

· 仿真与评估 ·

故障智能诊断专家系统模型研究

杜江, 任滢

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘要: 基于专家系统的原理, 模拟专家的思维活动, 集众专家的领域知识, 根据应用与管理问题特征, 建立了故障智能诊断专家系统模型. 该模型的知识表示使用了产生式规则形式, 推理机采用了规则推理和不精确推理相结合的方法. 在不确定性知识处理上, 应用确定性理论建立了不精确推理模型. 该模型通过人机交互功能及自学习功能, 可自动获取和完善知识库中的知识, 具有很好的实时性.

关键词: 智能诊断; 专家系统; 不精确推理

中图分类号: TP182

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)04-0073-04

An Expert Systems Model of Malfunction Intelligent Diagnose

DU Jiang, REN Ying

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: Based on the theory of expert systems, simulating thoughts process of experts, gathering domain knowledge of all experts and according to the problem characteristics of application and management system, an expert systems model of malfunction intelligent diagnose has been built up. In the system, the method of knowledge representation is genetic rule, the inference engine combines uncertain inference and rule inference. In order to deal with the uncertain knowledge, an uncertain inference model based on confirmation theory is established. This model can auto-gets and modify knowledge in knowledge base, achieve a better real-time characteristics, through interacting between human and machine as well as self-learning function.

Key words: intelligent diagnose; expert systems; uncertain inference

当各种应用与管理问题发生故障的时候, 准确而快速地进行故障诊断定位, 对于系统的恢复, 具有十分重要的意义. 故障诊断技术是一门应用型边缘学科, 其理论基础涉及多门学科, 如现代控制理论、计算机工程、数理统计、模糊集理论、信号处理、模式识别等. 系统的工作状态常以各类开关量和保护设备动作信息的组合来表现. 故障诊断的任务是在系统发生故障时, 根据系统中的各种量(可测的或不可测的)或其中部分量表现出的与正常状态不同的特性, 找出故障的特征描述并进行故障的检测与隔离^[1]. 故障诊断专家系统是将专家系统应用到故障诊断之中, 专家系统方法具有较强的逻辑推理和符号处理

能力, 可以利用领域知识和专家经验提高故障诊断的效率, 比较适合于各种应用与管理系统的智能故障诊断.

研究的故障诊断系统是基于故障时保护上传的动作信息, 充分利用了各种故障的不确定性信息, 将专家系统的推理过程融合到基于模糊数学的算法中, 据专家系统^[2,3]的原理, 集众多专家的知识, 模拟专家的思维活动过程, 建立了基于专家系统的智能诊断模型. 该模型可根据实际情况增加或修改知识库中的知识, 并可随时与用户进行交互, 接受管理人员的干预, 采用规则推理和不精确推理技术^[4], 在正向推理控制策略驱动下, 实时、动态地给出故障

收稿日期: 2009-06-17

作者简介: 杜江(1974-), 男, 辽宁锦州人, 工程硕士, 专业方向为计算机技术.

诊断结果,形成新的故障智能专家诊断系统.

1 专家系统理论与方法

专家系统是一种基于知识的智能系统,它将领域专家的经验用知识表示方法表示出来,存放知识库中,供推理机使用.由于专家系统包含了大量的专家知识,并具有使用这些知识的能力,因此可用来解决该领域中专家才能解决的问题.

由于实际问题的复杂性和不确定性,系统中的知识往往具有不确定性,在不确定性知识处理上,可以应用确定性理论、主观 Bayes 和证据理论等方法,使推理机具有较高的准确性.以确定性理论为基础来建立不精确推理模型.

确定性理论(Confirmation Theory)是由肖特里非(E. H. Shortliffe)等人提出的一种不精确推理模型,在确定性理论中,不确定性是用可信度来表示,因此又称为可信度方法(即 C-F 模型).它是不精确推理中使用最早、最简单且又十分有效的一种推理方法.目前,有许多成功的专家系统都是基于这一方法建立起来的.

假设知识库中有规则:if E then H,且已知结论 H 的先验概率 P(H)和条件概率 P(H|E),在 C-F 模型中,把可信度因子 CF(H,E)定义为

$$CF(H, E) = MB(H, E) - MD(H, E)$$

$$MB(H, E) = \begin{cases} 1 & P(H) = 1 \\ \max\{P(H|E), P(H)\} - P(H) & P(H) \neq 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$MD(H, E) = \begin{cases} 1 & P(H) = 0 \\ \min\{P(H|E), P(H)\} - P(H) & P(H) \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

根据对 CF(H, E)、MB(H, E)和 MD(H, E)的定义,可得 CF(H, E)的计算公式

$$CF(H, E) =$$

$$\begin{cases} MB(H, E) - 0 = \frac{P(H|E) - P(H)}{1 - P(H)} & P(H|E) > P(H) \\ 0 & P(H|E) = P(H) \\ 0 - MD(H, E) = \frac{P(H) - P(H|E)}{P(H)} & P(H|E) < P(H) \end{cases} \quad (3)$$

可见,若 CF(H, E) > 0,说明由于前提 E 所对应的证据的出现增加了 H 为真的可信度,CF(H, E)越大,增加 H 为真的可信度就越大;若 CF(H, E) = 0,说明 E 所对应的证据与 H 无关;若 CF(H, E) < 0,说明由于前提 E 所对应的证据的出现增加了 H 为假的可信度^[4].

2 智能诊断专家系统的设计与实现

2.1 系统的总体结构模型和功能

智能诊断专家系统结构模型^[4]如图 1 所示.

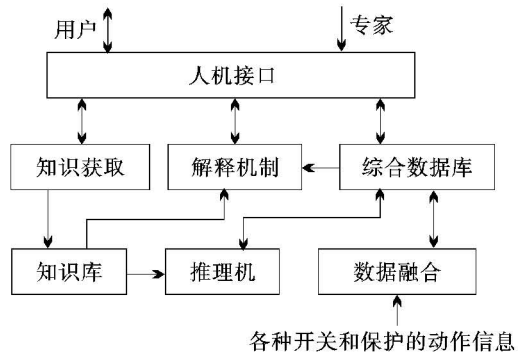


图 1 智能诊断专家系统结构

系统首先接收各种开关和设备主保护及后备保护的动作用息,经过数据融合处理,获得设备当前的工作状态,这些信息均存入综合数据库中,在综合数据库中同时还存有特定故障对应的警报模式作为样本.

在进行故障诊断过程中,应首先进行设备工作状态的判断,即检查以下约束条件是否满足:设备故障时的开关状态条件、主保护动作信息条件和后备保护动作信息条件,这些条件作为知识保存在知识库中.根据设备产生故障的特点,建立一套规则作为知识库里的知识,依据这些知识以及专家知识,使诊断结果接近专家所期望的最佳效果.知识库里的知识大多数采用带有可信度因子的不确定性描述.

推理机采用正向推理控制策略,以适应故障诊断专家系统实时性、动态性特点和要求.针对综合数据库中的当前信息,识别和选取对当前问题求解有用的知识进行推理.由于知识库中的知识是不完全的和精确的,因而推理过程采用不精确推理.

通过解释系统可使用户及时了解专家系统的推理原则和推理过程,对系统给出的结论、求解过程以及系统当前的求解状态提供说明,便于用户理解系统的问题求解,增加用户对求解结果的信任程度.在知识库的完善过程中便于专家或用户发现和定位知识库中的错误,便于用户能够从问题的求解过程中得到直观学习.

人机接口提供用户或专家与系统之间的对话机制,将专家或用户的输入信息翻译为系统可接收的内部形式,把系统向专家或用户输出的信息转换成易于用户理解的外部形式.并为管理人员进行干预提供条件.

2.2 知识表示和知识库

产生式规则是专家系统中使用最多的知识表示方法,系统中专家对领域问题的确定理解可用知识表示为:if E then H .

其一般形式为:if E_1 and E_2 and \dots and E_n then H

由于领域问题的复杂性和不确定性,系统中的不确定性知识可描述为

If E_1 and E_2 and \dots and E_n then $H[CF(H, E_1, E_2, \dots, E_n)]$

表示当证据 E_1, E_2, \dots, E_n 成立时,结论 H 有 $CF(H, E_1, E_2, \dots, E_n)$ 的可信度成立.其中 $CF(H, E_1, E_2, \dots, E_n)$ 为可信度因子,其取值介于 -1 与 1 之间.例如系统中关于故障诊断报警 1 的规则表示为:

If 开关 1(E_1) and 主保护状态 1(E_2) and 后备保护状态 1(E_3) then 故障报警 1(E_1, E_2, E_3).

2.3 推理机制

系统中知识表示有规则表示和不确定性表示,因此系统采用规则推理和不精确推理技术相结合.

对于不确定性知识如何由前提(证据)和规则的可靠性推理出结论的可靠性,可在确定性理论^[4]的基础上,结合概率论与模糊集合论等方法提出了一种不精确推理方法,称为 CF 模型,该模型的不确定性传播算法分以下 4 种情况:

①单前提单规则情况

结论可信度

$$CF(H) = CF(H, E) \times \max\{0, CF(E)\} \quad (5)$$

②单前提多规则情况

$$CF_1(H) = CF(H, E_1) \times \max\{0, CF(E_1)\} \quad (6)$$

$$CF_2(H) = CF(H, E_2) \times \max\{0, CF(E_2)\} \quad (7)$$

总的前提可信度

$$CF(H, E_1, E_2) = \begin{cases} CF_1(H) + CF_2(H) - CF_1(H) \times CF_2(H) & CF(E_1) \geq 0, CF(E_2) \geq 0 \\ CF_1(H) + CF_2(H) + CF_1(H) \times CF_2(H) & CF(E_1) < 0, CF(E_2) < 0 \\ CF_1(H) + CF_2(H) & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

当有多条知识以 H 为结论时,可多次使用式(5),依次计算 $CF(H, E_1, E_2, E_3), \dots, CF(H, E_1, E_2, \dots, E_n)$.

③当证据是多个条件的“与”关系时

if E_1 and E_2 and $E_3 \dots$ then $H [CF(H, E)]$

取最小的 $CF(E_i)$ 作为总的前提可信度 $CF(E), E = E_1 \wedge E_2 \wedge E_3 \wedge \dots$.

结论可信度

$$CF(H) = CF(H, E) \times \max\{0, CF(E)\} \quad (9)$$

④当证据是多个条件的“或”关系时

if E_1 or E_2 or $E_3 \dots$ then $H [CF(H, E)]$

取最大的 $CF(E_i)$ 作为总的前提可信度 $CF(E), E = E_1 \vee E_2 \vee E_3 \vee \dots$.

结论可信度:

$$CF(H) = CF(H, E) \times \max\{0, CF(E)\} \quad (10)$$

2.4 实例仿真

专家系统采用面向对象的程序设计语言 VB6.0 实现.在系统模型设计中,首先建立规则知识库,输入相关专家知识.当依次出现证据 x_{12} (开关状态 1)、 x_{23} (主保护动作 1)时,系统开始启用知识库中的规则进行推理.系统采用正向推理的方法,即从给定的一组前提出发,找出所有能推断出的结论.依此可找出与本次推理相关的规则,分别是

R_1 :if $x_{12}(0.5)$ and $x_{23}(0.6)$ then A_1

R_2 :if $x_{12}(0.5)$ and $x_{23}(0.8)$ then B_3

其中,位于每个证据后的数值表示了该证据支

持该结论的可信度因子,由领域专家给出.根据确定性理论,在证据 x_{12} 和 x_{23} 下,结论 H 的综合可信度可由式(8)计算

$$CF(A1, x_{12}, x_{23}) = CF(A1, x_{12}) + CF(A1, x_{23}) - CF(A1, x_{12}) \times CF(A1, x_{23}) = 0.5 + 0.6 - 0.5 \times 0.6 = 0.8$$

同理,计算出结论 B_3 的可信度值

$$CF(B3, x_{12}, x_{23}) = CF(B3, x_{12}) + CF(B3, x_{23}) - CF(B3, x_{12}) \times CF(B3, x_{23}) = 0.5 + 0.8 - 0.5 \times 0.8 = 0.9$$

可见,所求结论更加倾向于 B_3 ,经过专家系统推理,最后得出结论:当证据 x_{12} 和 x_{23} 出现时,出现 B_3 故障.

3 结 论

系统具有快速反应能力,得出的诊断结果的准确性高,能够动态地处理系统输入的信息等优点.提出的系统故障的智能诊断专家系统模型,为解决应

用与管理系统故障快速诊断定位提供了新的思路.该模型由于汇集了多个专家的知识经验和最大限度地利用了专家的能力,占有的资料、信息多,考虑的各类组合比较全面,有利于提高诊断的可信度,为故障定位提供了科学依据.确定性理论方法直观、简便、准确,更适合于处理模糊型决策问题.系统采用了面向对象的程序设计语言 VB6.0 实现,人机界面友好,模块化强,为进一步开发打下了良好的基础.

参考文献

- [1] 安茂春.故障诊断专家系统及其发展[M].北京:计算机测量与控制,2008:58-62.
- [2] 王忠生.智能故障诊断与容错控制[M].西安:西北工业大学出版社,2005:47-49.
- [3] 武波,马玉祥.专家系统[M].北京:北京理工大学出版社,2001:90-92.
- [4] Lawrence A Klein.多传感器数据融合理论应用[M].戴亚平,刘征,郁光辉,译.北京:北京理工大学出版社,2004:96-99.

简讯

德国半导体激光器技术的新发展

·高功率激光二极管泵浦模块.激光二极管泵浦模块与光纤激光器间的常用接口是直径 100~200 μm 的光纤尾纤,其典型的数值孔径为 0.12~0.22.这些二极管尾纤通常被接入光纤合束器,以进一步提高泵浦功率.

为了实现千瓦级的输出功率,光纤激光采用主振荡功率放大(MOPA)结构,这需要具有更高功率(大于 200 W)的泵浦模块.由于这种设计中使用的光纤的直径可以增加至 200 μm ,高亮度多阵列模块可以作为构建模块(building block)以提高功率.通过光学叠加和偏振耦合,可将多个单元(6~10个)耦合到单根直径为 200 μm 、数值孔径为 0.2 的光纤中.激光二极管产生的热量通过一个大的铜制热沉散发出去,从而可以使用工业用水或高性能半导体制冷器进行冷却,而不需要使用冷却微通道叠层所需的去离子水.一个具有 4 个激光二极管阵列的 976 nm 光纤耦合模块,能通过 200 μm 的光纤实现超过 200 W 的功率输出.

·1 μm 高功率光纤激光器.基于商用光纤、泵浦合束器以及泵浦激光二极管的千瓦级高功率 MOPA 系统,可以实现 225 W 的功率输出.6 个泵浦模块的总功率为 1.2 kW,并被组合入一个锥形光纤束,然后泵浦一根掺镱(Yb)双包层光纤,该光纤直径为 400 μm ,数值孔径为 0.46.基于模块的高斜率效率泵浦,这种光纤激光器比较容易实现具有单模光束质量,超过 1 kW 的功率输出.这种 MOPA 结构的好处在于具有对不同输入种子源的灵活性和兼容性.

·人眼安全光纤激光器.大多数高功率光纤激光器的开发都使用掺镱光纤,输出波长大约在 1 080 nm.然而,对于,工作在人眼安全波段(波长约大于 1.4 μm)的高功率、高效率光纤激光器,也是军事、工业和医学应用感兴趣的话题.最近,工作在 2 μm 左右的掺铥(Tm)光纤激光器所取得的进展,已经使单个光纤激光器的输出功率接近 1 kW.实现上述 1 kW 功率的关键在于:对泵浦掺铥光纤的 790 nm 激光二极管进行优化,特别是在较高的电光效率下实现所需的高功率和高亮度.

·一体化半导体激光系统集成带高温计的振镜扫描头.德国 DILAS 半导体激光系统 COMPACT 系列新增加的 500W、400 μm 一体化半导体工业激光系统可提供带高温计的振镜扫描头.在塑料焊接时,高温计和振镜扫描头几乎可同步操作.焊接点的温度可通过单色高温计测定,塑料焊接可预先设定加工温度范围,并在全闭环控制下加工,若使用振镜扫描头亦可自由选择激光加工点.辅助软件可提供全过程的质量控制监测.振镜扫描头能配合光纤芯径为 400 μm (或 200 μm)的光纤,振镜孔径为 20 mm 或者 30 mm.在配合使用 F- θ 透镜后,能保证加工质量.在 140 mm \times 140 mm 的扫描范围内光斑直径为 2.8 mm(或 1.4 mm).

德国一体化半导体工业激光系统新的振镜扫描头配合 F- θ 透镜、高温计、校准控制器和高温计控制软件使用,操作更加方便快捷.
(徐世录提供)