

智能故障诊断专家系统及在装甲车辆上的应用研究

王罗韬, 徐惠余

(国营第六二七厂, 湘潭, 411100)

摘要: 本文阐述了智能故障诊断专家系统的概念, 介绍了国内外智能故障诊断专家系统的现状及发展趋势, 提出了基于故障树、模糊理论、人工神经网络等专家系统模型, 结合我国国内装甲车辆故障诊断的现状, 分析智能故障诊断专家系统在装甲车辆上应用的可行性, 以期对我国未来装甲车辆研制有所参考。

关键词: 智能故障诊断专家系统 故障树 模型 装甲车辆 发展趋势

0 引言

智能故障诊断专家系统^[1]一般指按照一定的推理算法, 通过人机接口的形式让诊断者与计算机对话, 由诊断系统回答提出的问题, 系统根据提问和回答的答案进行推理, 并给出专家级的诊断结论的系统。智能故障诊断专家系统以推理为解决问题的基本技术, 并具有自学习和自我知识更新的功能, 易于扩充和完善, 解决了工程技术领域中众多没有合适算法和无算法的问题, 在系统设计、生产、控制、选型和故障诊断等方面得到广泛的应用。

随着信息处理技术、自动化控制技术、数字化技术、网络技术、总线技术、虚拟仪表技术、综合集成等新技术的普遍应用, 装甲车辆控制系统由分立式控制向集成控制、智能控制系统方向发展, 做为智能控制系统的一部分, 智能故障诊断专家系统利用计算机模拟人类专家的思维和判断过程, 通过友好直观的人机界面, 协助维修人员准确快速确定故障部位, 成为快速提高装备战斗力的有效途径。

1 智能故障诊断专家系统简介

故障诊断专家系统, 是指计算机在采集被诊断对象的信息后, 综合运用各种规则(专家经验), 进行一系列的推理。必要时还可以随时调用各种应用程序, 运行过程中向用户索取必要的信息后, 可快速地找到最终故障或最有可能的故障, 再由用户来证实。智能故障诊断专家系统则是在故障诊断专家系统的基础上, 结合神经网络技术, 采用知识库和推理机分离机制, 应用语义网络和框架理论相结合的知识表示方式, 通过与用户的友好人机界面, 采集有关专家的经验知识, 存储于知识库中; 利用推理机监控设备状态、调用知识规则, 进行数据采集、曲线分析来确定当前设备的故障以及具体故障部位的图形显示, 根据设定的故障处理策略, 得出专家系统建议, 并能对诊断结果进行学习自适应学习, 实现知识表示、存储和推理三者融为一体。

具有专家水平的专业知识、能够进行有效的推理, 具有知识获取能力、交互能力、解释能力, 具有一定的复杂性和难度。根据其解决问题的性质, 专家系统可分为解释型、预测型、监测型、诊断型、设计型、咨询型、维修型、控制型、工具型、决策型、管理型、教学型等类型。

2 国内外故障诊断专家系统研究应用现状及发展趋势综述

2.1 国内外故障诊断专家系统的研究及应用现状

故障诊断专家系统的研究始于 20 世纪 70 年代末, 并被应用于工程领域的故障诊断研究。如 20 世纪 70 年代末期, Donald 等^[2]将故障诊断专家系统用于军用汽车发动机的故障诊断中, 1986 年日本 Nissan 汽车公司研制出发动机电子集成控制系统的诊断专家系统; 1987 年加拿大太平洋铁路公司开发了发动机故障诊断专家系统 EDMS 等^[3~5]。

1989 年美国 Venkat 等首次将神经网络用于故障诊断中^[6], 并获得了理想的结果。Sharkv 等对柴油发

动机的故障机理进一步研究的基础上,提出多神经网络的诊断策略,与单一策略专家系统诊断对比,表明多神经网络诊断系统的强大诊断功能。

20世纪90年代初期,汽车故障诊断专家系统研究对象的范围逐步扩大到各个汽车系统总成,并向多知识、多模型诊断方向发展。

目前故障诊断专家系统技术成熟,并在工程领域得到大量应用,国外部分产品如汽车、压路机、塔机等上开始装备智能故障诊断专家系统。

国内在汽车故障诊断技术的研究方面起步较晚。20世纪80年代末,国内部分高校和科研机构对汽车故障诊断专家系统进行研究,并相继发表了一些研究文献。20世纪90年代中期后,国内的研究进入快速发展期,部分高等院校做了大量的研究工作,部分研究已达到国外同等水平。总的来说,我国在故障诊断专家系统方面的研究一直紧跟国外学术动态,对新理论、新方法和新趋势等方面的把握和研究及时,逐步取得了一些有价值的成果,在产品开发上,已开发出基于部分模型汽车、压路机方面的智能故障诊断专家系统。

2.2 国内外故障诊断专家系统的发展趋势

智能故障诊断专家系统是应现代自动化系统发展的需求而提出来的,同时也是诊断专家系统发展的必然趋势。随着数字化、集成化、总线技术、人工智能技术、神经网络技术等新技术的应用,故障诊断专家系统正向集成化、高精度化、智能化和网络化方向发展。

基于机器学习的智能故障诊断专家系统

智能诊断系统的核心问题是它的学习能力问题,知识的自动获取一直是智能故障诊断专家系统研究的难点。解决知识获取的途径是机器学习,即让机器能够在实际工作中不断地总结成功和失败的经验教训,对知识库中的诊断知识进行调整和修改,以丰富和完善系统知识。机器学习是提高智能故障诊断专家系统的主要途径,也是衡量一个系统智能程度的主要标志。发展和完善现有的机器学习方法,探索新的学习方法,建立新的机器学习系统,特别是多种学习方法协同工作的智能诊断专家系统,是研究的一个重要方向。

网络架构下的集成故障诊断专家系统

故障诊断与知识表示、处理和诊断推理方法密切相关,同时又与诊断对象领域相关联。单一的知识表示、推理方法难以完成对故障的有效诊断。网络架构下的集成故障诊断专家系统适合车辆电气领域的故障诊断要求,该集成系统以多种诊断模型融合、分布式网络体系和多媒体技术的应用而成为研究热点。

3 智能故障诊断专家系统目前采用的主要技术模型及优缺点

目前国内外研究采用的故障诊断专家系统模型主要有:基于规则的诊断专家系统、基于实例的诊断专家系统、基于行为的诊断专家系统、基于模糊逻辑的诊断专家系统、基于人工神经网络的诊断专家系统、基于故障树的诊断专家系统、网络架构下的集成故障诊断专家系统等。这些诊断专家系统的优缺点如下:

(1) 基于规则的诊断专家系统

基于规则的诊断具有知识表述直观、形式统一、易理解和解释方便等优点,但诊断知识的获取依赖于领域专家,存在知识获取困难、知识台阶窄以及控制策略不灵活等缺点。对大型规则库来说,容易产生规则匹配冲突、组合爆炸等问题,而且系统缺乏自学习能力,不适用于复杂系统或经验不足系统的故障诊断。

(2) 基于实例的诊断专家系统

基于实例的诊断专家系统具有诸多优点:无须显式的领域知识;无须规则提取,降低知识获取难度;系统是开放体系,增量式学习,实例库的覆盖度随系统的不断使用而逐渐增加^[7]。其缺点在于诊断实例覆盖度小会导致搜索时可能会漏掉最优解,造成误诊或漏诊。基于实例的诊断方法难点还在于实例特征的选择、权重分配以及处理实例修订时的一致性检验(特征变量间的约束关系)问题等。

(3) 基于模糊理论的诊断专家系统

模糊诊断的实质是引入隶属函数概念,优点在于模糊逻辑以其较强的结构性知识表达能力,适合处理诊断中的不确定信息和不完整信息。其缺点在于模糊诊断知识获取困难,尤其是故障与征兆的模糊关系较难确定,且系统的诊断能力依赖模糊知识库,学习能力差,容易发生漏诊或误诊。

(4) 基于行为的诊断专家系统

基于行为的诊断专家系统的突出优点是在缺乏先验诊断知识情况下,通过与诊断对象系统行为进行交互作用,逐步学习进化,最终构成一个完善的诊断系统。其缺点是故障行为征兆(语义征兆、图形征兆)的自动获取难度较大;新故障自动识别和分类难,尤其是同时出现多故障,是该方法需解决的根本突破点。

(5) 基于人工神经网络的诊断专家系统

人工神经网络(简称 ANN)具有较好的容错性、响应快、强大的学习能力、自适应能力和非线性逼近能力等,被广泛应用于故障诊断领域,其分布式联结机制,实现知识表示、存储和推理三者融为一体,在知识获取、并行推理和自适应学习等方面显示出明显的优越性;目前,国内外对基于神经网络的故障诊断研究多集中于 BP 网络,但 BP 算法存在收敛慢、振荡和局部极小等问题。BP 算法一个突出问题在于对异常类故障的处理能力低,其求解能对样本的依赖性极大,不具备增量学习功能。

(6) 基于故障树的诊断专家系统

故障树分析法(FTA)既能分析硬件本身的故障影响,又能分析人为因素、环境以及软件的影响,它不仅能对故障产生的原因进行定性分析,找出导致系统故障的原因和原因组合,确定最小割集,识别出系统的薄弱环节及所有可能的失效模式,还能进行相关评价指标的定量计算,根据各已知单元的故障分布及发生概率,求得单元概率重要度、结构重要度、关键重要度和系统失效概率等定量指标。

基于故障树的诊断专家系统存在问题:故障树无法自动建立;基于故障树技术的故障诊断专家系统在处理小概率故障时系统性能有所下降;在图形表示方面还有待于选取更好的方法来完善研究。

(7) 网络架构的集成故障诊断专家系统

基于网络架构的集成故障诊断专家系统以多种诊断模型融合、分布式网络体系和多媒体技术的应用而成为研究热点。该系统利用信息融合处理技术,采用开放式网络架构,将模糊算法、神经网络和遗传算法、专家系统等多个领域综合集成在一起,利用模糊理论来处理诊断领域的模糊性问题,利用遗传算法来优化网络结构和隶属函数,利用神经网络增强专家系统的学习能力,有力地促进了不同研究领域之间的交叉渗透和共同发展,是未来故障诊断专家系统的发展方向。

4 我国装甲车辆故障诊断专家系统的应用现状

我国早期装甲车辆的故障诊断,基本依据经验通过手工检测进行故障查找、定位;维护方法仍主要依赖工厂、部队技术保障人员及维修人员的经验进行技术保障,基本上没有专门的故障诊断系统。随着信息处理技术、微电子技术、自动化控制技术、数字化技术、网络技术、总线技术、虚拟仪表技术、综合集成技术等新技术的普遍应用,近年来设计的装甲车辆上部分分系统(如发动机电控系统)的检测维护配备了专门的故障诊断工具,部分终端软件系统配备了故障监测系统、设备使用说明等,监测车辆分系统的执行元件运行参数及车辆工况参数,与系统内预存的参数进行比较,超出给定参数范围时输出报警提示信号。严格来说,目前大部分装甲车辆上尚未装备真正意义上的故障诊断专家系统,目前配备的故障诊断工具,故障提示基本以代码形式出现,故障诊断工具没有脱离“故障代码读取工具”或“RAM 值读取工具”的范围,不能对存储的数据进行分析,要排除故障,维修人员还必须参照说明书,了解故障码的含义。

5 智能故障诊断专家系统在装甲车辆上的应用分析

装甲车辆系统结构复杂,其故障现象具有形式复杂多样、多个故障共存、故障难于快速查找、故障现象与故障原因对应关系复杂、故障的偶然性与必然性共存、受环境影响等特点,难以建立完整的、精确的、包括所有约束条件的故障诊断数学模型。因此要求装甲车辆智能故障诊断系统在架构上应具有良好的开放性、可扩展性、交互性、协作性,在诊断系统中可采用图形用户接口界面技术和“所见即所得”的编程思想,使得用户可以方便地协同知识工程师构造可视化的知识库。通过可视化的获取和管理知识,工程师可以方便地添加、删除和修改专家知识,浏览各种对象和属性,赋予初始值,调整对象的相对关系,从而高

效地建立、扩展和维护专家系统的知识库。

在组建知识库时，将面向对象的表示方法与产生式表示法相结合来表达知识，以车辆上装配的各系统为原型，建立相应层次的元件类和对象，将每个层次的对象分别与一个知识单元相对应。在每个元件类内部，知识以规则的形式表示。元件的知识由该元件类所有的对象所共有，以静态数据的形式保存，这样可以实现数据共享，保证该类中的所有对象知识的一致性。组合元件的类是从其它元件类通过继承得来的。每一个知识单元中，所包含的知识规模有限，推理搜索空间小，因而可以大大提高推理效率，并相应地降低了对推理机的要求。

为适应诊断专家系统发展趋势，智能故障诊断专家系统在构建开放式网络架构的同时，采用神经网络技术建立自适应学习系统，开发、丰富知识并对知识库进行及时修正。系统通过自学习优化知识库中的诊断知识，根据诊断结果的有效性，对知识库进行自适应修正，提高诊断结果的准确度和诊断效率，并在此基础上对各分系统的故障诊断专家系统进行集成。

装甲车辆智能故障诊断专家系统是作为智能控制系统不可或缺的一部分，随着装甲车辆控制系统的信息化、智能化程度不断提高，也必将在装甲车辆上得到普遍应用，以适应信息化条件下的多兵种联合作战时快速提高装备战斗力的需要。

参考文献:

- [1] 吴今培,肖健华著智能故障诊断与专家系统[M].北京:科学出版社.1997 吴今培,肖健华著智能故障诊断与专家系统[M].北京:科学出版社.1997
 - [2].Donalds Sama Diagnostic equipment development for military • vehicle application sae Paper 780029
 - [3].Anmk Sood. Engine fault analysis: part1 -statistical methods. IEEE, 1985. 32(4): 327~335
 - [4].Mauer G F-A method for cylinder specific engine faultdiagnostics In: Proceeding of the 1st International MachineryMonitoring & Diagnostics Conference, Las Vegas, NV1989
 - [5].Filljoy, Marinov M, Ovcharov s Engine diagnostic expertsystem In: 18th International Symposium on Automotive Technology and Automation, Maya. rune 1988
 - [6].Venkat Vking Caneural network methodology for process fault diagnosis Journal of faiche, 1989, 35(12): 1993~2002
- Aamodt A, Plaza E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations and system approaches.*