

xuanmei kongzhi xitong de zhineng jisuan moxing

选煤控制系统的 智能计算模型

● 史有群 著

中国矿业大学出版社

选煤控制系统的 智能计算模型

史有群 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书前面两章在分析了基本跳汰工艺选煤的生产及其过程控制系统的基础上,利用面向 Agent 计算原理和方法,提出一个面向 Agent 的跳汰选煤 MAS 总体框架结构;后续章节介绍了与工艺系统中各环节相适应的数值分析、模糊计算、神经网络计算、专家系统等智能计算模型,这些计算模型构成 Agent 的内核;并讨论了处于不同层次和角色的 Agent 的组织结构;最后讨论了 Agent 运行和通信的平台并给出了基于 Petri-Net 的调度协作模型。

图书在版编目(CIP)数据

选煤控制系统的智能计算模型 史有群著. - 徐州:
中国矿业大学出版社, 2004. 3
ISBN 7-81070-997-6

I. 选… II. 史… III. 智能计算机—应用 选煤
IV. TD94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 113379 号

书 名 选煤控制系统的智能计算模型
著 者 史有群
责任编辑 钟 诚
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏徐州新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 850×1168 1/32 印张 4.75 字数 130 千字
版次印次 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷
定 价 20.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

目 录

1 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 智能主体 Agent	3
1.3 智能计算	6
1.4 智能控制与 Agent	9
1.5 淘汰选煤理论与实践	15
1.6 CIMS 与 e 制造	20
1.7 本书探讨的问题	22
2 Agent 的结构与面向 Agent 的方法	26
2.1 Agent 及其特征	26
2.2 Agent 结构模型	28
2.3 Agent 的角色	31
2.4 Agent 知识表达与推理	32
2.5 Agent 对象通信	34
2.6 Agent 计算原理	36
2.7 多 Agent 智能系统实现方法	41
2.8 小结	47
3 面向 Agent 的淘汰工艺过程总体计算框架	49
3.1 淘汰选煤过程描述	49
3.2 多 Agent 计算的参考框架	56
3.3 面向多 Agent 的淘汰选煤智能计算框架	58
3.4 Agent 的协作关系	65

3.5 小结	69
4 粒群特性分析模型	71
4.1 原煤可选性分析	71
4.2 跳汰制度描述	77
4.3 分选效果检查	80
4.4 粒群特性分析	83
4.5 小结	87
5 面向 Agent 的智能控制模型	89
5.1 床层状态 Agent	89
5.2 入料控制 Agent	93
5.3 跳汰强度控制 Agent	95
5.4 排料控制 Agent	105
5.5 小结	107
6 Agent 的管理与通信	109
6.1 Agent 服务器	109
6.2 Agent 状态调度	112
6.3 Agent 通信	116
6.4 多 Agent 协调与组织	125
6.5 小结	133
7 总结	134
参考文献	137

1 绪 论

1.1 引 言

伴随着科学技术的迅速发展,先进的制造(生产)系统正向着信息化、柔性化和敏捷化方向发展,人们面临和所须解决的问题也日益复杂多变。工作行为的复杂化,对计算分析和控制的要求不断提高。比如许多系统无法建立精确的数学模型,有时甚至模型本身就不确定,还由于系统的分布特征,使系统具有高度的非线性。就具体的生产实践来讲,一个系统中往往包含理论、技术、制度、实践经验等多方面的内容,就更增加了系统的复杂性^[1]。

近年来,选煤企业综合自动化水平的提高,特别是 CIMS 系统的实施,需要实现企业内部信息的集成,也对工艺过程控制的集成和柔性提出了更高的要求。基于跳汰设备的选煤工艺系统就是一个多因素影响、各参数互联耦合、非线性时变的复杂系统,它是选煤厂 CIMS 车间自动化的主要内容^[2]。通过智能控制理论发展和应用研究,人们提出了一些智能控制方法应用于生产实践,但大多局限于局部的检测点和控制点,这样的分散控制并不等于分布控制,容易形成一些独立的计算或控制系统或者说是自动化“孤岛”,不利于整个工艺系统的协调以及满足生产和控制的柔性要求。

随着 Agent 技术的深入研究,其知识的表达、对环境的感知、响应以及跨平台的通信协作使得复杂的智能控制系统特别是分布式控制系统更具开放、智能和灵活性,也为我们研究跳汰工艺系统

的仿真和控制系统提供了新的思路和方法。

选煤工艺过程是一个典型的连续流程,无论一个局部的(如:入料控制、水量控制或排料控制)计算模型、控制方法怎样精确、有效,对于整个流程来讲,并不一定能够得到全局的优化。生产实践中,更强调的是全过程的连续性和协调性。

本文从全局系统的观点出发,在充分理解整个跳汰选煤工艺过程的基础上,把原煤性质分析、跳汰制度的制定和选择、床层状态检测、强度控制、排料控制和产品分析等看成一系列既连续相关又相对独立的多 Agent 联合系统。利用面向 Agent 的分析设计方法、Agent 计算原理,提出一个面向 Agent 计算的总体框架。在这个系统中,数值分析、模糊计算、神经网络计算、专家系统等正是体现 Agent 智能特性的主要内容,把利用这些智能计算原理、方法所建立的有关工艺分析计算、协调控制、系统辨识和学习等计算模型引入到处于不同层次和角色的 Agent 中,就构成了一个面向跳汰选煤工艺的多 Agent 系统(MAS; multi-agent system)。

关于 Agent 的信念、意图、行为规范、协作策略等方面还没有完善的理论体系和成熟的实现方法,我们借助于 FIPA 的参照体系,对系统所需求的平台进行了研究,描述了 Agent Server 的结构、通信方式,并给出了 Agent 的状态和资源调度的 Petri Net 模型。

总之,本文所讨论的计算模型以跳汰选煤生产控制系统为背景,把系统的智能计算模型与 Agent 的思想、概念和方法相结合,把 Agent 从概念模型映像到物理模型。就所能实现的控制系统体系结构来讲,可以是集中式的,更应该是分布式的。这一尝试,为解决复杂系统的控制等问题提供了一个新的思路和途径。

1.2 智能主体 Agent

对复杂系统建模与仿真的技术需求来自现实世界应用领域问题的求解。在信息技术和控制技术迅速发展的今天,最有效的手段就是要立足于网络和分布式的计算环境。Agent 被描述成在这一环境中,既有明确分工又相互协作共同完成计算任务的计算单元。

Agent 概念最初由美国 M. Minsky 教授提出^[1],用来描述一个具有自适应、自治能力的硬件、软件或其他任何自然物和人造物,不久,在人工智能的各相关领域中掀起了基于 Agent 技术和基于 Agent 系统的高潮,并发展成为一种新的计算模型。

那么,究竟什么是主体? Hewitt 指出,什么是主体对于基于主体的计算来说是个尴尬的问题,就像人工智能主流研究中什么是智能这个问题一样,还没有找到一个大家都能接受的定义。就人工智能(AI-artificial intelligence)这个概念本身来讲,有两种定义方法,一是 S. Russell 的“AI 是对存在于环境、感知和行为中代理体的研究”^[11]。另一种是 Hayes Roth 的“人工智能是计算机科学的一个分支,他的目标构造能表现出一定智能行为的主体(Agent)”^[12]。所以,Agent 是人工智能的核心问题。Stanford 大学计算机科学系的 Barbara Hayes-Roth 在 IJCA'95 特别报告中谈到,智能的计算机主体既是人工智能的最初目标,也是人工智能的最终目标。一般认为,主体是处于一定环境下的计算系统,为实现设计的目的,能在一定环境下灵活地、自主地活动。

20 世纪 70 年代 AI 研究的物理符号假设,认为智能任务可以通过对符号的内部表示进行操作的进程实现,“符号的内部表示 + 推理进程”构成了 Agent 的雏形^[6]。20 世纪 70 年代末到 20 世纪 80 年代初,随着计算机科学的进展,基于 Agent 的计算模型,可以

模拟更为复杂的人类智能行为。实用型的分布式系统中多个 Agent 合作完成任务的需求,促进了多 Agent 系统的研究^[7]。20 世纪 80 年代以后,关于 Agent 的研究和应用得到了迅猛的发展,来自不同应用领域研究者构造了各自所需的软件系统,如用于接口上的 intelligent interface, adaptive interface; 用于知识处理 (Knowbot) 和网络通讯的 Userbot 和 Netbot 等^[8-10]。与其相关的软件系统体系结构、语言、逻辑程序设计也同时得到了显著的发展,如面向 Agent 的程序设计 AOP、Agent 开发环境 Sodabot 及 Kidsim 和基于 Agent 的软件工程等^[11-14]。

进入 20 世纪 90 年代以来,随着网络计算和 DAI (Distributed Artificial Intelligence) 理论和技术的发展,为智能系统的研究提供了突破 ES (expert system) 构造框架的途径,形成了新的研究热点。把一个复杂系统划分为分析、分解、求解等许多具有相对独立功能的子系统单元,并引入 MAS 的概念。这些不同功能和结构的 Agent 通过接口的通信进行协作,来完成系统的总体目标,体现了依靠多个领域专家的知识、经验减低问题求解复杂性的智能行为。

在 MAS 的研究中,人们试图赋予 Agent 更多的理性或者心智,从意识的立场出发把信念 (belief)、愿望 (desire) 和意图 (intention) 当作其基本的思维属性 (简称 BDI)^[1]。Agent 的 BDI 不同于人们所熟悉的知识表示和推理,它是对思维过程的一种深层次描述,为的是适应 MAS 求解过程中环境的多变,在突发事件发生的情况下,保证理性、一致的合作行为。

但在实际 Agent 实现过程中存在着理论和实践的分离。Rao 认为,对描述逻辑的定理证明和模型检查的复杂性问题还没有充分讨论,所以已实现的 BDI 系统都趋向于把三个主要的思维属性看作数据结构而不是模态算子,实际的系统往往作出过分简化的假设,以至缺乏坚实的理论基础^[16]。Woodridge 指出,以模态逻

辑加可能的世界语义阐述的 Agent 理论只能进行抽象的描述,总的来说都无法以常规的方式来付诸实践。原因之一是所使用的逻辑描述和实际的 DAI 之间缺乏清晰的关系,特别是,可能世界模型对实现系统来讲过于抽象;其二是这些描述逻辑对 Agent 的推理功能都作了不现实的设定^[17]。

德国 Fisher 和 Muller 等人从工程角度设计了一种混合分层主体结构 INTERRAP^[51],将反应、慎思和协作能力结合起来,并把控制由底向上划分为行为层(BBL)、本地规划层(LPL)和协作规划层(CPL),相应的知识库也被划分为世界模型、心智模型和社会模型三层,规定了不同层次对应于不同的功能水平,定义了思维状态的种类和修正这些思维状态的基本功能及感知行为之间的功能关系。

MAPE 也是一种混合结构的主体,每个主体包含感知、动作、反应、建模、规划、通信、决策等模块^[19~21]。主体通过感知模块反映现实世界,并对环境信息作出一定的抽象。如果感知的信息复杂,则信息被送到建模模块进行分析。模型也不是一成不变的,主体可以根据感知的情况、以往的经验修正对世界所建立的模型。规划模块向决策模块提供动作的序列,由决策模块来决定执行、暂停还是重新规划,使用通信语言实现多主体的协作或协商。

Shoham 提出了 AOP 的框架,采用思维状态模型从现实系统的角度来讨论 Agent 所应有的结构和特性。Tambe 基于联合意图理论,建立了队模型^[22],由队状态和队算子组成。队状态是关于队构成的描述,队算子表示对联合行动的承诺。Jennings 分析了复杂环境下 Agent 合作问题求解中由于缺少联合意图的支持而导致混乱的情况^[23],提出了联合责任模型,并指导 GRATE 的设计。

国内的研究情况大致来说滞后几年的时间,一些研究和学术机构如航天总公司二院、北京航空航天大学、国防科技大学、哈尔

滨工业大学等发表了不少综述性的文章,应用成果性的文章较少。姚郑等关于多功能感知系统设计报告^[21]使用 Agent 的高层定义是一个比较明确的应用范例。

1.3 智能计算

智能计算(Intelligent Computing)到目前为止并没有明确的定义,它是传统的人工智能(AI)在认识、表达和模拟人类智能行为方面的发展结果。传统的 AI 致力于以语言或符号规则的形式来表达和模拟人类的智能行为,由于知识获取和表达的复杂和艰巨,符号运算限制了传统 AI 理论的可应用领域。

目前人们已经认识到,复杂的实际问题需要智能系统对各种不同来源的知识、技术和方法进行组合。希望这些智能计算模型在特定的领域拥有像人类一样的专门知识,来解决问题。同时,协同地而不是相互排斥地采用几种计算技术更具有优越性。设计这类智能系统的精髓就是神经-模糊计算,其中神经网络负责识别模式和按变化的环境进行自适应调节;模糊推理系统包含对人类知识进行推理和决策^[22]。图 1-1 是我们所理解的一般意义上的智能系统的结构框图。

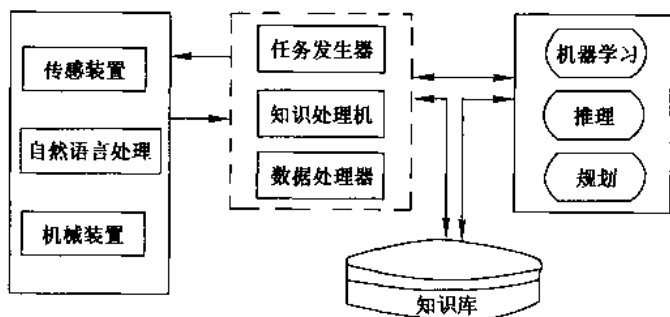


图 1-1 智能系统

1.3.1 神经网络

受生物神经系统的启发,许多学者,特别是脑建模者,开发出一种崭新的非算法的信息处理方法,即人工神经网络。他们以互连结构将人脑建模成连续时间的非线性动态系统,试图摹仿人脑机制以模拟智能行为。在这种互连机制中,以大量互连神经元(或处理单元)之间权值的分布表示代替以往的符号结构化表示。在算法中它不需要关键决策流。

一个阈值单元(TLU, threshold logic unit)神经网络如图 1-2 所示,可以使用逻辑电路实现,也可以用软件实现^[26~28],被称为具有简单“刺激-响应”(stimulus response)特征的 Agent。

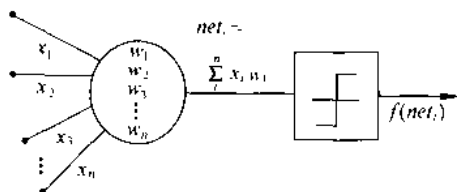


图 1-2 阈值单元(TLU, threshold logic unit)

1.3.2 模糊集合理论

人脑可以理解由感知器官提供的不精确的传感信息。模糊集合理论提供了系统的、以语言表示这类信息的计算工具,通过使用由隶属函数表示的语言变量,它可以进行数值计算。另外,合理选择模糊 if-then 规则是模糊推理系统(FIS)的关键因素,它可以有效地对特定应用领域中的人类专门知识进行建模^{[23][29]}。

尽管模糊推理系统拥有模糊 if-then 格式的结构化知识表示,它仍缺少对变化的外部环境进行适应的能力。因此,我们将神经网络中学习的概念引入到模糊推理系统,产生神经模糊建模,它

是智能计算中的关键技术。各种智能计算以神经模糊建模为核心,其工作特性可以归纳如下:

1. 人类的专门知识

智能计算以模糊 if-then 规则形式及传统的知识表示形式来使用人类的专门知识,解决实际问题。

2. 受感于生物的计算模型

受生物神经网络的激励,计算中大量使用人工神经网络来处理有关感知、模式识别、非线性回归与分类的问题。

3. 数值计算

与符号 AI 不同,智能计算依赖于数值计算。由于其数值计算特性,计算可以找到比传统 AI 方法更广阔的新的应用领域。这些应用领域大多需要强化计算,包括自适应信号处理、自适应控制、非线性系统辨识、非线性回归和模式识别。

4. 无模型学习

神经网络和模糊推理系统能够只利用目标系统的采样数据来创建模型。对目标系统的深入了解可以有助于建立初始的模型结构,但并不是缺它不可的。

5. 强化计算

神经-模糊和计算不需要很多待求解问题的背景知识,而主要依赖于大量快速的运算从数据集中寻找规则或规律。

6. 容错性

神经网络和模糊推理系统都有好的容错性。从神经网络中删除一个神经元,或从模糊推理系统中去掉一条规则,并不破坏整个系统,相反,由于具有并行冗余结构,系统可以继续工作,尽管性能质量会有所下降。

7. 目标驱动特性

智能计算是目标驱动,从长远看是在向目标迈进,至于路径规则无关紧要。这一点对于诸如遗传算法、模拟退火和随机搜索方

法等非导数优化方案都是成立的。

8. 实际应用

大多数实际问题的规模很大,还存在不确定性,这就妨碍需要对解决问题进行详尽描述的传统方法的应用。智能计算是一种集成的方法,对于多个子系统可以采取不同的技术,以便找到问题的满意解。

1.4 智能控制与 Agent

1.4.1 智能控制

一种控制方式或控制系统,如果具有仿人的某些功能,就能有效地克服被控对象(过程)和环境所具有的高度复杂性和不确定性,并可达到所期望的目标,我们称这种控制方式为智能控制,称这种控制系统为智能控制系统。

智能控制的概念是在对基于模式识别的学习控制系统的研究中逐渐形成的。1971年傅京孙从研究自学习控制系统入手,概括了智能控制是自动控制与人工智能的交集。1977年, Saridis 以智能机器人的控制为主要研究背景,从研究机器智能的角度提出了智能控制是自动控制、人工智能控制及运筹学的交集,并提出了分级递阶智能控制的结构和方法;Astrom 提出的专家智能控制则是将专家对被控对象和控制过程的知识、经验等融入控制器的设计与控制策略中,都对智能控制研究和发展起了重要的推动作用^{[60][61]}。

智能控制系统可认为是一种能在各种复杂的不确定环境中,以一个或多个常规控制系统为“执行机构”,以这种复杂过程为“控制对象”面向目标任务的自动控制系统。它具有多层次系统结构,能利用知识进行推理、学习与联想。一个好的智能控制系统应能

满足多目标与高性能指标的要求,对环境干扰与不确定因素具有鲁棒性,对故障具有屏蔽和自恢复能力;系统有在线实时响应能力,能适应对象特性、运行条件等变化,并具有友好的人-机界面,便于操作与维护。

智能控制面对不同的应用领域有着各种形式和结构,如分层递阶智能控制、分布式智能控制、仿人智能控制、专家控制、模糊控制、神经网络控制以及(自适应)模糊、神经网络控制等^{[43][44][46]}。智能控制一个最有生命力的思想就是将知识和智能控制器结构直接联系起来。它的主要特点是:

(1) 智能控制的核心是高层控制,其任务在于对实际环境或过程进行组织,即决策和规划,实现广义问题求解;

(2) 同时具有用知识表示的非数学的广义模型和用数学模型表示的混合系统的开发工具;

(3) 定性决策和定量控制相结合的多模态组合控制。

智能控制正处于发展过程中,还有许多问题需进一步研究:

(1) 探讨新的智能控制理论;

(2) 研究智能混合系统的开发工具;

(3) 利用现有的非线性技术分析闭环系统的特性;

(4) 研究如何利用智能混合系统解决工程实际的复杂问题。

1.4.2 模糊控制技术

模糊控制 FC(Fuzzy Control)是以模糊语言变量为基础的一种计算机数字控制。它是从行为上模拟人的决策过程的一种实用控制方法。该方法适用于对难以建模的对象实施鲁棒控制,而且最终控制形式简单、易于实现,其控制的效果取决于是否正确、全面和有效地将操作人员的控制经验总结为一系列控制规则。该法已在工业过程控制等领域中发挥着重要的作用。最近的高性能模糊控制器具有自学习功能,可在控制过程中不断获取新的信息并

自动地对控制量作调整,使控制系统性能大为改善,其中以基于人工神经网络的自学习方法引起了人们的极大关注^{[1][2][4]}。

1.4.3 人工神经网络控制技术

神经网络控制是智能控制中另一种流行的方式^{[2][4][1]}。人工神经网络 ANN(Artificial Neural Networks)是模拟人脑神经元的活动,由大量的神经元组成。它利用神经元之间的连结与权值表示信息,构成计算系统,因此具有分布存储信息的特点。由于每个神经元都可接收到信息,并作独立的运算处理,然后输出给相连的神经元的输入端,这表现了一种并行处理能力,即 ANN 对一个特定的输入信息,通过前向计算产生输出信息,它的各个输出逻辑概念或信息值是同时被计算出来的。在输出信息中通过输出比较信息值的大小表示一个特定的解,这体现了 ANN 的并行推理的能力。

用神经网络设计的控制系统、适应性、鲁棒性、智能性均较好,能处理复杂工业生产过程的控制问题。但 ANN 进一步的理论研究和实际应用有待加强,特别是学习和控制算法的收敛性问题值得重视。

1.4.4 基于知识的专家控制

瑞典学者 KJ. Astrom 1983 年首先把专家系统引入控制领域,1986 年提出了专家控制的概念。专家控制 EC(Expert Control)是基于知识的智能控制,由关于控制领域的知识库和体现该知识决策的推理机制构成主体框架,通过对控制领域知识(先验经验、动态信息、目标等)的获取与组织,按某种策略及时地选用恰当的规则进行推理、输出,进而对过程对象实施控制,或修改补充知识条目。在工业过程中最优操作很难用准确的数学形式描述,大多数的运行过程用概率统计和经验的启发式方法作出估计,在这

种环境中用一个具有知识库与规则集的智能系统,为系统状态和操作切换提供指令,可对多耦合、非线性过程给出有效的控制。

例如一个有经验的跳汰机操作人员就是一个控制专家^[78],他用经验来判断机器的工作状态,调整控制参数,一定会比一个没有经验的操作人员得到更高的精煤产率。如果将优秀工人的操作知识和经验都放入计算机中,计算机就可以模仿工人来进行操作,这就是一种专家控制系统,它降低了工人的劳动强度,提高了产品的质量。

1.4.5 分布式智能控制

分布式智能控制系统是将控制功能下放到现场节点,不需要中央控制单元的控制和操作,通过智能现场设备来完成控制和通信任务。它可分为分布式现场总线控制系统和分布式网络控制系统,前者可看作是后者的初级阶段。

分布式智能系统能实现现场预处理。当现场有需要快速处理的输入输出,以及在网络中断后希望设备和机器仍能正常运行时,典型的分布式系统不再是理想的方式,更好的解决方案是采取“分布式智能控制”。过去由中央控制器执行的任务现在通过独立的、模块化、智能化的现场智能装置来完成,同时现场总线的分布式结构与“本地智能”紧密结合在一起,不需要任何其他软件来支持。如西门子公司 step7 软件可在网络中的任何点对具有 PLC 功能的 EX2000 进行统一编程、组态和诊断。分布式智能系统控制的主要优点是:

- (1) 较短的程序减少了上级控制器的扫描时间;
- (2) 关键控制功能的响应时间大大缩短;
- (3) 通过将程序分解成较小的段,可快速地进行工厂调试,更方便、快速地分析并排除故障;
- (4) 独立的控制单元,为工厂提供了高度的可靠性、可用性和