

文章编号:1007-2780(2016)07-0675-05

一种液晶面板设备故障诊断专家系统

翟军华*, 李 莲, 段季芳, 杨久莉
(合肥京东方光电科技有限公司, 安徽 合肥 230011)

摘要:在液晶面板制造设备故障诊断中,传统方法存在效率低、经验分散等缺陷,为此设计了一种基于规则的设备故障诊断专家系统,能够缩短诊断设备故障时间,高效地整合了故障诊断经验资源。产生式规则按照固定的格式,并具有与人的思维相似,直观、自然、容易理解等特点,将其应用到该专家系统中的知识库中,提高了知识库的增长速度和准确度。实际应用表明,该系统可准确判别液晶面板设备故障原因并提供解决方案,将诊断设备故障平均时间降低了 35.5%。

关键词:产生式规则;知识库;故障诊断;液晶面板设备

中图分类号: TN873+.93 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20163107.0675

Expert system of TFT-LCD equipment fault diagnosis

ZHAI Jun-hua*, LI Lian, DUAN Ji-fang, YANG Jiu-li

(Hefei BOE Optoelectronics Technology Co., Ltd, Hefei 230011, China)

Abstract: The traditional fault diagnosis for equipment in TFT-LCD is inefficient and disperses experience. Expert system of equipment fault diagnosis based on rule can reduce fault diagnosis time and integrate fault diagnosis experience efficiently. Production rule is applied in knowledge set in expert system and improve knowledge set growth and accuracy with fixed format, intuitive, natural and similar to human thinking. The expert system can provide solutions for TFT-LCD equipment fault and reduce diagnosis time by 35.5% in average.

Key words: production rule; knowledge set; fault diagnosis; TFT-LCD equipment

1 引 言

显示技术的多样性和快速化发展,导致工序加工的繁冗复杂和多变,减少人员现场操作,实现信息流连续畅通的传输,提高产品的质量和缩短产品的研发和生产制造周期是液晶面板企业发展的必然要求^[1]。保证生产过程的产品良率和生产设备的有效运转率,目前成为各大生产企业的关

键突破点,提高生产设备运转效率成为提高企业盈利的必要手段。虽然企业在监测装置,数据采集与存储等方面做了大量投入,通过在线实时,在线非实时和离线等多种手段可获得关于设备状态的大量信息,但其仍着重于表象宏观的检查,缺乏深层次的分析和探究,不能将处理故障经验知识进行集中优化,快速及时解决设备故障,恢复生产。专家系统主要指的是一个智能计算机程序系统,其内部含有大量某个领域专

家水平的知识和经验,能够利用这些专家的知识 and 经验方法去解决该领域的疑难问题^[2-4]。基于知识规则的设备故障诊断专家系统基本思想是首先对领域专家提供的全部知识进行研究、提炼并归纳成规则形成规则库,然后通过故障特征描述与规则匹配判决来完成故障诊断^[5]。传统的专家系统在该领域具有深厚的积累,用产生式规则表达故障诊断知识是目前该类系统中应用最普遍的方法。产生式表示法自然直观,便于推理,格式清晰,因而在专家系统中得到广泛应用^[6]。设备故障的诊断原因和结果可以用借鉴产生式规则来描述系统对象状态关系。本文以液晶面板制造设备状态信息数据库为基础,建立相关知识规则库,将故障处理经验知识集中起来。加速推理机制,尽快在知识库中找出相关规则,完成液晶面板设备的故障诊断。

2 产生式规则

产生式规则表达自然直观,便于推理,可进行模块化处理,典型的规则表示采用“因子 & 因子 &...& 因子==因子 & 因子 &...& 因子”结构,即条件和结论形式^[7]。每条产生式就对应一个规则,每个规则包含一个条件部分和一个行为部分,所以规则式可以看作一个“条件-行为”对。设备状态的各項参数充当了条件部分,而警报和异常即是参数异常导致的行为。在某一时刻,主动实体的状态变化代表事件的发生,并通过规则式表示事件发生的结果。规则式采用“触发-响应”的形式书写。也可以将每条规则看成由左件和右件两个部分组成,左件相当于条件,右件相当于动作。左件和右件均由因子组成。

对于复杂故障时,会遇到多种条件下,产生各种故障结果。对于这种情况,左右件因子可以是多个,各个因子中间可以用“&”相连,表示“逻辑与”,语法形式如下:

〈因子〉&〈因子〉&〈因子〉&...&〈因子〉==
〈因子〉&〈因子〉&〈因子〉&...&〈因子〉

因子是规则中的最小单元,每个因子代表系统中的一个对象,因子名为该对象名,因子值代表该对象当前的状态。

例如:〈设备内部温度:220 ℃〉==〈设备状态:宕机〉

如果设备内部温度等于 220 ℃这一事件出现,即“设备内部温度达到 220 ℃”条件成立,规则得到满足,则执行“设备宕机”动作。

左件中因子名为设备内部温度,因子值为 220 ℃,右件中因子名为设备状态,因子值为宕机。采用产生式规则描述设备故障时,就是采用近似自然语言的逻辑规则表达式来描述设备故障。它具有与人的思维相似,直观,自然,容易理解,并且规则式有固定的格式,易于设计,控制,又易于进行一致性,完整性检测。

3 液晶面板生产设备故障诊断专家系统

一个完整的故障诊断专家系统,包括从信号测取,状态分析,决策形成到实施干预的全过程,因此其应具备以下基本功能:①故障检测及危害性预警功能。②故障原因诊断及潜在故障分析功能;③故障决策及必要操作建议功能;④吸收、更新故障决策信息、及时产生新规则的自主学习功能^[8]。设备故障诊断专家系统是针对处理带有随机性,突发性的多重复杂故障设计的实时人工智能系统,它由知识库、推理机、实时数据库、知识获取部分等构成。知识库用于存放领域专家判断故障的知识和经验,由产生式规则构成;推理机根据实时数据库中的知识进行逻辑推理判断做出结论;数据库用以存放各个设备状态以及故障信息,由 oracle 数据库软件和硬件服务器和存储构成;知识获取分为被动学习和主动学习环节,前期设备专家手动从人机交互界面键入和后期系统根据故障诊断自主学习两种方式。使得设备出现的故障解决时间越来越短,同时也使得故障处理经验得到共享。液晶面板生产过程中会应用到大量的制造设备,很多设备按照其功能和结构划分成不同大类,比如:涂布类,曝光类等。根据设备的部件和器件组成,采用分层描述和规则化描述方法对知识规则进行设计。从而将不同车间中同类设备或部件故障经验知识收集并共享起来,以便提升整个工厂设备的运转率。结合液晶面板生产设备实际情况和专家系统架构,某公司的液晶面板设备故障诊断专家系统结构设计如图 1 所示。

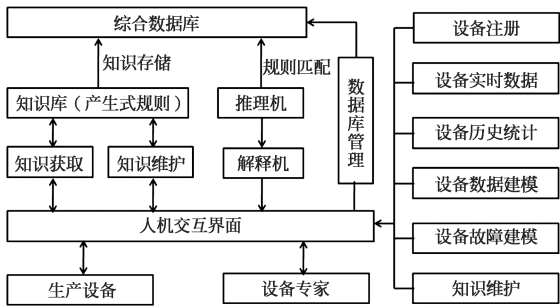


图 1 设备故障诊断系统结构

Fig.1 Structure of equipment fault diagnosis system

该专家系统前台主要包括：设备注册、设备实时数据收集、设备历史数据统计、设备数据建模、设备故障建模和故障知识维护界面。后台由知识库和综合数据库组成。其主要功能如下：

(1)该系统实时对已注册设备参数进行收集。若设备出现故障时，在人机交互界面中，提示异常（设置参数 SPEC）并告知相关设备人员（发送手机短信和邮件等）。同时通过设备状态参数采集到综合数据库中，以便后期对设备状态历史数据进行分析 and 故障预测。

(2)设备专家具有丰富的设备故障处理经验。在人机交互系统中，可以通过知识维护，将所拥有的知识，采用产生式规则的格式录入到数据库中，供其他人员共享。

(3)知识库用来形成设备故障诊断知识规则。规则库存储专家知识形成的产生式规则集，实例库存储所有事实案例。知识库与各模块交互通信，是专家系统的核心之一。

(4)推理机通过从设备状态数据库中相关设备状态信息，匹配到数据库中的各条知识规则，将最符合的那条规则找到并反馈到人机界面中，供相关操作人员进行查看。在规则库中查找不到相关规则时，可以提示操作人员，新增规则，进行知识维护。

(5)综合数据库用于存放收集到设备参数的基础数据和知识规则。该数据库在采用以故障现象驱动故障的推理机制时，它作为诊断系统的被动操作对象，主要提供设备的状态和特征数据，而在采用以设备状态驱动故障诊断的推理机制时，它还将作为诊断系统的主动操作对象，启动运行故障诊断推理过程。

知识库是故障诊断系统的核心。如何准确高

效地描述故障知识规则变得尤为重要。设备故障一般由某些异常因素导致，有很强的逻辑关系。同时产生式规则具有与人的思维相似，并有固定格式，所以采用产生式规则来描述设备故障并建立相应的知识库变得简单高效。

该人机交互界面采用 C# 平台设计开发，后台数据库采用 oracle 11g 产品，该系统前台包括多个界面，其中设备实时数据收集和设备历史数据界面，如图 2 所示。



图 2 人机交互界面

Fig.2 Interface of human computer interaction

该人机交互界面主要服务于现场设备的故障诊断和预警。包括：设备注册，参数注册，设备实时数据采集，设备历史数据收集，设备故障预警，设备故障诊断，知识库维护和设备故障解除等。设备故障远程解除是目前研究的重点方向，通过知识库提取的故障规则，找出设备故障原因。通过人机界面远程控制现场设备的多种传感器和控制器，从而实现设备的远程故障解除。

传统设备故障诊断方式往往通过有故障处理经验的专家人员来面对面指导或口口相传的方式实现设备故障诊断，在 7×24 h 的生产环境和有经验人员偶然不在岗情况下，设备故障却得不到快速的诊断和解决。结合过去半年内相关数据统计，从设备故障诊断的平均时间和 40 min 内解决

故障数两方面进行评价,如表 1 所示。

表 1 性能评价
Tab.1 Performance evaluation

项目	传统方式	专家系统	提升率
故障诊断 平均时间	48.5 min	31.3 min	35.5%
40 min 内 解决故障数	154	237	53.9%

从上表可以看出该专家系统相对于传统故障诊断方式在故障诊断所需的平均时间上降低了 35.5%,在 40 min 内解决故障数上提高了 53.9%。随着知识库自学习功能开启,该系统性能会逐步提高。同时实现资源共享是该系统另外一个重要特点,将各个车间相同类的设备或部件诊断经验收集到该系统中,通过相关权限的设置

和开放,使得各个车间能够访问系统,获得相同或类似设备故障的诊断经验和解决方法,提高了整个公司的设备运转率。

4 结 论

建立了一种液晶面板生产设备故障诊断专家系统,该专家系统中知识库由大量的产生式规则构成。产生式规则具有易理解,直观等方面的特点,有利于知识库的扩充,大大提高了设备故障诊断响应速度,降低了设备故障造成的生产成本。随着设备运行和故障处理经验的积累,还需要做以下三个方面工作:一是规则匹配效率的提升和相关规则一致性、完整性的验证;二是构建完善的远程故障和报警解除机制;三是利用大数据和云计算,实现故障知识与其他子公司的共享和服务。

参 考 文 献:

[1] 翟军华,苏通.液晶面板制造业中制造执行系统的设计与实现[J].液晶与显示,2014,29(1):60-64.
ZHA I J H, SU T. Design and implementation of manufacturing execution system for TFT-LCD manufacturing enterprises[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(1): 60-64. (in Chinese)

[2] 冷勇林,陈德旺,阴佳腾.基于专家系统及在线调整的列车智能驾驶算法[J].铁道学报,2014,36(2):62-68.
LENG Y L, CHEN D W, YIN J T. An intelligent train operation (ITO) algorithm based on expert system and on-line adjustment[J]. *Journal of the China Railway Society*, 2014, 36(2): 62-68. (in Chinese)

[3] 王冰,张洪泉,宋凯,等.多传感器集成氢气检测系统的知识推送故障诊断[J].光学精密工程,2015,23(6):1742-1748.
WANG B, ZHANG H Q, SONG K, *et al.* Fault diagnosis based on knowledge pushing in multi-sensor integration hydrogen detection system [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2015, 23(6): 1742-1748. (in Chinese)

[4] 高松,刘志刚,戴晨曦,等.牵引供电系统故障的基于模型诊断方法研究[J].铁道学报,2015,37(9):38-45.
GAO S, LIU Z G, DAI C X, *et al.* Application research of model-based diagnosis in fault diagnosis for traction power supply system [J]. *Journal of the China Railway Society*, 2015, 37(9): 38-45. (in Chinese)

[5] 高培先,符永鹏,张延练.基于规则专家系统的集成研发系统固有缺陷对策研究[J].计算机测量与控制,2011,19(7):1711-1714.
GAO P X, FU Y P, ZHANG Y L. Expert system theory based study of solution to inherent defects of integrated R&D system [J]. *Computer Measurement & Control*, 2011, 19(7): 1711-1714. (in Chinese)

[6] 梁洁,蔡琦,王晓龙.核动力系统神经网络故障诊断专家系统研究[J].原子能科学技术,2014,48(8):1479-1485.
LIANG J, CAI Q, WANG X L. Research on neural network fault diagnosis expert system of nuclear power system [J]. *Atomic Energy Science and Technology*, 2014, 48(8): 1479-1485. (in Chinese)

[7] 韩江洪,张亚琼,魏振春,等.基于规则的离散事件系统模型与规则匹配研究[J].系统仿真学报,2011,20(6):1394-1396,1419.
HAN J H, ZHANG Y Q, WEI Z C, *et al.* Research of rule-based model of discrete event system and rule matching [J]. *Journal of System Simulation*, 2011, 20(6): 1394-1396, 1419. (in Chinese)

[8] 李悠然,刘爱国,孙伟,等. 适用于核电厂 DCS 故障诊断专家系统的结构研究[J]. 原子能科学技术,2014,48(S1): 1048-1053.

LI Y R, LIU A G, SUN W, *et al.* Study on structure of fault diagnosis expert system for DCS of nuclear power plant [J]. *Atomic Energy Science and Technology*, 2014, 48(S1): 1048-1053. (in Chinese)

作者简介:翟军华(1984—),男,安徽合肥人,硕士,毕业于合肥工业大学计算机学院,合肥京东方光电科技有限公司资深高级工程师,主要从事 CIMS 维护与开发。E-mail:zhaijunhua@boe.com.cn

2016 中国平板显示学术会议
及征文通知(第二轮)

2016 中国平板显示学术会议(2016 CHINA FPD CONFERENCE) 将于 2016 年 9 月 22 日—24 日在合肥市召开。

作为每两年一次的全国最大规模、最高水平的平板显示学术交流大会,本届会议由中国光学光电子行业协会液晶分会和中国物理学会液晶分会联合主办,彩虹集团公司和合肥新站综合开发试验区联合承办,合肥市经信委、合肥市科技局、南京中电熊猫液晶显示科技有限公司、深圳市平板显示行业协会和南京平板显示行业协会联合协办。

会议形式为大会报告、分组报告、张贴报告、产品展示,旨在探讨和交流前瞻性的平板显示最新技术及发展趋势,展示中国平板显示产业的最新学术成果和先进产品。欢迎国内外从事平板显示相关行业的科研、教学、工程技术、产品开发、技术推广以及市场应用的同仁们踊跃投稿并参加大会。

一、征文范围

包括(但不限于): 1. 液晶显示;2. 有机发光二极管显示;3. 激光显示;4. 柔性显示;5. 3D 显示;6. 电泳显示;7. LED 显示;8. 其它显示技术;9. 触控技术;10. 显示材料与器件;11. 显示电子学;12. 显示制造与设备/装备;13. 显示测量与标准;14. 显示系统与应用;15. 实用性视觉/人性因素;16. 显示产业分析及市场。

二、征文要求

- 1. 稿件未在国内外其它会议或公开出版物上发表过。
- 2. 论文请参照《投稿要求和注意事项》撰写,以 Word 版的电子邮件投递,文章需有中英文的文章标题以及中英文的内容摘要(200 字左右)。
- 3. 经会议程序委员会评审录用的论文将编入《2016 中国平板显示学术会议论文集》,同时将推荐在《液晶与显示》和《光电子技术》杂志上发表。

三、征文截止日期:2016 年 8 月 10 日

四、会议网站:www.2016fpdchina.com 已经开通

五、会议秘书处

- 1. 参会咨询传真:0551-64420170;E-mail: hf2016fpdchina01@163.com
 联系人: 李楠楠女士 电话:0551-65680007 手机:15056059282
 谈丽女士 电话:0551-65686999-6619 手机:18956532266
- 2. 论文征集传真:0551-64420170; E-mail: hf2016fpdchina02@163.com
 联系人: 刘武站先生 电话:0551-65686999-6656 手机:18755189939
 齐小飞女士 电话:0551-65686999-6672 手机:13866668941