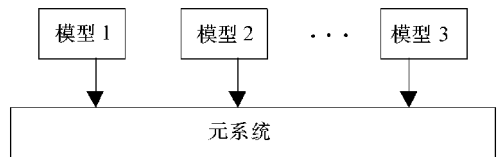


图 2 元系统集成模型

(3) 事例的表达及推理方式 基于事例的诊断推理中,当1个诊断问题出现时,系统检索与当前子问题类似的实例,并将该实例与当前的异常征兆相匹配,根据其相似程度,对实例进行适配调整,产生1个解,进而对解进行评价,如果该诊断解不令人满意,则根据有关的约束条件,继续检索新的实例,不断重复这一过程,直至产生1个被用户接受的诊断解。问题求解完毕后,可能产生新事例,专家系统自动将其添加到事例库中。

3.3 CNC-DES 的实现与应用

CNC-DES 软件设计采用专家系统快速成型法,针对JCS-018立式加工中心FANUC7的直流伺服控制单元搜集整理了300余条检测、诊断、维修知识,建立了基本满足用户要求的CNC-DES原型系统。CNC-DES系统具有模块化,面向对象,推理机简单和人机接口友好等特点。

4 结 论

将人工神经网络技术,模糊ANN和专家系统技术引入数控系统故障诊断领域是一种行之有效的方法,这将是数控系统故障诊断技术发展的重要趋势。通过研究和应用,可以得出以下结论:

- (1)BP网和BAM网各有特点,适用于CNC系统故障诊断,结合使用,优势互补,效果更好。
- (2)模糊ANN可同时处理确定性/非确定性两种信息,有着有效诊断CNC复杂系统故障的前景。
- (3)多模型集成使用及深浅知识混用的知识库系统,使问题求解有效。
- (4)此项研究经在有关单位的数控设备故障诊断与维修中使用,效果良好。

参 考 文 献

- 1 袁楚明,余彬海,胡文彬,等. CM设备诊断方案探讨. 中国机械工程, 1995, 6(2): 34~ 36
- 2 Jiri sima. Neural expert systems. NeuralNetwork, 1995, 8 (2): 261~ 272
- 3 徐秉铮,张百灵,韦岗,等编著. 神经网络理论与应用. 广州:华南理工大学出版社,1994. 249~ 264
- 4 袁楚明,周祖德,胡文彬,等. FMS智能诊断的信息集成和知识集成. 华中理工大学学报, 1996, 24(4): 36~ 38