

## 智能控制方法的交叉综合及其应用\*

费敏锐 陈伯时 郎文鹏

(上海大学自动化学院·上海, 200072)

**摘要:** 本文结合作者近年的研究, 分析了传统控制的局限性, 概述了智能控制与传统控制及其诸方法之间交叉综合的成果及应用现状, 最后提出了智能控制综合方法的发展趋势和研究意义。

**关键词:** 工业控制; 智能控制综合方法; 模糊逻辑; 神经网络; 专家系统; 传统控制

### 1 前 言

随着科学技术的突飞猛进, 对工业过程控制的要求越来越高, 不仅要求控制的精确性, 并更注重控制的鲁棒性、实时性、容错性以及控制参数的自适应和自学习能力。另外, 需要控制的工业过程日趋复杂, 过程严重的非线性和不确定性, 使许多系统无法用数学模型精确描述。这样建立在数学模型基础上的古典和现代控制方法(通称为传统控制方法)将面临空前的挑战, 同时也给智能控制方法的发展带来了良好的机遇<sup>[1~3]</sup>。

#### 1.1 传统适应控制方法的局限性

自适应控制<sup>[4]</sup>是通过在线辨识对象模型, 自动调节控制参数, 以消除对象特性时变和环境干扰波动等不确定性影响。由于受辨识算法的制约, 故一般适合模型参数缓变, 环境干扰不强等工业过程的控制。

变结构控制<sup>[5]</sup>和鲁棒控制<sup>[6]</sup>是通过提高系统的不灵敏度 and 自适应性, 来抵御一定的外部干扰和系统参数摄动等不确定性的影响。但鲁棒区域或摄动区间必须已知且有限, 并且设计必须在系统的鲁棒性和控制的精确性之间折中。两种控制方法的区别是前者往往设计时较复杂, 但设计出的控制器简单, 具有不连续控制形式; 而后者相反, 如  $H_\infty$  控制方法, 可能会设计出几十甚至上百阶的复杂控制器。

由于传统控制方法的应用在很大程度上依赖于结构已知的系统数学模型, 而且这些数学模型往往有许多严格限制, 因此未能从根本上完全解决控制问题, 在实际应用中遇到了许多难以逾越的障碍。

#### 1.2 常见智能控制方法的主要特点

模糊控制 FC<sup>[7]</sup>是从行为上模拟人的模糊推理和决策过程的一种实用控制方法。该法适于对难以建模的对象实施鲁棒性控制, 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语言控制规则。该法已在工业过程控制等领域中发挥着重要作用, 但模糊控制表一般需人工建立, 而且控制精度也不很理想。分级递阶智能控制 HIC<sup>[8]</sup>模拟了人脑的分层结构, 由执行级、协调级和组织级构成, 其

\* 国家自然科学基金资助项目。

本文于 1995 年 4 月 18 日收到, 1996 年 1 月 8 日收到修改稿。

特点是自下而上智能渐增而精度递减,即执行级用于高精度局部控制,协调级用于按知识和实际输出进行执行级中的控制参数调整,而组织级进行推理决策和自学习.该控制主要用于对那些存在不确定性的系统进行高度复杂且灵活的控制,如机器人,但应用有限.

专家控制 EC<sup>[9]</sup>是将人的感性经验(浅层知识)和定理算法(深层知识)结合的一种传统的智能控制方法.其主要优点是在层次结构上、控制方法上和知识表达上的灵活性,既可以符号推理也允许数值计算,既可以精确表达推理也允许模糊描述决策.但灵活性同时带来了设计上随意性和不规范性,而且控制知识的表达、获取和学习,以及推理的有效性和实时性也是难点.

神经网络控制 NNC<sup>[10]</sup>是从机理上对人脑生理系统进行简单结构模拟的一种新兴控制和辨识方法.该法是一种控制策略的工具支持,本身各简单节点没有显在物理意义,但综合网络可描述复杂和非线性控制与辨识问题,而且能做到并行实时和冗余容错的运算.进一步的理论和实际应用研究有待加强,特别是学习和控制算法的收敛性和实时性问题值得重视.

拟人智能控制 AHIC<sup>[11~14]</sup>是指模拟、延伸和扩展人的智能即人控制器的一种控制方法.拟人智能包含仿人智能,智能程度上可低于,或等同于,甚至超过人的智能.然而人类对人体特别是大脑的了解远不及对宏观天体和微观粒子的认识.目前研究人脑思维活动模型主要有二种方法和途径.对于外特性建模,需做大量实验工作,否则会失去当前的研究机会;对于机理性建模,需做大量研究工作,否则会犯长远的战略错误.二种方法不可缺一,但最终突破的关键还有赖于机理性建模的成败.

纵观上述智能控制方法,虽各有优势,但均存在不足.智能控制方法研究的出路究竟何在?

## 2 综合研究及应用现状

近年来,IFAC 和 IEEE 等机构召开了许多有关人工智能及智能控制的国际学术会议.从会议内容分析,当前国际最新智能控制方法及应用研究的发展趋势,已从前些年的单学科研究,逐步发展到理论交叉研究(见图 1),而且应用领域也在不断拓宽,这样无疑为智能控制的进一步深化开辟了新途径.

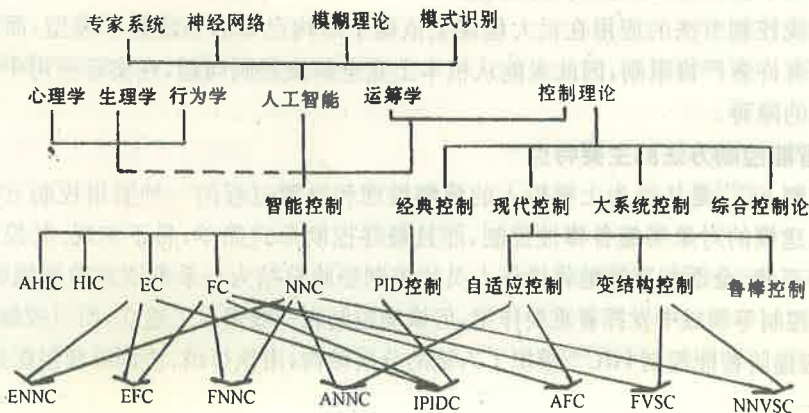


图 1 智能控制与传统控制交叉综合示意图



## 2.1 智能控制与传统控制方法的交叉综合

### 2.1.1 模糊变结构控制 FVSC

德国学者 R. Palm<sup>[15]</sup>针对非线性二阶或高阶系统,采用了滑模模糊控制方法,并进行了理论分析,结果表明:在模糊控制中按滑模及带边界层的滑模要求进行设计,可保持变结构控制对参数摄动和干扰不灵敏的优点,而且比用于削弱高频颤动的带边界层滑模控制具有更平滑的控制性能,以及较少模糊规则数。

此外,日本 A. Ishigame、我国金耀初和蒋静坪、韩国 S. W. Kim 等<sup>[16~21]</sup>的交叉研究,是在变结构和滑模控制中引入模糊规则进行推理,达到既保持良好的跟踪性能,又有效地消除高频颤动。这些方法在电力系统和机器人等方面进行了实验。

### 2.1.2 自适应模糊控制 AFC

郑维敏等<sup>[22]</sup>针对有环境干扰,系统本身动态变化以及模型不精确的场合,仿真了模型参考自适应模糊控制方法。该方法与模型参考自适应控制比较,具有算法简单、实时、鲁棒性强和自适应过程响应速度快等特点。徐征敏等<sup>[23]</sup>将模糊方法用于自校正控制,适合于非线性、慢时变和时滞系统,具有鲁棒性。

此外,还有将自调整思想用于模糊控制的方法,如英国 T. J. Procyk, E. H. Mamdani<sup>[24]</sup>提出的自组织模糊控制器;作者<sup>[25]</sup>提出的自调整模糊控制,对模糊量化因子及系统增益按误差及其变化率进行自调整,该法进行了仿真和现场运行考验。

西北工业大学肖顺达等将模糊控制与传统的自适应控制、Smith 预估结合,用于工业炉窑温度控制,取得了较大经济效益。

### 2.1.3 自适应神经网络控制 ANNC

台湾 F. C. Chen 和美国 H. K. Khalil<sup>[26]</sup>将使用神经网络的非线性系统自适应控制方法用于稳定、有某些未知非线性函数和可反馈线性化的对象,进行了仿真实验。由于该方法仅有局部收敛性,所以要求神经网络初始权系数足够的接近正确权系数。王宁等<sup>[27]</sup>设计了一种自适应神经网络智能控制方法,该方法由二个自适应神经元组成,一个用于评估,另一个用于学习并产生控制信号。若将神经网络作为补偿器用于鲁棒自校正控制,则可使通常基于线性低阶模型的自校正算法胜任某些复杂非线性系统<sup>[28]</sup>。

此外,神经网络与学习控制结合研究也开始出现。韩国 J. Y. Choi 等<sup>[29]</sup>将基于局部仿射映射神经网络的在线学习控制运用到非线性系统,具有良好的自学习和组织能力,能自己适应新的环境。邓志东和孙增圻等<sup>[30]</sup>将前馈网络与异步自学习控制进行结合,既可应用于非重复性场合,同时也避免了神经网络控制一般存在的分析和实时控制的困难问题。

### 2.1.4 神经网络变结构控制 NNVSC

美国学者 J. X. Xu, J. Donne, U. Ozguner<sup>[31]</sup>研究了一种用于非线性和不确定性系统,并以神经网络为超前补偿的反馈线性化和变结构合成的控制方法。其交叉的依据是:反馈线性化提供了使系统线性化的方法;变结构控制可在一定的不确定范围内设计出期望的特性;神经网络经训练记住控制系统在滑模时变结构控制的等价控制作用。仿真实验表明:在平衡附近,该方法能使变结构控制大大减弱不必要的高增益。

## 2.2 各种智能控制方法之间的交叉综合

### 2.2.1 专家模糊控制 EFC

作者<sup>[32]</sup>针对有非线性环节,存在环境干扰的过程模型进行了专家模糊控制方法的仿真实验.结果表明:该法不仅具有一般带修正因子的模糊控制方法的优点,而且专家系统依据模糊控制运行情况及期望性能指标能自学习并调整修正因子,从而使系统动特性满足用户要求.

美国学者 F. Van der Rhee 等<sup>[33]</sup>进行了基于知识库的模糊控制仿真研究.吴勤勤<sup>[34]</sup>设计的专家模糊控制器,根据被控参数的波形特征,由专家系统进行决策,从最基本的模糊控制规律,以及 PI 控制、强 P 作用和保持模式中选取最适合当前状态的控制规律.刘立志等<sup>[35]</sup>提出的专家系统与模糊控制结合的方法用于立窑水泥煅烧过程,取得了显著的经济效益.

### 2.2.2 模糊神经网络控制 FNNC

模糊规则和神经网络交叉<sup>[36~41]</sup>,及其在控制中的应用研究<sup>[42~47]</sup>与日俱增.日本学者 M. Strefezza 和 Y. Dote 等<sup>[48,49]</sup>在数字信号处理器(DSP)及微机上实现了用于高度非线性系统的模糊神经网络控制器,并在直流伺服电机上进行了位置控制实验.其构成采用了二个 BP 神经网络实现误差及其变化率的隶属函数生成,第三个神经网络产生模糊规则输出,该方法集神经网络和模糊控制之长,构造成一个非线性自整定控制器.不仅设计简单,系统无超调和鲁棒性强,而且控制性能优于传统 PI 控制.

此外,王耀南<sup>[50]</sup>提出一种用于非线性学习跟随问题的神经模糊规则自组织控制方法.该法将具有可变坡度的梯度下降法用于权系数学习算法中,有助于加速学习和改进的收敛性.

### 2.2.3 专家神经网络控制 ENNC

袁曾任等<sup>[51]</sup>研究了专家系统、神经网络和控制的结合问题.其优点在于专家系统的知识无需人工转换为显式规则,可以通过神经网络自动学习获取.

此外, T. Fukuda<sup>[52]</sup>等论述的机器人操作器的分层智能控制方法中,专家系统存放长期知识,进行高层决策,神经网络用于伺服控制器,进行短期知识的学习和自适应控制,以补偿控制中的不确定因素.

## 3 产品化研制及成果

由于上述智能控制方法在理论上还不够完善,以及科学、技术及应用等环节上还存在脱节现象,故目前用于工业过程的尚不多,在智能仪表、集散系统和 PLC 上实现并产品化的则更少,主要限于智能 PID 控制和模糊及模糊神经网络控制类产品.

### 3.1 智能 PID 控制器 IPIDCer

传统 PID 控制器和自适应控制器的研制成功及其产品化,并未能解决众多复杂工业控制问题.八十年代初,美国 Foxboro 公司首先推出基于仿专家经验(E. H. Bristol)的自整定 PID 调节器 EXACT. 该法属于较为成熟的一种智能或专家控制方法,至今仍应用很广. Foxboro 公司近年推出的可以和 I/A Series 集散控制系统通信的 760/761 及 762 微型调节器均具有 EXACT 功能.日本横河公司在原用于和 YEWPACK 及  $\mu$ XL 集散系统通信的 YS-80 单回路调节器基础上,也推出了具有 PID 专家自整定控制功能的增强型 YS-80E



以及新型的 YS-100 系列调节器。此外,日本山武·霍尼韦尔公司最新推出的 SDC 系列智能 PID 调节器,引入神经网络和模糊推理技术,具有领先的控制和整定功能。

国内自行研制的具有自整定及智能功能的数字调节器也有不少,如北京 502 所康拓公司的 ITC-C 智能控制器,黄石市机械自动化所的 ZKS-2 控制仪,上海自动化仪表三厂的 XMTE 型自整定温度调节仪等,以及重庆大学附属公司推出的以周其鉴教授仿人智能理论为基础的仿人智能控制器及仿人智能集散系统。但由于国内高校、研究所和生产企业互相独立,理论、仿真和应用研究结合松散,造成目前自整定调节器产品不仅在工艺上,而且在技术上也落后于发达国家的局面。

总的来讲,这类控制器尚有局限性,它一般不能对连续或不规则扰动进行自整定,也不是对任意形式的控制结构都适用。特别是控制系统中经验规则的自学习问题也尚未圆满解决。

### 3.2 模糊以及模糊神经网络控制器

1992 年在美国召开的模糊技术和应用国际会议上,有人就提出模糊控制系统将要取代传统 PID 控制系统的观点。显然模糊控制对非线性和扰动等的不灵敏性及控制上的鲁棒性优于传统 PID 控制是无可否认的事实。因此,采用模糊控制方法在形式上占有优势,可以解决 PID 专家自整定控制方法难以解决的问题。

工业模糊控制器一直是智能控制应用的重要方面。其产品化的主要趋势:一是采用专用硬件的模糊控制器,如 Togonal 公司的 TC-100 等,其特点是高速和高精度,但价格昂贵,主要用于工业控制;二是通用模糊控制开发软件产品,可用于普通单片机模糊控制核的生成和调试,例如:Inform Software 公司的 fuzzy TECH 软件工具,可用于 Intel 公司 8051 单片机等的模糊控制开发。此外,NS 公司推出的 NeuFuz 软件工具采用了神经网络自学习方法,使普通单片机上开发模糊控制更方便。

目前,美国在航天和汽车工业等领域模糊控制研究和应用水平较高,而且底特律新一代的航天和汽车将配置模糊控制系统。日本在模糊控制研究和应用方面的策略与美国不同,是面向大众、面向普及和面向产品。继 1987 年掀起以生产过程设备和控制为中心的第一次模糊控制高潮后,1990 年又出现了以家电产品为中心的第二次模糊控制高潮。目前日本家电上采用模糊控制器很普及,已大量渗透到电冰箱、照相机、缝纫机、冷藏库、电饭煲、空调、电风扇、微波炉等产品中。据统计,1994 年日本的洗衣机和吸尘器上使用模糊控制的普及率高达 80%。近年,韩国模糊控制产品的发展速度也很快。国内在工业模糊控制器方面也开始研制产品,如厦门宇光电子所的 AI-FUZZY 系列仪表、上海爱富斯模糊科技公司的 TCM-30 系列通用控制器等;在家电方面,有了“小天鹅”模糊洗衣机等产品。但总体水平与发达国家存在很大差距。

由于工业模糊控制器产品化后的主要应用难点是规则的获取,而神经网络与模糊控制相结合将有助于这一问题的解决。可以预言:模糊神经网络控制器将成为高级通用工业控制器的主流产品之一。

## 4 结 语

模糊控制的鲁棒性和适应性,使其在简单过程控制、智能仪表,特别是家电等领域得到迅速发展。但是,复杂对象的控制规则难以人工提取,又严重制约了更需要模糊控制应用场

合的拓展. 由于模糊控制本质上是变结构和非线性控制, 而神经网络通过训练和学习能自动或半自动提取隐含的控制规则, 并用数值计算方法来描述模糊控制逻辑即复杂非线性控制的行为. 因此, 二者结合既保持模糊控制基本特性, 又克服了模糊控制中规则人工获取的难点.

由于神经网络的工具性和描述性, 使其与模糊控制结合变得十分充要. 因此, 九十年代以来, 国际上模糊与神经网络结合研究成为热点. 上述结合仅为代表性一例. 应该看到, 这种交叉给出了神经网络依附的一个可行有效的经验性控制策略, 但并没有从根本上解决神经网络在线学习问题. 因此, 需要引入智能控制综合方法概念, 即在模糊控制和神经网络结合基础上, 与其它智能或传统控制方法交叉综合形成的具有互补优势的控制方法, 例如:

将模糊、神经网络与变结构控制综合. 可望充分发挥三者之长, 形成比模糊控制和变结构控制动静态品质更佳以及设计更简单, 而且比模糊神经网络学习收敛速度更快的新控制方法<sup>[53]</sup>.

将模糊、神经网络与自适应控制综合. 在自适应控制中引入模糊神经网络建模工具, 将进一步改善神经网络自适应控制的鲁棒性和实时性, 特别适用于具有不确定性的非线性系统跟踪控制问题, 也可用于实际的伺服直流电机调速控制<sup>[54, 55]</sup>.

将模糊、神经网络与专家控制综合. 取专家系统灵活性和集成性之长, 用于模糊和神经网络结合的控制中. 既可以在初始阶段作为辅助控制, 间接缓解对神经网络快速学习要求, 也可以通过专家系统方法直接改进神经网络学习问题, 从而弥补甚至克服原有弱点, 得到理想实用的工业控制方法.

上述的智能控制综合方法基本思想可望直接用于工业过程, 并成为智能仪表、集散系统和 PLC 等产品的现场智能控制软件, 从而推动工业控制和控制理论的进一步完善和实用化.

**致谢** 最后感谢张钟俊、文传源、涂序彦、吴麒、张明廉、孙增圻、何国森等教授曾经给予的指点和帮助, 为本文的撰写奠定了基础.

## 参 考 文 献

- [1] Benveniste, A. and Astrom, K. J.. Meeting the Challenge of Computer Science in the Industry Applications of Control: An Introductory Discussion to the Special Issue. *Automatica*, 1993, 29(5):1169-1175
- [2] Astrom, K. J. et al.. Intelligent Control. *Journal of Process control*, 1992, 2(3):115-127
- [3] Sommer, G.. A Contemplative Stance on the Automation of the Mining, Mineral and Metal Processing Industry (MMM) - An IFAC Report. *Automatica*, 1992, 28(6):1273-1278
- [4] Astrom, K. J. and Wittenmark, B.. *Adaptive Control*. Addison-Wesley Publishing Company, 1989
- [5] Hung, J. Y., Gao, W. and Hung, J. C.. Variable Structure Control: A Survey. *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 1993, 40(1):2-22
- [6] 吴麒, 秦化淑, 黄琳, 郑大钟. 自动控制和系统仿真(二). 高级人才研修班参考教材, 国家教委人事司和北京航空航天大学, 1994
- [7] Mamdani, E. H.. Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant. *IEEE Proc. Control and Science*, 1974, 121(12):1585-1588



- [8] Saridis, G. N. . Self-Organizing Control of Stochastic Systems. Marcel Dekker Inc. ,1977
- [9] Astrom, K. J. and Anton, J. J. . Expert Control. Proc. of the IFAC 9th Triennial World Congress, Budapest, Hungary, 1984, 2579—2584
- [10] Psaltis, D. A. et al. . Neural Controllers. Proc. IEEE ICNN, San Diego, 1987, 551—558
- [11] 李南, 周其鉴. 智能调节器参数在线仿人自整定. 重庆大学学报, 1985, (1): 135—145
- [12] 白美卿, 高富强. 仿人智能温度控制器. 仪器仪表学报, 1988, 9(1): 85—89
- [13] 李祖枢, 徐鸣, 周其鉴. 一种新型的仿人智能控制器. 自动化学报, 1990, 16(6): 503—509
- [14] 张明廉等. 归约规则法仿人控制. 第一届全球华人智能控制与智能自动化大会论文集, 北京, 科学出版社, 1993
- [15] Palm, R. . Sliding Mode Fuzzy Control. Proc. FUZZ—IEEE, San Diego, 1992, 519—526
- [16] Ishigame, A. , et al. . Sliding Mode Controller Design Based on Fuzzy Inference for Nonlinear Systems. Proc. IECON, Los Alamitos, 1991, 2096—2101
- [17] 金耀初, 蒋静坪. 一类非线性系统的模糊变结构控制及应用. 控制与决策, 1992, 7(1): 36—40
- [18] Kim, S. W. , Lee, J. J. . Fuzzy Logic Based Sliding Mode Control. Proc. Fifth IFSA World Congress, 1993, 822—825
- [19] Suyitno, A. , et al. . Variable-Structured Robust Controller by Fuzzy Logic for Servomotors. IEEE Trans. on Industrial Electronics, 1993, 40(1): 80—88
- [20] Won, C. Y. , et al. . New Fuzzy-Sliding Mode Controller for Position Control of Induction Motor. Proc. APEC, San Diego, 1999, 115—121
- [21] 张天平, 冯纯伯. 基于模糊逻辑的连续滑模控制. 控制与决策, 1995, 10(6): 503—507
- [22] 郑维敏等. 用模糊集理论设计模型参考自适应系统. 信息与控制, 1982, 11(3): 8—14
- [23] 徐征明等. 基于模糊模型设计自校正调节器的研究. 自动化学报, 1987, 13(3): 207—211
- [24] Procyk, T. J. and Mamdani, E. H. . A Linguistic Self-Organizing Process Controller. Automatica, 1979, 15(1): 15—30
- [25] 费敏锐, 姜宝之, 阎秀兰. 一种用于过程控制系统的模糊控制方法. 上海工业大学学报, 1993, 14(2): 135—141
- [26] Chen, F. C. and Khalil, H. K. . Adaptive Control of Nonlinear Systems Using Neural Networks. Int. J. Control, 1992, 55(6): 1299—1317
- [27] 王宁, 涂健, 陈锦江. 自适应神经网络的智能控制. 信息与控制, 1992, 21(4): 235—239
- [28] Qin, X. F. , et al. . A Robust Self-Tuning Control Algorithm with Neural Network. IFAC—YAC, Beijing, 1995, 694—698
- [29] Choi, J. Y. , et al. . On-Line Learning Control of Nonlinear Systems Using Local Affine Mapping-Based Networks. Proc. of the 1st ISICIMS, Seoul, 1994, 355—359
- [30] 邓志东, 孙增圻, 刘建伟. 神经网络异步自学习控制系统. 自动化学报, 1995, 21(5): 629—633
- [31] Xu, J. X. , et al. . Synthesis of Feedback Linearization and Variable Structure Control with Neural Net Compensation. Proc. IEEE ISIC, Arlington, 1991, 184—189
- [32] 费敏锐, 陈伯时. 专家模糊控制方法. 控制与决策, 1996, 11(2): 256—260
- [33] Van der Rhee, F. , et al. . Knowledge Based Fuzzy Control of Systems, IEEE Trans. Automat. Contr. , 1990, AC-35(2): 148—155
- [34] 吴勤勤等. 一类专家模糊控制器. 工业过程模型化及控制, 1988, 311—316
- [35] 刘立志, 蒋玉珍. 一种新的智能模糊控制算法及其应用. 控制与决策, 1995, 10(1): 93—96
- [36] Zadeh, L. A. . Interpolative Reasoning in Fuzzy Logic and Neural Network Theory. Proc. FUZZ—IEEE, San Diego, 1992, 1
- [37] Kuo, Y. H. , Kao, C. Z. and Chan, J. J. . A Fuzzy Neural Network Model and Its Hardware Implementation. IEEE Trans. Fuzzy System, 1993, 1(3): 171—183
- [38] Shann, J. J. , Fu, H. C. . A Fuzzy Neural Network for Knowledge Learning. Proc. Fifth IFSA World Congress, 1993, 151—154

- [39] Gorzalczany, M. B. . Application of Fuzzy Neural Network to Process Modelling. Proc. Fifth IFSA World Congress, 1993, 100—103
- [40] Uehara, K. , et al. . Multistage Fuzzy Inference Formulated as Linguistic-Truth-Value Propagation and Its Learning Algorithm Based on Back-Propagating Error Information. IEEE Trans. Fuzzy System, 1993, 1(1):205—221
- [41] Ishibuchi, H. , Fujioka, R. and Tanaka, H. . Neural Networks That Learn from Fuzzy If-Then Rules. IEEE Trans. Fuzzy System, 1993, 1(2):85—97
- [42] Lee, M. H. , Lee, S. Y. and Park, C. H. . Neuro-Fuzzy Identifiers and Controllers for Fuzzy System. Proc. Fifth IFSA World Congress, 1993, 77—80
- [43] Nauck, D. , Kruse, R. . A Fuzzy Neural Network Learning Fuzzy Control Rules and Membership Functions by Fuzzy Error Backpropagation. Proc. ICNN, San Francisco, 1993, 1022—1027
- [44] Li, W. , et al. . Automatic Tuning of a Fuzzy Logic Controller Using Neural Network. Proc. IEEE IT, Guangzhou, 1994, 97—101
- [45] Hayasm, Y. , Czogala, E. and Buckley, J. J. . Fuzzy Neural Controller . Proc. FUZZ—IEEE , San Diego, 1992, 197—202
- [46] 应行仁, 曾宁. 采用BP神经网络记忆模糊规则的控制. 自动化学报, 1991, 17(1):63—67
- [47] 彭小奇等. 多变量系统的模糊神经网络控制模型及其应用. 控制理论与应用, 1995, 12(3):351—357
- [48] Strefezza, M. and Dote, Y. . Fuzzy and Neural Networks Controller. Proc. IEEE IECON, Los Alamitos, 1991, 1437—1442
- [49] Dote, Y. and Kano, K. . DSP-Based Neuro-fuzzy Position Controller for Servomotor. Proc. IEEE IECON, San Diego, 1992, 986—989
- [50] Wang, Y. N. . A Neural Network Fuzzy Control For Robotic Manipulator. IFAC—YAC, Beijing, 1995, 719—723
- [51] 袁曾任, 姜莉楠. 基于人工神经元的控制系统模型简化的专家系统. 信息与控制, 1992, 21(5):278—282
- [52] Fukuda, T. and Shibata, T. . Theory and Applications of Neural Networks for Industrial Control Systems. IEEE Trans. on Industrial Electronics, 1992, 39(6):278—282
- [53] Fei, M. R. , et al. . Method of Neural Network Learning Fuzzy Variable Structure Control for Industrial Furnace Applications. Proc. of the 1st ISICIMS, Seoul. 1994, 400—405
- [54] 王殿辉, 柴天佑. 自适应模糊神经网络控制器设计的线性化方法. 控制与决策, 1995, 10(1):21—27
- [55] 王耀南. An Adaptive Control Using Fuzzy Logic Neural Network and Its Application. 控制理论与应用, 1995, 12(4):437—444

## Cross Studies of Intelligent Control Methods and Their Applications

FEI Minrui, CHEN Boshi and LANG Wenpeng

(Institute of Automation, Shanghai University • Shanghai, 200072, PRC)

**Abstract:** Based on our recent developments of research, this paper analyses the limitations of traditional control, and especially summarizes the achievements and present situation of applications in cross studies between intelligent control, traditional control and other control methods. Lastly, progressing trend and research significance of the synthetical method of intelligent control are given.

**Key words:** Industrial control; the synthetical method of intelligent control; fuzzy logic; neural network; expert system; traditional control



### 本文作者简介

**费敏锐** 1961年生,1992年获上海工业大学硕士学位,现为上海大学自动化学院副教授,在职博士生,上海市优秀青年教师。主要科研方向是智能控制,自适应控制,微机化及分散型控制系统。

**陈伯时** 1928年生,1949年7月清华大学电机系毕业,1954年7月哈尔滨工业大学电机系研究生毕业,1949年8月到1983年5月在清华大学,1983年5月至今在上海大学从事电气自动化领域的教学科研工作,现任电机与控制工程研究所所长,教授,博士生导师。担任中国电工技术学会理事、电力电子学会副理事长、中国自动化学会电气自动化专委会副主任委员等职。

**郎文鹏** 1934年生,1964年7月毕业于清华大学热工量测自动化专业,现为上海大学自动化学院仪表自动化教研室主任,副教授,研究方向为智能仪表和过程自动化。

## 国际智能自动化学会(ISIA)筹备动态

国际智能自动化学会(International Society of Intelligent Automation,简称 ISIA)筹委会第一次会议已于1995年10月21—24日在加拿大温哥华的 Waterfront Centre Hotel 召开。

此次会议共举行三次(21日,22日,24日),24日的会议近百人。根据会议签到簿上的签名统计,ISIA筹委会的近30名委员出席了本次会议。这包括,L. A. Zadeh(ISIA筹委会主席,模糊数学与模糊系统的创始人,美国加州大学伯克莱分校的著名教授),A. P. Sage(ISIA筹委会提名委员会主席,IEEE SMC学会前主席,IEEE Fellow,IEEE SMC学报主编,IFAC学报—Automatica主编之一),M. Jamshidi(IEEE控制系统杂志创始人与第一任主编,IEEE Fellow),A. T. Murphy(原美国卡内基—梅隆大学工学院院长,IEEE Fellow),C. J. Harris(英国智能化界的权威,IEE Fellow,派代表参加),C. C. White III(原IEEE SMC学会主席,IEEE Fellow),T. Fukuda(日本,IEEE工业电子学会副主席,IEEE Fellow),M. Gupta(加拿大,模糊系统,IEEE Fellow),A. Meystel(美国,智能控制),C. W. de Silva(IEEE SMC'95程序委员会主席,ASME Fellow),W. A. Gruver(IEEE SMC学会理事,IEEE SMC'95总主席,IEEE R & A'94总主席),M. S. Fox(加拿大,AAAI Fellow),A. N. Poo(国立新加坡大学研究生院院长)以及中国的 Y. L. Xiong(熊有伦)(机器人,新增中国科学院院士)和 G. L. Luo(罗光亮)(智能控制,冶金部自动化研究院副总工程师)等。中国的 S. Z. Yang(杨叔子)(智能制造,中国科学院院士)和 F. Q. Zhou(周发强)(智能控制与知识控制工程研究)也分别委派代表出席了会议。此外,数十位智能化的热心学者也列席了 ISIA 筹委会的温哥华会议。如,M. G. Singh(英国曼彻斯特理工大学,IEEE SMC学会主席,IEEE Fellow),M. Rudnianski(法国,巴黎大学),M. Fathi(德国,多特蒙德大学),T. Arai(日本,东京大学),C. Vinci(意大利),P. Garrido(葡萄牙),E. Craye(法国,LILLE),M. Cotsaftis(法国,LTME/ECE)以及 M. K. Hor(何瑁铠)(台湾,中央研究院资讯科学研究所)等。

本次温哥华会议由会议两主席 C. W. de Silva(加拿大不列颠哥伦比亚大学资深教授,ASME Fellow,美国麻省理工学院博士)和 W. A. Gruver(加拿大 Simon Fraser 大学教授,美国宾夕法尼亚大学博士)分别主持,ISIA 筹委会主席 L. A. Zadeh 发表重要讲话。会议期间,大家就智能化的未来前景,ISIA 的未来活动,ISIA 与其它相关国际学术组织和国家学术组织的关系,ISIA 的组织模式与筹备方式等问题,进行了热烈的讨论,并提出了很多非常宝贵的意见和建议。

ISIA 的筹备工作始于1992年,现有来自智能化各分支领域及相关领域的筹备委员70多名。ISIA 筹委会的主要领导人员如下:L. A. Zadeh(筹委会主席,美国加州大学伯克莱分校),G. A. Bekey(重要决策,美国国家工程科学院院士,IEEE机器人与自动化学会主席,美国南加州大学),C. W. de Silva(ISIA学

(下转第287页)