

冶金过程智能控制系统知识库开发的关键环节

唐少先¹ 陈建二^{1,2} 张泰山¹ 周永孝³

¹(中南大学信息科学与工程学院,长沙 410083)

²(Computer Science Dept.of A&M Univ.of Texas,U.S.)

³(韶关冶炼厂技术部,韶关 512024)

E-mail:tangcop1963@yahoo.com.cn

摘要 论文以国内外冶金智能控制技术发展为背景,针对冶金过程控制的特点并结合知识工程理论对知识库和知识原型的规划,知识获取和集成的方法进行了研究。在此基础上总结了一套方案作为深入探讨这一领域中的问题的一种形式。

关键词 智能控制系统 知识工程 知识集成 神经网络

文章编号 1002-8331-(2004)31-0225-05 文献标识码 A 中图分类号 TP301

Key-links in Establishing Knowledge Base of Intelligent Systems to Control Metallurgy Process

Tang Shaoxian¹ Chen Jianer^{1,2} Zhang Taishan¹ Zhou Yongxiao³

¹(Information Science and Engineering College of CSU.,Changsha 410083)

²(Computer Science Dept.of A&M Univ.,Texas,U.S.)

³(Shaoguan Leadmaking Co.,Shaoguan 512024)

Abstract: This paper is focused on the designing techniques of KB of intelligent systems to control metallurgy processes. Based on the features of metallurgy process control and the analysis of the development of metallurgy process intelligent control technology in some steelmaking Co.s of Japan and China, a knowledge prototype hierarchy and knowledge acquisition plan is presented. It is facilitate to explore this field.

Keywords: intelligent control system, knowledge engineering, knowledge integration, neural network

1 研究背景

冶金是一个涉及到传质、传热和复杂的化学反应的复杂工业过程,由于其强非线性和滞后性以及不规则的空间分布和不确定性,使得冶金过程控制难以通过一般的数学模型方式构造控制系统实现高效率控制。近年来,随着计算机系统性能不断提高,日本川崎制铁、日本钢管等厂家^[1-3]分别开发了烧结作业专家系统、焦炉作业专家系统、高炉智能控制系统等基于知识的、集控制和故障诊断于一体的控制系统,并取得了显著的应用效果。国内也有多个冶金企业(如武钢、邯钢、韶冶、株冶)^[4-5]也在这方面进行了尝试,取得了令人鼓舞的成果。目前,配料、烧结、高炉等过程的智能化控制已经作为一个节能增效、提高国际竞争力的重要措施被列入我国钢铁企业信息化发展计划^[6]。

从相关的计算机技术、传感器和检测设备、信息传输技术的发展情况来看,冶金过程控制智能化也已具备了较好的条件和可行性。高性能的服务器、接口设备;现场总线技术的推广^[1];一大批新开发的、利用超声、微波、激光高科技的检测设备^[1,2]如烧结层内湿度检测器、沿高度和宽度方向温度分布检测器、烧结矿碱度检测器、高炉入炉粒度检测器、炉顶料面形状检测器、软融带形状检测器、铁水温度连续检测器、钢水温度连续检测

器、钢水成份连续检测器等相继投入使用。这些设备方面的技术进步为冶金过程的智能化控制打下了良好的基础。

目前,通过大量的工程实践和理论研究^[4-8],对知识库开发的基本模式、原则和知识的集成的方法有了一定的认识。然而,从软件开发的角度来看,对于这样一类复杂的系统,开发实用性强的知识库仍然需要在现有的方法上不断探索和改进。另一方面,由于这类系统控制环节多、状态的描述十分复杂并与多种因素之间存在着复杂的动态关系,采用什么样的知识体系、以及用什么样的流程实施知识库的有序开发、知识的加工(求精和集成)采用什么样的方法和工具等等,都是需要深入探索的工程课题。

论文在知识工程的理论框架内,针对冶金工业控制的特点,结合笔者在钢铁厂、铅锌冶炼厂烧结过程智能控制的工程实践经验总结出了面向冶金过程控制系统的知识库开发所涉及的知识源、知识原型、知识处理的方案。为促进该领域的计算机应用的发展提供一些借鉴。

2 冶金过程控制的特点

钢铁冶金过程一般由原料配制、烧结球团、炼铁、炼钢、轧

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:90104028)资助

作者简介:唐少先,副教授,在职博士生,研究方向:模糊控制,智能系统。陈建二,教授,博士生导师,长江学者,教授,主要研究方向:计算机算法理论,系统优化理论。张泰山,教授,博士生导师,研究方向:模糊控制,智能系统等。周永孝,工程师,硕士。

钢等工序组成。

2.1 系统的特点

(1)产品的加工过程由若干个段(单元)组成,构成大规模递阶控制系统;(2)每个段有若干个控制输入量和传感器,输入/输出之间呈非线性关系并含有一定的不确定性因素;(3)生产设备复杂,设备本身的状态对产质量的影响很大(如大修时间间隔,传感器偏差状况);某一工段出现的故障可能会对整个系统形成瓶颈;(4)被加工的产品的形态的规范性较多,有可能是液态、粉状、颗粒状、块状(如烧结、冶炼等);(5)产品的质量依赖于各个段的质量控制;应当以总体质量,产量,成本目标和原材料供应条件为前提,合理地设置、优化各段的控制策略和相关参数;(6)这类工业流程的产品质量通常不能在线分析测定,难以连续精确地计算出质量状况,难以通过数学模型的方式建立控制规则,因此采用传统的方法难以实现高效的控制。目前国内许多该类型的系统还处于定值控制水平。

2.2 该领域知识的特点

目前冶金工业过程控制主要运用两种类型的知识:(1)基于化学和物理学原理的机理模型知识:一方面机理模型具有简明的结构和确定的定量描述,能够准确地确定产品状态,但由于描述的对象是微观物质导致它缺乏稳定的可观性和空间分布概括性,而且受到取样点和分析的及时性和开销的限制,实用效果不够理想。但随着高科技传感设备如烧结层内湿度检测器、沿高度和宽度方向温度分布检测器、烧结矿碱度检测器、高炉入炉粒度检测器、铁水温度连续检测器、钢水温度连续检测器、钢水成份连续检测器等相继开发成功,机理模型的应用方式也有所改变;(2)基于传感器和可观测现象的知识模型在时间、空间的复杂性以及表现方式的多样性方面具有很大的优势。这类模型可直接根据系统的传感设备信息和可观测现象对系统的状态作出及时的评估,因而具有较强的可操作性和实用性。尽管已经有了一些局部的成功例子,但由于开发这类知识库所涉及的因素多,对检测设备的先进性和偏差范围有较强的依赖性。但从工程意义上说,它的开发难度和规范性方面仍有一些问题需要探讨。

3 知识库的规划

3.1 主要知识源

(1)基于化学和物理学原理的机理模型知识一类重要的知识源。

(2)各类传感器,检测设备的使用经验(对系统状态的估计)和可观测现象的应用经验。

(3)系统状态的调节经验(包括输入参数的调节顺序、步骤和幅度及用于判断的信息)。

(4)从类似系统移植的知识。

3.2 知识类型和原型的确定

笼统地说,可运用于生产控制的知识是具有规范的表达形式、从相关知识源获取雏形后经过有效的知识处理的知识集合。知识类型和原型的确定是知识库开发的一个重要环节。下面根据冶金工业过程控制的特点和工程经验将该领域知识按四种类型进行获取,加工和维护并采用框架描述它们的原型。读者可以在这个基础上不断地补充、求精和集成来开发具体的知识库(下面提供的并不是一个完整的知识库)。

3.2.1 设备和产品状态确定规则

设备的状态包括设备的仪表和传感器的参数范围、偏差状态等;产品状态包括产品的形态特征、重要的化学成份分布范围、典型的物理性能指标范围等。但是,从控制器应用来说,系统状态应当是可观测的(在线或离线)参数集;因此,传感器参数范围、化学成份分布范围、物理性能指标范围的划分也决定了知识库描述系统行为的粒度。

(1)设备和产品状态框架类

框架名:框架名称	框架类:系统状态
槽名:产品状态框架	槽值:1:框架名称
槽名:设备状态框架	槽值:2:框架名称
槽名:子框价	槽值:框架名称 约束条件

(2)产品状态框架类

框架名:框架名称	框架类:产品状态
槽名:产品的形态特征	槽值:产品的形态特征表
槽名:仪表和传感器的参数分布	槽值:数据表
槽名:化学成份分布	槽值:数据表
槽名:物理性能	槽值:数据表

(3)设备状态框架类

框架名:框架名称	框架类:设备状态
槽名:部件 1 状态特征	槽值:部件名称 状况参数值分布
....
槽名:部件 k 状态特征	槽值:部件名称 状况参数值分布

3.2.2 非正常状态分析规则集

用于分析系统在运行过程中表现出来的非正常行为的原因。它包括设备的不良运行状态、设备故障的诊断和操作失误等。

(1)状态分析规则框架类

框架名:具体框架名称	框架类:状态分析规则
槽名:现象描述	槽值:框架名称
槽名:系统状态推断	槽值:框架名称
槽名:分析结论	槽值:框架名称
槽名:子框价	槽值:框架名称 约束条件

(2)分析结论框架类

框架名:框架名称	框架类:分析结论
槽名:设备状态	槽值:框架名称
槽名:本单元的不良操作	槽值:不良操作编号
槽名:前一单元输入到本单元产品的问题	槽值:问题编号

(3)现象描述框架类

框架名:框架名称	框架类:现象描述
槽名:传感器数据	槽值:数据表
槽名:质量分析数据	槽值:数据表

3.2.3 控制规则集

用于调节系统状态实现预定的控制目标。具体形式为:设备和产品状态+施加的控制量→下一时刻设备和产品的状态。

由于在实际应用中设备状态、产品初始状态、施加的控制量参数分布都可能会有一些偏差,应当考虑它们的偏差状况以提高知识的可用性。

(1)控制规则框架类

框架名: 框架名称	框架类: 控制规则
槽名: 前题条件	槽值: 框架名称
槽名: 控制行为	槽值: 框架名称
槽名: 参数相关性描述	槽值: 框架名称
槽名: 可信度描述	槽值: 数值表
槽名: 预期目标	槽值: 数值表
槽名: 子框价	槽值: 框架名称(约束条件)

(2) 前题条件框架类

框架名: 框架名称	框架类: 前题条件
槽名: 控制单元	槽值: 控制单元号
槽名: 设备状态	槽值: 框架名称
槽名: 产品初始状态	槽值: 框架名称

(3) 控制行为框架类

框架名: 框架名称	框架类: 控制行为
槽名: 控制量 1	槽值: 控制值 允许误差
.....
槽名: 控制量 k	槽值: 控制值 允许误差

(4) 预期目标框架类

框架名: 框架名称	框架类: 预期目标
槽名: 预期时刻设备状态	槽值: 框架名称
槽名: 允许误差	槽值: 数据表
槽名: 预期时刻产品的状态	槽值: 框架名称
槽名: 允许误差	槽值: 具体框架名称

(5) 参数相关度描述框架类

框架名: 框架名称	框架类: 参数相关度描述
槽名: 参数相关度 1	槽值: 某目标状态参数变化率/某控制量参数变化率
.....
槽名: 参数相关度 k	槽值: 某目标状态参数变化率/某控制量参数变化率

3.2.4 各控制单元控制目标规划与协调知识

用于合理地、有效地确定系统各个控制单元的控制目标。它不仅涉及到各单元之间的协调,而且还涉及到各目标的可行性、受各突发事件的影响程度。

(1) 全局性控制目标规划与协调知识框架类

框架名: 框架名称	框架类: 目标规划与协调
槽名: 总体指标	槽值: 数据表
槽名: 允许误差	槽值: 数据表
槽名: 控制单元指标 1	槽值: 数据表
槽名: 允许误差	槽值: 数据表
槽名: 采用的控制规则集	槽值: 框架名称列表
.....
槽名: 控制单元指标 k	槽值: 框架名称
槽名: 允许误差	槽值: 数据表
槽名: 采用的控制规则集	槽值: 框架名称列表
槽名: 子目标之间的藕合性	槽值: 框架名称
槽名: 可靠性描述	槽值: 框架名称

(2) 总体目标框架类

框架名: 框架名称	框架类: 总体目标
槽名: 原材料类型和指标	槽值: 数据表
槽名: 最终产品各项质量指标及允许误差	槽值: 数据表
槽名: 产量指标及允许误差	槽值: 数据表
槽名: 能耗要求及允许误差	槽值: 数据表

(3) 单元控制目标框架类

框架名: 框架名称	框架类: 单元控制目标
槽名: 单元	槽值: 单元号
槽名: 单元产品类型和相关质量指标	槽值: 数据表
槽名: 单元产量指标及允许误差	槽值: 数据表
槽名: 单元能耗要求及允许误差	槽值: 数据表

(4) 可靠性描述框架类

框架名: 框架名称	框架类: 可靠性描述
槽名: 目标	槽值: 所属目标名称
槽名: 最难实现的子目标	槽值: 子目标名称
槽名: 最难实现的单元控制目标	槽值: 单元名称及控制目标
槽名: 成功的实例	槽值: 实例表
槽名: 不成功的实例	槽值: 实例表

根据上述规划,知识库可分为四个知识单元:设备和产品状况知识单元,非正常状态分析知识单元,系统控制知识单元,目标协调与优化知识单元。其结构如图 1 所示。

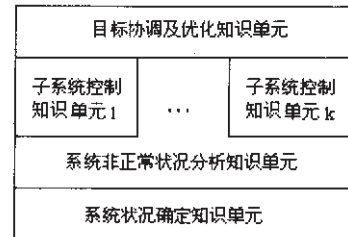


图 1 知识库结构图

3.3 特点

(1) 在这个知识原型中设计了十五类框架,每个框架都有若干个槽用于描述该框架的各方面的属性。这些框架类型的设计是基于国内外多个冶金类智能控制系统开发经验总结的。这些设计都有特定的冶金知识和冶金过程控制方面的针对性。它对于具体的工程开发具有一定的借鉴意义。

(2) 该节提出的基于框架^[9]表示的知识原型是一种具有层次化结构的知识表示系统(因为可通过设置特殊的槽—子框架,描述某框架在某约束条件下的内容),按自顶向下的顺序体现从抽象逐步具体化的描述方式,有利于知识体系在维护过程中根据需要进行扩充和求精。

(3) 每个框架的槽值可以是一个字符串,一个数据表,也可以是一个函数,还可以是另一个框架。因此,它具备很强的描述能力,有利于各类知识的集成。

(4) 由于框架的槽值也可以由一个函数描述,因此可以灵活地设计推理机制(比如增加某种非精确推理功能),并且可以有效地控制推理过程。

4 知识获取

知识获取是系统成败的关键。对于流程长、规模大、控制点较为分散的工业系统而言,知识获取工作的难度尤其突出。从工程的角度来说,应当贯彻以下几条原则:(1)从个别到一般,从定性到半定量,从简单到复杂,从局部到整体;(2)理论分析与实践经验相结合,在线传感信息与产品质量离线分析相结合;(3)利用知识工程的方法对知识进行加工和集成。

与系统控制相关的知识有许多,而且不同类型的知识的来源也有所不同。必须理顺它们之间的轻重缓急和相互之间的依赖关系,才能有效地完成这个十分有难度的工程任务。论文根

据大量的工程实践经验^[5-8]并结合第三节提出的知识库和知识原型的规划方案对知识获取和集成任务进行系统的分解,作为有效地完成该项任务的一个重要环节。

4.1 知识库中四类知识获取的顺序

根据第三节提出的知识库结构,知识库内有设备和产品状况知识,典型实例知识,子系统控制知识以及目标协调与优化知识。这四类知识的表达形式、包含的要素、定量化程度、来源都具有较大的差异。下面是根据理论分析和工程经验建立的四类知识特点对比表。

表 1 四类知识特征对比

特征 \ 类型	设备和产品状况确定知识	非正常状态分析知识	控制量确定知识	目标协调与优化知识
所涉及因素数量	较少	比较多	比较多	很多
抽象化程度	低	低	较高	高
定量化程度	范围	精确	范围	接近精确化
依赖关系	对其它三类无依赖	对第一类有依赖	对第一、二类有依赖	对第一、二、三类有依赖

根据这四类知识的复杂程度、相互依赖关系、精度要求等特点,这四类知识的获取顺序可确定为:设备和产品状况确定知识,非正常状态分析知识,各单元控制规则知识,目标协调与优化知识。

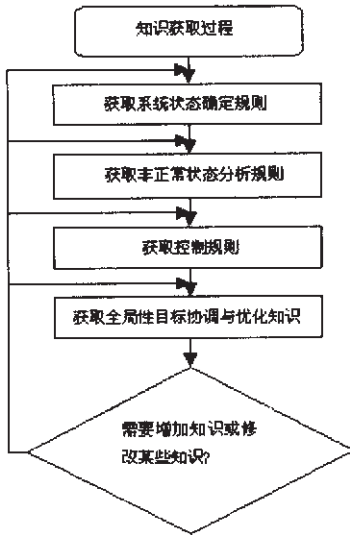


图 2 知识获取主流程示意图

4.2 知识获取任务的分解

首先,知识获取这个复杂的任务可以分解成设备和产品状况确定和划分、非正常状态知识获取、各控制单元的控制规则获取、全局性目标协调与优化知识获取四个子任务。然后再根据这些子任务各自的特点将这些子任务进一步细分成比较单纯的、易于操作的子任务。具体分解如图 3~5 所示。

上述分解仍然是比较粗的,在具体工程实践中还要结合具体情况作详细规划。其中有些部分涉及到知识集成技术。下面介绍几种可用的方法。

4.3 相关的知识处理

由于冶金系统的工艺流程一般比较长,从操作专家那里直接获得的知识一般还受到其观察面的局限,难以将整个系统的多个因素联系起来考虑。因此,它的实用性受到一定的影响;另一方面,作为经验,在描述精度上也与工程应用有一定的距离。

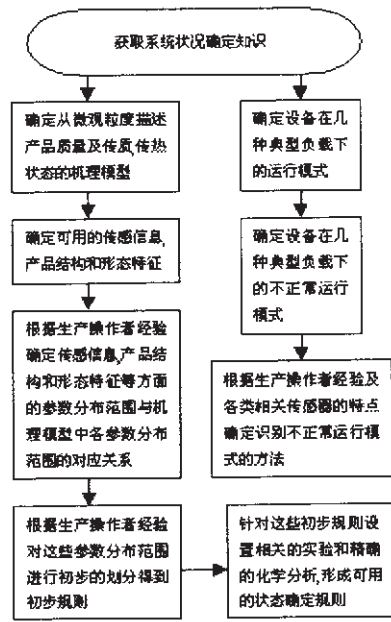


图 3 设备和产品状况确定和划分任务分解示意图

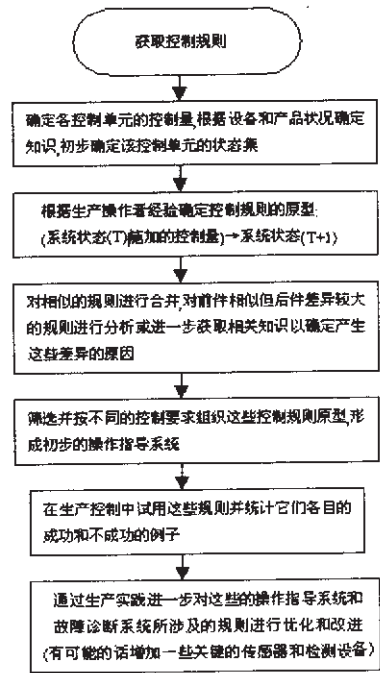


图 4 控制规则知识获取示意图

因此,需要有针对性地采用一些知识处理技术对直接获得的知识进行加工。从工程应用的角度来看,知识求精和知识集成两类技术具有较高的应用性。但必须以具备充分的样本数据和数据筛选为前题。

方法 1——利用模糊系统优化技术^[10]

从机理模型表示逐步向模糊系统表示进化。运用模糊集表示传感器参数的分布区段;利用模糊规则表示系统内复杂的关系;利用相关的模糊系统优化技术对传感器参数的分布区段进行有效地划分,提高知识的精度^[4,5]。系统的状态的变化往往与较多的因素相关。例如烧结机的透气性状态与铺料厚度、返矿类型、精矿/粉矿比例、湿度等因素关系密切,但究竟是一个怎样的关系难以用精确的数学模型表达,但却可以通过适当的模

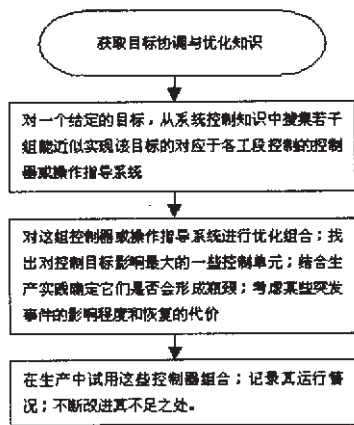


图5 目标协调与优化知识获取任务分解示意图

模糊和模糊规则表示(已在川崎制铁水岛厂应用^[2])。这方面的应用研究和实践已经取得了较大的成效^[2]。尤其是近年来模糊系统优化技术的发展使得可以利用积累数据对模糊集的划分进行优化^[10],从而使得该项技术更加实用。该方法可用于设备和产品状况确定和划分任务和局部控制规则获取。

方法2——利用神经网络技术对多因数关联情况进行局部三角化藕合分析并找出影响最大的因素。当一组参素对一组状态产生影响时,从知识工程的角度来说,首先应当搞清楚这些因素的影响方式和影响幅度。通过神经网络技术对大量的数据进行处理后可以在局部上建立它们之间的线性关系^[7,8]。通过正交化处理后该线性关系等价于一个正交变换和一个三角变换的复合。由此可确定这些因素对这组状态的影响方式,为知识的求精和集成提供依据。目前,中国冶金研院已开发了相关的神经网络工程应用软件包^[7]。该方法可用于局部控制规则获取但必须处理好数据的采集和筛选。

加工模式3——利用决策树(ID3算法)^[10]对敏感区域内传感器参数的分布区段的对应关系进行较为精确的定位;同时该方法也可同时考虑多个因素的影响,是一种对知识进行集成的

(上接224页)

差基本上没有了。经过两次小波变化,图像的数据被压缩了4倍。根据需要的精度要求,上述过程可以继续下去,理论上可以得到相当高的压缩比。

5 结束语

论文介绍的工作得到了中国重庆市政府科技攻关项目的资助,CT图像由西南医院肝胆外科研究所提供。基于CT图像的肝脏三维重建系统实现了肝脏及其内部管道的三维重建,肝脏虚拟切割,已经初步开发完成并在西南医院应用,使得医生可以快速、安全和有效地利用医学数据,进一步提高了肝脏外科手术的精确性和安全性,达到最大限度地减小手术创伤、缩短手术时间、提高手术成功率、减少医疗费用及促进病人康复的目的。具有十分重要的临床意义和较高的实用价值。该三维重建与模拟手术平台可利用在计算机辅助解剖教学中,为医疗教学、研究起到良好的示范效果。同时加快提高医生的医疗技术及临床经验,对年轻医生的迅速成长有较好的促进作用,具有巨大的经济效益与社会效益。需要强调的是,该项目研究成

工具。该方法可用于单元控制器的优化。

上述方法具有一定的辅助作用,但相关的数据的采集和筛选、验证工作十分重要和繁多。应当在系统开发和维护过程中严格地将这些工作规范化、程序化。

5 总结

论文对冶金过程控制的特点进行了概括,结合工程开发经验提出了这类系统的知识库规划和知识获取的要点;列举了一些实用的方法。对于促进该领域计算机技术的应用具有十分积极的意义。(收稿日期:2004年5月)

参考文献

- 1.胡安仁.钢铁工业自动化的新技术(上)[J].冶金自动化,2001;25(1):1~4
- 2.胡安仁.钢铁工业自动化的新技术(下)[J].冶金自动化,2001;25(2):6~11
- 3.H Tanaka, M Yasuno, H Oshinma. Application of fuzzy inference for coke oven[C]. In: Ironmaking Conf Proceedings, 1992; 75: 509~513
- 4.刘祥官.烧结优化专家系统在济钢的应用[J].冶金自动化,2001;25(2):15~19
- 5.张卫华.钢转炉优化操作智能决策支持系统的研究与应用[J].冶金自动化,2003;27(4):27~29
- 6.刘浏.智能炼钢厂关键技术的研究与发展[J].冶金自动化,2000;24(6):1~5
- 7.王旭旸,罗公亮.面向工程应用的模糊神经网络开发工具[J].冶金自动化,2001;25(1):11~16
- 8.刘漫丹.裂解炉燃料气热值的模糊神经网络软测量技术[J].计算机集成制造系统——CIMS,2003;9(9):412~416
- 9.何新贵.知识处理与专家系统[M].北京:国防工业出版社,1990:1~59
- 10.Serge Guillaume. Designing Fuzzy Inference Systems from Data: An Inter-pretability-Oriented Review[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2001;9(3):426~430

果及技术和方法可推广在人体其他器官和组织的医学分析、研究中,发挥巨大的作用。

在数字化肝脏技术方面还有许多工作要做,包括图像的自动分割、肝脏内部管道的同时区分性显示,病灶的自动提取与分割等都是今后继续研究的课题。(收稿日期:2004年8月)

参考文献

- 1.Yang Hua, Tian Jie. New Medical Image Segmentation Algorithm Based on Gaussian-Mixture Model[C]. In: Proceedings of Optics and Optoelectronics Inspection and Control: Techniques, Applications and Instruments, Beijing, 2000; 4224: 40~44
- 2.Zhao Mingchang, Tian Jie, He Hui Guang et al. A Surface Reconstruction Algorithm for High Resolution Medical Images[C]. In: Proceedings of International Conferences on CAD&CG 2001, International Academic Publishers, Kunming, China, 2001; 1: 286~290
- 3.田捷, 诸葛雯, 王靖等. 三维医学图像处理与分析系统[J]. CT理论与应用, 1999; (2): 39~43
- 4.唐泽圣等. 三维数据场可视化[M]. 第一版, 北京: 清华大学出版社, 1999

冶金过程智能控制系统知识库开发的关键环节

作者: 唐少先, 陈建二, 张泰山, 周永孝
作者单位: 唐少先, 张泰山(中南大学信息科学与工程学院, 长沙, 410083), 陈建二(中南大学信息科学与工程学院, 长沙, 410083; Computer Science Dept. of A&M Univ. of Texas, U.S.), 周永孝(韶关冶炼厂技术部, 韶关, 512024)
刊名: 计算机工程与应用 **ISTIC PKU**
英文刊名: COMPUTER ENGINEERING AND APPLICATIONS
年, 卷(期): 2004, 40(31)

参考文献(10条)

1. 何新贵 知识处理与专家系统 1990
2. 刘漫丹 裂解炉燃料气热值的模糊神经网络软测量技术[期刊论文]-计算机集成制造系统-CIMS 2003(09)
3. 王旭旸;罗公亮 面向工程应用的模糊神经网络开发工具[期刊论文]-冶金自动化 2001(01)
4. 刘浏 智能炼钢厂关键技术的研究与发展[期刊论文]-冶金自动化 2000(06)
5. 张卫华 钢转炉优化操作智能决策支持系统的研究与应用[期刊论文]-冶金自动化 2003(04)
6. 刘祥官 烧结优化专家系统在济钢的应用[期刊论文]-冶金自动化 2001(02)
7. Serge Guillaume Designing Fuzzy Inference Systems from Data:An Inter-pretability-Oriented Review[外文期刊] 2001(03)
8. H Tanaka;M Yasuno;H Oshinma Application of fuzzy inference for coke oven 1992
9. 胡安仁 钢铁工业自动化的新技术(下)[期刊论文]-冶金自动化 2001(02)
10. 胡安仁 钢铁工业自动化的新技术(上)[期刊论文]-冶金自动化 2001(01)

本文读者也读过(10条)

1. 魏浩. 李忠虎 热风炉燃烧智能控制系统研究[会议论文]-2010
2. 蒋理 冶金信息资源在Internet上的开发与利用[期刊论文]-特钢技术2001, 9(3)
3. 张英建 智能控制在浓相输送系统上的应用[学位论文]2007
4. 茅益明 网络环境下冶金信息资源的开发、利用和建设[期刊论文]-现代图书情报技术2000(z1)
5. 陈抒昊 基于Web的数据服务系统在冶金企业中的应用[学位论文]2005
6. 梁雪军, 邝红亮, 吴琼 焦炉除尘自动控制系统实现与应用[会议论文]-2008
7. 顾德南, 吴崇浩, 陈琦, Gu Denan, Wu Chonghao, Chen Qi 论冶金专业服务平台之建设[期刊论文]-数字图书馆论坛 2010(10)
8. 杨建华, 王涛 冶金企业信息化体系与技术路线研究[期刊论文]-冶金自动化2004, 28(z1)
9. 孟杰, 贾成厂, Meng Jie, Jia Chengchang 智能控制在粉末冶金技术中的应用[期刊论文]-粉末冶金技术2005, 23(5)
10. 支永涛, 曹俊义, ZHI Yong-tao, CAO Jun-yi 轧辊退火热处理炉自动控制系统[期刊论文]-工业加热2006, 35(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjgcyyy200431073.aspx