

基于智能诊断方法的摩托车发动机故障检测系统研究*

李岳 温熙森 褚卫华

(国防科技大学机械电子工程与仪器系 长沙 410073)

摘要 针对摩托车发动机故障检测问题, 结合其结构特点, 采用传统专家系统与神经网络融合方式与策略, 提出了一种故障检测混合专家系统方法。对以此方法为核心的智能故障诊断系统结构、组成及工作过程等问题进行了研究与讨论, 并给出了系统的应用实例。

关键词 摩托车发动机, 神经网络, 专家系统, 智能诊断

分类号 TP206.3

Study on Fault Detection System for Motor s Engine via the Intelligent Diagnostic Method

Li Yue Wen Xisen Chu Weihua

(Department of Mechantronics Engineering and Instrumentation, NUDT, Changsha, 410073)

Abstract Aiming directly at the problem of detecting the motor s engine fault effectively, a hybrid expert system method which combines the artificial neural network with the traditional expert system is presented, taking into consideration the characteristics of the engine s structure. The structure, the composing and working procedure of the intelligent diagnostic system used for fault detection of motor s engine are studied and discussed. An example for application is also given in this paper.

Key Words motor s engine, neural network, expert system, intelligent diagnosis

摩托车发动机是一个典型的综合性复杂系统, 从结构上看, 它是由机、电、液等各子系统组成的机电系统, 属于多层递阶结构; 从故障特点看, 它常常表现为故障症状复杂, 故障与故障原因之间的关系复杂等。由于故障诊断技术及应用等局限, 目前我国摩托车制造行业对发动机故障检测还停留在人工检测阶段, 主要采用耳听和手摸等落后的检测方法与手段。这种方式一方面效率低, 不能满足现代化大生产需求; 另一方面, 人工检测故障时, 由于受主、客观因素的影响, 对产品质量的控制标准不严格, 也不稳定, 经常出现错检、漏检, 对生产效率和整机产品质量造成很大的影响。开发摩托车发动机智能故障检测系统旨

* 1996 年 10 月 6 日收稿

在实现故障检测的自动化、智能化,其研究既有理论意义,又具有实用价值。本文针对某型摩托车发动机故障检测问题,采用专家系统与神经网络结合的方式与策略,研究了一个较为实用和有效的智能化故障检测系统。

1 系统诊断推理策略^[1, 2, 4]

1.1 神经网络与专家系统的融合

目前,故障诊断方法大体上可分为模型诊断法和启发式诊断法。其中模型诊断法主要是基于数学模型和其它相关数据处理的方法,它以数值计算为主,常常不能利用那些难以用数值描述的故障症状信息,而这些信息往往是很重要的故障载体,并且这类方法以阈值为标准来辨识故障,在进行故障辨识时,虚警率相对较高;而启发式诊断法则是基于符号推理的传统专家系统方法,它主要体现为一个基于知识处理过程,一切需要处理知识的领域都可以采用专家系统,尤其对于一些需要用领域专家的特殊经验进行推理的问题,专家系统表现出了其特有的优越性。但传统的专家系统也存在一定问题有待解决,如知识获取的瓶颈问题,推理能力弱等。两类诊断方法各有利弊,本文将两者有机结合,亦即将数值与符号方法结合,以提高诊断求解能力。主要采用以非线性并行处理为特点的神经网络理论,以其较强的学习能力、联想记忆能力和分布式并行处理能力来解决传统专家系统的知识表示、知识获取和推理问题。

1.2 学习方式与知识表示

系统采用离线学习和在线学习相结合的方式,以解决模型诊断法阈值选择的困难和基于知识处理方法的知识获取的困难。

根据模型诊断法,对从被检测对象获取的运行状态数据进行特征提取,利用特征数据对神经网络进行训练,网络获取各类故障模式的知识,成为一个能自动获取知识的神经网络专家系统,当有类似的故障出现时,系统将会正确地识别和分类。此外,系统具备人工知识输入的方式,以对经验性知识、规则进行收集与维护。

故障诊断过程中单单依靠模式分类知识对某些故障的诊断,有时达不到理想的效果,对于专家成熟且有效的经验,完全可以知识、规则的形式表示出来,供诊断专家系统利用,这不仅提高了专家系统的工作能力,而且减少了部分为系统自学寻找样本的麻烦。

本文采用层次诊断模型的思想,诊断系统的知识库被设计成树状结构^[3]。在该树状知识库中,对于运用专家经验诊断的对象,其对应结点存放的是规则性经验知识,而对于运用神经网络诊断的对象而言,其对应结点存放的是对网络输出及诊断结果解释性知识。知识库中知识的表示形式为“专家经验性知识的显式表示”和“模式分类知识的隐式表示”两种类型。

1.3 混合推理策略

采用神经网络和专家系统融合方式和结构模型,运用神经网络的自学能力,克服专家系统一切知识都靠机械式学习的知识获取方式的缺点;同时利用专家系统可机械接受经验规则性知识的能力,弥补神经网络一切知识必须从专家提供的训练样本中获取的不足。这种具有多种知识获取方式的诊断系统,可将该领域有关专家的经验 and 知识得以充分接受。运用专家系统较强的系统管理维护能力及综合决策能力,弥补神经网络这方面的不

足,使系统能对设备各方面的特征进行全面分析,得出更接近实际的诊断结果;将神经网络的并行推理机制与专家系统的逻辑推理机制相融合,使系统的诊断推理过程更接近诊断专家的实际决策过程;并利用了神经网络的并行推理能力,增强诊断系统的实时诊断能力。系统中的两种不同的知识表示形式,也决定了专家系统中必然具有两种不同的推理机制。

(1) 正反向混合推理控制策略

知识库中不同层次的知识对于机械设备状态的判别与诊断的深度是不同的。对于设备级与部件级诊断知识,只需要判别设备与部件状态的正常与否就达到了要求,而对零件级知识,则需要判别出零件的具体故障。

系统工作时先利用设备级知识巡回对设备状态进行监测。当设备工作状态被认为异常后,该系统开始对各个部件进行诊断。它以各部件的部件级知识为基础,由特征数据出发,在该部件的部件知识集中寻找能与之匹配的规则,对该部件的状态进行判别,这个过程是一个典型的前向推理过程。

若确认某部件异常后,诊断系统则依次对其所属的各个零件进行诊断。对于零件的诊断不象对部件那样只判别出其工作状态的正常与异常,而是要诊断出其具体的故障。我们知道:某一零件可能有数种故障,判别某一故障可能又需要数条规则,并且为能对该零件进行有效的诊断,“特征提取子系统”会为该零件的诊断提供数个特征数据,这将是一个很大组合量。如果仍采用前向推理控制策略,这将严重影响推理效率,降低诊断速度,因而对零件的诊断推理采用了反向推理控制策略。

(2) 基于神经网络的并行推理

知识的推理过程就是问题的求解的过程,知识推理技术就是使问题从初始状态转移到目标状态的途径和方法。神经网络的推理机制与专家系统所用的基于逻辑推理的演绎方法不同,它的推理机制为一数值计算。在本系统中主要采用了神经网络正向推理的控制策略。

在诊断系统中,专家系统与神经网络并行推理不是相互独立,并行运行,而是融为一体的。前者控制着整个推理机的推理过程与各零部件的诊断次序,并对后者的推理结果做出解释与补充;而对于以神经网络结构作为诊断知识的对象,后者又是整个推理过程的中心,决定着系统的最终诊断结果。

2 系统的体系结构与功能

该系统总体结构如图 1 所示,它是以微机为主控单元的计算机应用系统,主要由信号采集子系统、特征提取子系统、诊断推理子系统及系统信息子系统等四部分组成,以实现信号获取、特征提取、故障诊断、结果输出和系统维护等功能。

(1) 信号采集子系统

主要完成对传感器拾取的设备运行状态信号进行采样和模/数转换。数据采集板为 KDB-12,数据采集过程由微机控制,实现两路并行采集,采样程序用汇编语言编制。

(2) 特征提取子系统

主要提取敏感反映被测对象故障状态的信息,供系统诊断推理使用。该系统中应用谱

分析技术,以功率谱分段能量计算来抽取特征。主要以总能量和感兴趣频带的能量来形成一多维特征向量,作为智能故障诊断的输入。

(3) 诊断推理子系统

主要为一神经网络专家系统,结合系统的知识库、数据库,完成对设备故障的检测、分析与推理。其构成与推理策略如前节所描述。

(4) 人机交互子系统

主要实现智能系统的知识库、数据库的管理与维护;实现故障诊断结果的输出(包括显示、打印、存储)的选择与控制;数据采集参数的设置与修改。其中知识库的维护主要是实现隐性知识的自学习、经验性知识与规则的添加和修改。

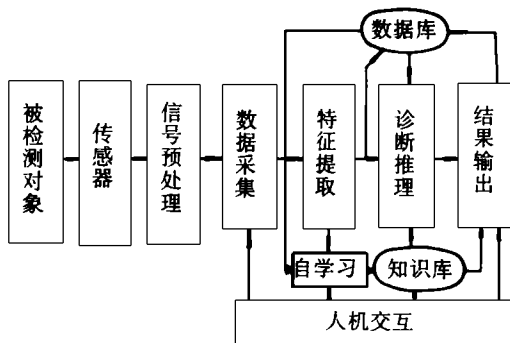


图1 智能故障检测系统结构

系统工作过程为:系统启动后,根据配置参数进行信号采集(亦可根据需要随时修改采样参数),然后进行特征提取,再进行故障推理,并根据需要输出结果,结果存档以备查询。系统自学习过程由人机交互子系统控制,进行故障模式样本学习。

3 研究实例

实验中,在摩托车发动机前后分别设置传声器,来获取发动机运转时的声音信号。特征提取子系统对信号进行谱分析后提取以下特征:前测点:噪声总能量、工频分量、2倍工频分量、3倍工频分量、工频至2倍工频之间能量、2倍工频至4倍工频之间能量、4倍工频至200Hz的能量;后测点:噪声总能量、以小链轮转速为中心的窄带频段能量^[3]。实验过程中,神经网络对四种不同类型的样机进行了离线学习,这四类状态分别是:合格、活塞响、连杆响和哨声。网络输入层的结点数依据特征维数取值为9,隐含层结点数通过实验研究取值为6,输出层结点数依据故障类别取值为4,表1是供系统学习的四类样机样本。获取诊断知识以后,本系统对从摩托车发动机制造厂现场获取的一批历史数据进行了诊断,研究结果表明:系统中隐、显式知识相融合的思想为满足复杂机械设备诊断过程中需要多种知识的要求提供了基础,混合推理策略的应用为提高诊断的准确性和推理效率提供了保障。

表 1 摩托车发动机训练样本

样机状态	特征向量元素										网络输出
合格	0.1745	0.1564	0.1123	0.3395	0.2912	0.3874	0.9627	0.9615	0.2386		1000
活塞响	0.6489	2.3748	0.2343	1.8861	1.1292	3.3742	2.4656	4.5389	1.0536		0100
连杆响	0.4603	0.1456	0.3894	0.9982	0.6621	0.2834	0.2239	1.9487	0.2147		0010
哨音	0.2087	0.2771	0.3397	0.4893	2.1223	1.3484	3.5456	2.0696	3.6895		0001

4 结束语

采用本文提出的方法与策略建立的摩托车发动机故障检测系统是一个离、在线学习相结合的在线诊断功能的智能诊断系统,可基本适应生产现场发动机故障检测自动化、智能化要求;同时,该系统的研究,对解决复杂机械设备故障诊断问题有一定的参考价值。

参考文献

- 1 Fink P K etc. A General System Design for Diagnosis Problem Solving. IEEE Trans. on PAMI, 1985(5)
- 2 Hall G A, Schuetzle J. Real-Time Intelligent Fault Diagnostic System, AIAA92-1593, 1992
- 3 温熙森,李岳,褚卫华.复杂机械设备智能诊断系统研究及应用.第五届全国机械设备故障诊断学术会议,1996,9
- 4 Hoskins J C, Himmelball D M. Neural network models of knowledge representation in process engineering. Computer in Chemical Engineering, 1988(2)

(责任编辑 张静)

(上接第 83 页)

表队进行的龙舟直道竞赛共 8 个项目 80 多次使用中及在来自中国各地方、各民族 30 多支龙舟赛队进行的中国民间夺标赛 8 个项目 20 多次使用中无一次失误。

本设备具有如下特点:

- 1) 通用性好,可适用与航道数目变化的比赛;
- 2) 结构简单、稳定可靠。采用机械装置、电力驱动,操作简便。易于安装维护,抗风浪能力强;
- 3) 整个装置安装于浮台上,不受比赛场地的限制。可室内、可室外、可湖泊、可海湾,不需要专用赛池。比赛中,实现赛程转换快速、方便、灵活、不需要潜水员作水下作业。
- 4) 该装置夹持固定赛船时方便快捷,既可适用于大型赛船,又可用于小型赛船。

参考文献

- 1 Valetdinov R K. Racing boats starter-- has base anchoring plate connected by scissors to top part and lowered to canal bottom. SU - 955960, 1982-09-07
- 2 Semenov D A. Racing boats strater-- has starting platform connected to base by spring loaded scissors. SU - 955961, 1982-09-07
- 3 UKR Giprograd Inst. Racing boats starter-- beam attached to submerged part of supports and carrying lift mechanism facilitates working. SU - 442806, 1974-05-02

(责任编辑 石少平)