

从 IFAC'96 世界大会看自动控制发展的若干动向

郑应平

(中国科学院自动化研究所 北京 100080)

IFAC 世界大会较之任何专题性的国际学术会议都具有更为深刻的意义. 它从基础理论、工程技术到各方面社会应用, 都进行了极为广泛而深入的讨论. 这次大会的论文数和代表人数都是空前的. 其内容涉及九大领域, 46 个分支, 共有 245 个分组. 十八大卷 1500 篇论文浩如烟海. 本文不可能对各具体分支分门别类进行评述. 这里只能根据各种特邀报告和专题小组(PANEL)讨论的组织及其内容从宏观上介绍一些共同关注的问题和新的发展动向, 供大家参考.

IFAC'96 大会共组织了五个大会报告、一个特邀报告和八个专题小组讨论. 另外在各分组中还有十几篇综述也反映了学术界和组织者的兴趣. 下面仅就其中值得注意的几个方面作一简要介绍.

1 关于校正和自适应(Astrom, 大会报告)

众所周知, 自适应控制可用来处理模型变化, 亦可用于控制系统校正. 它具有了解或学习过程变化及改变系统行为的复杂的双重功能, 但实质上这无非也就是一种反馈控制, 只不过具有非线性及更复杂的特殊结构而已.

自适应的概念始于 50 年代, 最初用来描述一种可调参数的 PID 气动调节器, 1958 年即“勇敢地”被用于超音速飞机的控制上. 同时, Kalman 提出一种自动(递推)最优化思想和设计方法; 60 年代在计算机过程控制中也提出了类似的问题. 但由于当时硬件水平低, 可靠性差且价格昂贵, 难以推广应用. 70 年代, 由于计算机技术的进步, 推动了理论和应用的发展, 自适应系统稳定性问题得到了充分的研究, 1982 年 Rohrs 的发现又提出了鲁棒性的问题. 同时在工业等方面也有大量成功应用的范例, 使得这一领域呈现出一片繁荣景象.

90 年代, 人们较多地研究非线性系统的自适应控制问题. 其中较突出的成果有 Kokotovic 等人对一类串级形式系统提出的 Backstepping 递推设计方法, 利用自振极限环辨识系统特性的继电反馈方法(Tsytkin, Astrom), 以及用神经网络表示非线性特性的种种学习算法, 等等(在自适应控制的分组讨论中还有一篇关于各种自适应控制算法比较的综述).

校正和自适应方面亟待研究的课题包括: 一些关键的验前知识(如时间尺度)的获取; 已有基于模型的方法和启发式方法的结合; 把控制和诊断等集成起来的自适应功能的扩展; 各种非线性特性的检测; 集成多种算法和规则的基于知识的专家控制; 非线性系统自适应控制中出现的复杂现象(如浑沌); 二重控制的思想如何应用于自校正控制器; 怎样的线性系统类经继电反馈可以得到唯一的稳定极限环等等.

2 从 Youla-Kucera 参数化方法到辨识、自适应和非线性控制(Anderson, 大会报告)

Youla 和 Kucera 曾对用因式分解形式给出的对象传递函数求得一种所有可镇定控制器的带有多项式矩阵参数化形式的通解. 它的对偶问题则可对固定的控制器给出所有可被它镇定的对象的参数化表达形式. 20 年来, 这一方法得到了多方面的发展和广泛的应用. 例如, 二自由度控制器设计; 状态空间形式的参数化方法可用于对非最小相对象进行 LQG 或 H_2 设计同时兼顾回路传输恢复(LTR)的要求; 具极点约束的 LQG 或 H_∞ 设计; 对象和控制器分别参数化的混合设计, 包括稳定化, LQG, H_∞ 等方法; 闭环辨识以及自适应控制问题等等.

近来这种参数化方法在非线性系统方面的应用已成为新的研究热点. 其研究课题包括: 非线性系统的互质实现; 镇定控制器描述问题; 稳定核的表示和参数化问题等等.

3 模糊控制的问题、争论、前景及其社会影响(Zadeh 的大会报告及 Ralescu 主持的专题小组讨论)

Zadeh 首先回顾了模糊控制的发展历史和近年的新热潮,并指出长期的争论主要来自对模糊控制本质的误解。

1965 年在数学控制理论处于顶峰的年代,模糊集理论刚提出时并未涉及控制问题.1968 年开始提出模糊控制并逐渐显示出它的潜在重要性.1973—1974 年已明确提出了模糊控制的主要概念,如语言变量、模糊的“if then”规则以及模糊图(用以指明一堆模糊规则的意义)等,从而奠定了它的理论基础.1975 年 Mamdani 等人的应用案例指出了具体应用的过程并导致广泛的工业应用(例如在丹麦水泥窑炉方面的大量推广),但人们在接受模糊控制的同时也带来了一些简单化的理解和误导。

对模糊逻辑含义,狭义地可理解为一种逻辑系统,是多值逻辑的一种推广;而广义的理解是它与模糊集理论有同等地位,从而较逻辑系统广泛得多.在控制中模糊逻辑的本质作用可归结为一套模糊规则演算(CFR)和一种编程语言 FDCL(模糊依赖和命令语言),它可为设计者提供一种可执行的、用语言表达的模糊规则的系统.从而人们可在基本规律不清楚时近似地描述出因果关系,确定不精确性容差,以满足鲁棒性、可实现性和低成本要求,从而更符合实际需要。

模糊控制的出发点是人类解,因此问题首先要有人类解.它是面向任务(task)而不是面向设定点的,因此可能有轨道规划之类问题.它的关键问题是模糊规则的校正和标定.最后,Zadeh 强调,作为处理与人类有关的实际世界不确定性的方法之一的模糊逻辑不是孤立的.它通常和神经计算、遗传算法、概率推理等共同使用而构成一种软计算(SOCO)的联合体(consortium),并导致一种混合智能系统(HIS)的概念。

在 Ralescu 主持的专题小组讨论中,主要是对模糊技术在日本的发展进行回顾和评估.日本的模糊理论研究始于 70 年代成立的日本模糊理论协会(SOFT)和建于东京工大的菅野(Sugeno)实验室.值得注意的是,该实验室的研究内容主要是模糊信息处理,如智能计算、计算语言学、自然语言理解等,模糊控制只是其中之一.其最新的研究成果(1994 年)是一种无人驾驶的直升飞机,据说其中也就用了 90 条模糊规则.1989 年在通产省支持下成立了国际模糊工程研究所(LIFE),六年内它的研究内容主要也是模糊信息处理,如决策支持、智能机器人、模糊计算、智能界面、联想记忆、图象理解等等.至于人们十分关注的它们在家用电器中的成功应用,实际上包括两部分内容,即为了节省家务劳动时间的全自动电器和家用电脑及娱乐享受中的人机界面。

对于模糊理论的看法,这里引用了两段话.一是 Zadeh 的不兼容性原理,即随着系统复杂性上升,其有意义的精确描述必然下降,两者是互不兼容的;另一段则是 Terano 说的,对模糊理论需求的范围正比于设计者考虑人类用户的程度,系统越人格化,就越需要模糊逻辑.他们也很强调软计算的意义,并且号召控制界要更多关心实际的需要,要从根本上建立一种包容 Rule-based 控制方式的理论体系。

4 智能控制系统(两个专题小组讨论)

在讨论中共有七个发言,主要讨论了智能控制的概念和定义、一般系统结构框架、理论问题和应用成果等等,反映了人们对这个领域的关注.他们的基本观点可概括如下。

即使是狭窄意义下的智能仍很难技术实现.有人把智能定义为自独立性(autonomy)的程度,并把智能控制系统定义为具有高度自独立性的控制系统,它可以自学习、自重构,施行推理、规划和决策.为此它必须能处理来自复杂动态系统及其环境的非良结构并带有噪声的大量数据,并从中提取最有价值的信息;为此它可能会用到模糊逻辑,神经网络等等软计算技术.至于智能控制系统的结构,仍和常规系统一样包括前馈、反馈、预测等等,只不过要用更复杂的信息处理软计算技术等加以实现(R. Shoureshi)。

Antsaklis 则把智能自主控制定义为用机器实现原来由人完成的若干智能行为(诸如学习、规则、故障检测、参数校正等等)的复杂控制系统,这自然要用到多种不同的模型和信息处理技术.他详细介绍了在 Notre Dame 大学研制的一个基于混杂系统理论框架的智能控制系统。

Samad 认为智能控制尽管已取得大量明显的实效,它在理论和方法论上仍难以被接受,这表明它涉及到控制工业(而不仅是技术)范式(paradigm)的根本改变.如果说原来是“解析的”控制,则现在的可称之为“后解析的”控制.在引入各种新方法的同时,许多已有方法(如学习,自适应等)仍将被使用并被赋予新的含义.

Widrow 等人提出了一种“智能自适应逆控制”的设计方案,并给出了仿真结果.

Furuta 首先回顾了 K. S. Fu, Saridis, Vidyasaga, Astrom 等人对智能控制的定义.然后指出,如果把智能机器定义为具有适应变化环境能力的机器,则它应具有以下功能:感知环境变化,存储过去经验的数据库,由数据演算规则的逻辑,施行于环境的控制能力.他以智能机器人为例提出了一些具体的做法,如:为生成参考轨道而构造的虚拟内模(VIM),建模和控制设计交互进行,有限参数化模型的使用和验证,等等.

Mystel 提出一种基于无监督学习的智能系统,他还和 Albus 一起在另一个专题小组讨论中介绍了美国国立标准和技术研究所(NIST)提出的实时(智能)控制系统(RCS)结构.这种系统基于“症候的”(semeotic)控制范式,可提供方便的手段进行自然和技术智能的仿真.其参考模型体系结构是多层的,包含 BG(行为发生),WM(世界建模),SP(传感器处理)和 VJ(价值判断)四种处理单元.在 BG 中又包括 PL(计划)和 EX(执行)两种模块,而计划模块又具有 JA(作业指派),SC(调度)和 PS(计划选择)等功能.

总之,由于信息科学和认知科学的迅速发展,智能控制也日益受到人们重视.在本届 IFAC 大会上这方面的讨论是比较活跃的.

5 企业管理范式、社会效益和可持续发展问题.

这方面论题的发言较多.首先是 Ido 在大会上作了“工厂管理和控制的新突破”的报告.

日本的原料工业对原油、原煤等进行初加工并为其他工业提供原料.过去以大批量生产降低成本来提高竞争力.近年来由于日本经济衰退,冷战结构变化后竞争困难,对环境要求提高,各下游工业更多地变为多品种、小批量生产,需要不断变化.致使原料工业的质量控制、库存控制等问题变得日益突出起来,实际上也就提出了类似于 CIMS 的要求,即把生产计划和运行控制、设备管理、安全与环保、质量、库存控制和销售等全部集成起来.他认为下一代企业应具有高效率、高效益、舒适而吸引人、高度稳定而安全,且对环境友好.它的组成形式可能是包含集成众多功能的运行支持系统的“生产中心”,许多非传统的控制技术将得到应用,诸如专家系统、情景转移控制、建模-预报、模糊技术、仿真技术、新型传感器等等.

Du Pont 公司的 Trainham 在题为“环境、过程设计和控制:以更好的事物带来更好的生活”的报告中介绍了现代化工面临的竞争和社会压力.这迫使他们必须采用最先进的科学技术、纪律、操作和经营观念,才能具有独特的优势.报告还详细介绍了他们在获取过程知识时,采用先进控制手段,以及保护环境方面的一系列措施.

3M 公司的 Aspengren 在题为“可持续发展对控制工程的要求”的报告中介绍了该公司自 1975 年起推行的 3P(污染、防治、支付)计划.他们通过产品改造、设备改造、过程改造和废料回收利用节约了 7 亿多美元,减少了大量污染.世界工商理事会提出的“可持续发展”概念可归结为 Eco-Efficiency,即在经济和生态两方面的效益.该报告还以实例说明所采用的种种措施的有效性.

实际上,制造业应对环境友好的观念亦被称为“绿色制造”.IEEE 新成立的“健康、安全、环境”分会已就此开了几届年会.其主要目标首先是针对电子工业.我们似亦应把这一概念纳入 CIMS 之中.

6 自动化高速公路系统计划(Stevens, 大会报告)

现有高速公路系统存在着许多问题.就美国而言,每年由于事故死亡 4 万人,伤 170 万人,损失一千多亿美元;拥塞带来的劳动力损失亦达一千亿美元;运输费用上涨 38%;此外还有空气污染、能源浪费以及旅行质量下降等问题.加之现有高速公路容量已达极限而需求仍在不断增长,人们力图靠自动化来解决这一问题.

自动化高速公路系统(AHS)计划是智能交通系统(ITS)计划的一部分,它是由国家、部门和私人企业组成的一个联合体.其工作计划包括六大步骤:确立品质和设计目标(1995);技术可行性论证(1997);多重、可行的 AHS 系统概念的认同和描述;选择系统构形;完成原型测试;完成系统及有关文档.报告还详细分析了实施这一计划将会面临的大量技术问题及社会和法规方面的挑战.

在分组讨论中还有许多关于这方面的论题,包括关于空运交通管理的专题讨论,21 世纪交通系统的预测和一篇介绍日本 IVHS 现状的综述.这些都表明交通系统问题应当引起自动化界的重视.

在 IFAC'96 大会上还有 Coales 的特邀报告“发达国家减少失业的财政手段”.其他专题小组讨论则还有 Goodwin 组织的“控制效益评估”、Schinzinger 组织的“反馈回路伦理学”以及 Antaki 等组织的“人造器官中的控制问题”等.这些都各有特色,兹不赘述.至于分组宣读及张贴(post)论文的情况,这里无法逐一介绍.大体说来,理论文章仍占一半以上.鲁棒控制、系统辨识、随机系统、自适应和非线性系统仍是最重要的分支.线性系统则已被分散在有关的特定分支之中.继之为各种信息处理技术和控制系统设计方法及与离散事件系统和混杂系统有关的问题.

总之,本届 IFAC 大会在理论和各应用领域方面都提供了丰富的信息,它们对我国自动化事业的发展亦将起着巨大的推动作用.

清华大学“模糊系统、神经网络及遗传算法” 高级研讨班 招生简章

根据国家教委教人司[1995]83 号文件精神,为了促进新一代学术骨干和学科带头人的成长,顺利实现高校骨干教师队伍的新老交替,经国家教委批准,我校将举办“模糊系统、神经网络及遗传算法”高级研讨班.本班通过学习、研讨和交流,加深了解和进一步掌握这一新兴领域的学术前沿动态、拓宽知识面,进一步提高学术水平,达到加速培养学科带头人的目的.研讨班由博士生导师孙增圻教授主持,将邀请学术造诣深的国内外专家、教授进行讲座并与大家共同研讨.

一、招生对象

高校学术带头人的后备力量或学科骨干,即在人工智能、智能控制、智能信息处理及智能自动化等领域取得一定成就的教学和科研人员,一般为具有高级职称的中青年教师或具有讲师职称的优秀博士生、硕士生,同时也欢迎其它机构的相当人员参加研讨班,以增进学术交流.

二、研讨内容

1. 计算智能技术概论;2. 模糊逻辑基础;3. 模糊系统分析和设计;4. 模糊系统自适应控制;5. 多层前馈神经网络;6. 反馈神经网络;7. 局部逼近神经网络;8. 模糊神经网络;9. 神经网络在系统建模及控制中的应用;10. 遗传算法及其应用.

三、办班时间

1997 年 10 月 26 日至 11 月 8 日.10 月 20—24 日在北京将举办一个由我们参与组织的首届 IEEE 智能处理系统国际会议,有兴趣者可提前报到参加或旁听该会议.

四、费用

学费及资料费 400 元,住宿费、伙食及交通费自理.

五、报名

1997 年 8 月 10 日前将高级研讨班报名表寄到清华大学继续教育学院.如有在研讨班上进行交流的论文请将题目和摘要一起寄来.

1997 年 9 月 10 日前由清华大学继续教育学院发出同意参加研讨班的通知和有关注意事项.

联系人:王爱梅 清华大学继续教育学院 100084

电 话:010—62782411(O)

联系人:钱宗华 清华大学计算机系 100084

电 话:010—62782266(O),010—62784458(H)

如有需要,可向联系人索要报名表.

清华大学继续教育学院
智能技术与系统国家重点实验室
1997 年 3 月