

控制科学面临的挑战

——专家意见综述

郑应平

(中国科学院自动化研究所, 北京)

说明 为了总结控制科学的发展现状并指出今后研究方向, 1986年9月在美国 Santa Clara 召开了一次由52位著名专家参加的研讨会*, 并发表了反映他们集体意见的报告。本文将其主要内容整理如下以供参考。

一、导言

(一) 历史的回顾

控制科学的特点之一就在于它既有高深的理论又有实际应用的丰富成果。从古亚历山大运用反馈控制来调节水流的水钟到太空探索和加工工厂的综合自动化, 控制系统在技术进步中都起着关键的作用。

J. Watt 的飞球调节器保证了蒸汽机的运行, 在工业革命中发挥了巨大的作用, J. K. Maxwell 对该系统稳定性的分析开始了对反馈原理的基础研究。20年代 Black、Nyquist、Bode 关于反馈电路的研究, Minorsky 关于船舶驾驶的工作等, 均具有极大的理论和实践的意义。二次大战的需求推动了 James、Nichols 和 Philips 的工作, 这些工作在战后导致了在许多方面的重要应用。

60年代以来空间技术对控制科学提出了大量需求并取得了重大成就。Appollo 飞船按最优轨线飞向月球的制导和软着陆均有赖于控制工程。今天航天飞机在各方面都用到自动控制。在航空中飞机喷气发动机的控制、爬升及下降时为节省燃料的轨道优化都是控制应用的典型例子。最近对 X-29 飞机, 尽管它本身是空气动力不稳定的, 通过控制达到了很高的品质。

汽车工业中控制工程可用于减少排污和控制防滑刹车。消费品生产方面, 控制系统可以提高产品质量从而带来经济效益。从简单的热电极调温到高密度磁盘光学控制, 从车库开门到硬磁盘读取头的伺服, 控制应用深入到工业化社会的每一方面。

过程控制系统可以包括几百个控制回路, 1983年以来自适应控制器已经商品化, 生产率哪怕是很小百分比的提高都会带来很大效益。许多大公司采用了多变量控制算法, 控制算法的改进可以减少库存, 这在处理危险品时尤其重要。采用先进控制算法在核反应器控制中带来很大的安全性和经济效益。电力系统中已普遍采用协调计算的计算机控

*七年以前曾开过一次类似的会议。

本文于1987年6月15日收到。

制系统（仅在美国就有三万多个），也带来了极大的经济效益。

国防领域中的成果亦多不胜数。从二次大战的防空炮火及投弹瞄准到今天的导弹自动飞行及对多弹头的跟踪与识别，都取得很大成功。

（二）控制和系统理论的关键概念

适用于各种不同领域的控制系统有许多共同的、关键的概念。这25年来起重大作用的主要有：Pontriagin的极大值原理；Bellman的动态规划；Wiener和Kalman的滤波理论。它们与反馈、灵敏度及动态稳定性等概念相结合，形成了完整的理论。它们不仅推进了技术发展，而且对其它科学领域也有很大的影响。特别值得一提的是反馈概念，今天在生物、心理、经济等领域均有重要的作用，在工程和决策问题中，反馈控制被用于控制抓取物体的机械手，调节化学过程的温度、压力和浓度，用于对加工系统中的零件或通讯网络中传送的信息包的实时调度，以及用于电力系统和大型空间结构的镇定。即使是象磁盘驱动那样的小尺寸系统，由于苛刻的技术要求，也具有相当的难度或复杂性，更不用说系统模型和工作环境都更为不确定的大规模系统了。

60、70年代的另一重大突破则为线性状态空间模型的能控、能观和反馈镇定的理论，以及由输入-输出模型求其状态空间实现的理论。它们已经编成软件包并用于控制系统CAD。但由于要求知道精确的模型，并需假定为满足线性微（差）分方程，它们在实际应用中仍有局限性。

（三）控制和系统理论当前须解决的问题及未来方向

如前所述，控制理论的概念、方法应能推广而用于（1）未能完善建模的系统；（2）开始时模型不清楚，但可在系统运行中加以改进的系统；（3）由离散事件驱动的动态系统。这实质上就是把建模作为设计过程的一部分来看待。这里需要新的模型，不仅包括解析的、数值的，而且还有定性的、符号的表达方式。例如象柔性加工系统或计算机操作系统，它们是离散事件相互作用的网络，是动态的、因果的，但又是异步、非解析和非数值的。

对不完全已知或非传统模型的系统需要有更多类别的控制律、算法、策略、法则、规范、……。计算机的大量使用不仅可以实现如自适应、自学习等更高级的控制算法，而且通过离线的CAD方法可以实现基于经验的搜索而得到具鲁棒或容错性质的控制结构。

朝向这一目标前进已有许多令人鼓舞的成就。离散事件系统的理论模型（如排队网络）结合仿真研究方法（如轨道摄动技术），可能为通讯网络和柔性加工系统的优化带来突破。人们把线性的几何概念成功地推广到非线性系统，并结合符号运算，已得到广泛的应用。诱人的自适应控制的思想已发展到可以定量地分析模型不确定性和估计、控制算法的收敛性之间的关系。

控制领域的发展目前面临许多挑战，它们来自：（1）计算机与电子技术的交叉影响；（2）现在和未来应用的需求；（3）基础概念和理论的进展。为了清楚地认识这些挑战，52位专家集中在Santa Clara大学进行广泛的讨论并形成了本文所表达的意见。大家建议对控制理论的这些挑战性问题的研究给以鼓励和支持，从而为将来的技术突破

提供必需的理论方法和设计工具的保证。特别要强调的是未来问题中日益增加的复杂性,再加上符号和数值混合描述带来的双重挑战,必须形成新的方法学、理论和算法,才有可能满足越来越严格的品质要求。

二、当前和未来的挑战——集体的意见

本节提出的一系列研究问题涉及理论、实验和应用的许多方面。提出的依据是它们的挑战性和对将来技术发展的推动作用。它们共同的基本论题有二:(1)更高的品质要求对设计方法的影响;(2)数字计算机和微处理机不仅作为计算工具、而且作为系统部件而带来的影响。

(一)多变量鲁棒、自适应和容错控制

工业过程、运载工具等动态工程系统总是在变化的环境中运行,它们的行为不能用精确的数学模型来描述。当存在模型不确定性和不可量测的扰动时,采用反馈控制可以有效地实现较高的品质要求。特别是对系统的镇定及当硬件、软件出现故障时能保证系统继续正常运行。

对反馈的研究包括:(1)创造、分析和描述好的控制算法;(2)通过新的设计方法和控制系统 CAD 软件来提高设计和实现这些控制算法的效率。

多变量反馈控制设计方法(如 LQG 类的方法,几何和多项式方法, H^∞ 优化等)的本质就在于基于多传感器的实时测量而对多个执行部件的作用进行实时动态协调。这当然可以改进系统品质,但随着复杂性增加,失效问题也更为严重。时域和频域理论的进步使这些方法更容易被实际工程师接受,而超大规模集成技术的进步又保证可以可靠而廉价地用数字控制器来实现各种复杂的算法。这使成功的实际应用迅速增加,特别是 CAD 软件(如 MATLAB, MATRIX-X, CTRL-C, ProgramCC, L-A-S, LQGALPHA 等)起了巨大作用。

在多变量线性控制系统方面待解决的问题有:(1)对设计中固有的“定向”问题的深入理解;(2)系统品质和不定性的相互影响,例如多重非最小相零点和大时延对稳定性/品质关系的影响;(3)对数字多变量控制器研究针对多时间尺度和其它定向性质以建立设计异步控制器的方法;(4)对几何(向量空间)和代数(多项式及矩阵分式)方法间关系的研究;(5)许多大系统设计方法(分散控制、模型分解和降阶等)对许多工程问题(空间柔性结构的控制、电力系统等)的实际应用是至关重要的。

要在模型不确定条件下达到满意的品质,控制器应当具有以下性质:(1)对模型不确定性的鲁棒性;(2)对系统动特性缓慢变化的适应性;(3)对传感器、执行部件、计算机及软件失效的容错能力。对这些挑战性的要求,分析方法和设计理论都还没有建立起来。

对鲁棒性问题,关键是减小鲁棒稳定判据的保守程度。这时可尽量利用对不确定性的验前知识而将它“结构化”,并得到系统品质的“定向”性质。同时还要研制具用户友好接口的软件系统,以便于工程设计。

80年代初人们发现自适应算法收敛(李亚普诺夫稳定)的条件过于苛刻,在实际应用

中常由于不可避免地存在寄生的高频特性和输出扰动而失稳。这导致了更切合实际的鲁棒自适应算法,以及包含启发式法则的“安全网络”来监视自适应系统的工作,当发现失稳时就将其关断。在这方面有许多有待解决的问题:

- (1) 全面权衡持续激励的损失和自适应控制的总体效益;
- (2) 尽量减少参数化之后的可调参数的个数,直至建立“非参数的”自适应控制;
- (3) 把单输入单输出结果推广到多变量情形;
- (4) 建立能确定动态特性的“频域界限”的辨识算法,从而可克服“结构的”不确定性。

容错控制技术包括故障诊断及定位,以及按它来修改控制结构这样两大方面。必须充分利用计算机技术的成果,从硬件和软件两方面来加以实时实现。数值和符号运算的混合,控制理论和人工智能的结合是必然的趋势。由于控制问题具有动态、随机等性质,现有的人工智能技术也需要进一步发展才能适用。

(二) 随机控制

这是环境干扰可以用随机过程来描述的情形。已有的研究成果包括:(1)一些工业和飞行控制问题的有效的建模和分析方法,如最小方差跟踪控制等;(2)对完全状态观测、集中控制情形的一套完善的理论;(3)排队(和流量控制)网络最优控制的建模和分析方法,如用于水库和发电的管理问题;(4)一些计量经济问题的建模和分析方法(如风险投资和证券管理);等等。

在以下领域有许多重要问题有待研究。

(1) 对非线性对象的控制需要有效的非线性信号处理和非线性估计的算法以重构状态和未知参数。现在对非线性滤波中出现的偏微分方程已有较好的研究,面临的问题是如何用并行处理等新的计算技术予以数值地实现。此外,同时进行辨识和控制(二重控制)的自适应随机控制问题仍然是个重要而困难的问题。

(2) 许多实际的随机控制问题中具有分散于不同地域的传感器和控制器。这种分散随机最优控制问题提出了许多挑战的难题,例如系统中的信息流和分布决策的关系问题。

(3) 对于困难的二重控制问题已发展了用可控马尔可夫链进行逼近和渐近展开等方法,这些方法还有待改进和推广。

(三) 非线性控制

“线性化”的办法用于非线性对象并不总能得到满意的结果。特别对像姿态控制、飞机控制、机器人控制、无刷直流电机和化学过程等控制问题中,由于严重的非线性,宽的运行范围,必须寻求真正的非线性控制技术。近来运用微分几何等数学方法对非线性系统的认识有了很大的进步,在能观、能控等定性性质的研究上取得了许多结果。在控制方面也发展了扰动解耦、输入-输出解耦和反馈线性化等技术。它们已被成功地用于象直升飞机那样具多轴非线性动力学的十分困难的控制问题。

但总的说来理论和应用都还很初步。有许多问题有待研究,如:(1)灵敏度、鲁

棒性问题；(2) CAD 之类的工程设计方法；(3) 非线性观测器和动态补偿理论；(4) 左、右可逆性、解耦等非线性输入—输出理论；(5) 非线性系统镇定的条件和方方法；(6) 允许模型误差及不精确补偿的设计技术；等等。

(四) 分布参数系统的控制

用偏微分方程及积—微分方程描述的系统包括大型柔性空间结构，柔性机器人，自适应光学及变形镜、颤振抑制及液流的控制等。尽管大家做了许多努力，大量的理论和实际问题仍有待解决。

(1) 用于大型挠性结构的传感器和执行器对系统的动态品质有较大影响，这在结构设计时就应当加以考虑。

(2) 对偏微分方程系统中常有的小阻尼振动的机理研究及相应的有效的辨识和控制算法。

(3) 分布参数系统的稳定性对小时延或传感器/执行器的位置均十分敏感，需要特别的定义和研究方法。

(4) 广泛使用的有限元近似方法常常给出错误的结果，它的可用性需要证实，新的近似技术还有待发展。

(五) 离散变量及离散事件系统的控制

在许多情形，用微分或差分方程描述连续取值的物理量的动态变化过程的传统模型已不适用。其例有：

(1) “基于规则”(rule-based)的智能控制系统。在确定采用传统的手段之前，先要进行一系列诊断或决策。这时的状态变量将包含一些开关量。在飞机、机器人、汽车、电力系统控制中往往存在不同的模态，包括某些失效模态，也需要若干规则来进行切换。在工程上这可用可编程微处理器来实现。

(2) 离散事件动态系统往往是一些人造的复杂动态系统，诸如柔性加工系统、计算机或通讯网络、交通系统等等。系统的状态可以是各加工站等待加工部件数、各站的忙或闲、加工时间、作业进程等等，它们在一些不均匀的离散时刻发生切换。对这些系统目前还没有适切的模型和控制设计方法。某些系统在其它学科曾得到研究，但系统与控制工程的研究人员对此还有一些独特的见解和新的研究方法。

为了处理兼有连续和离散变量的混合系统，开始出现了“多重模型假设检验”的技术。这时面临：(1) 对观测数据序列的若干可能的解释；(2) 每种解释对应一种模型；(3) 每个模型的最优处理算法(Kalman滤波器)，由它产生的统计数据可用来判断哪一种解释最可能是正确的。这种高级决策将包含在反馈策略之中。

进一步推广这种思路，可以把更多的知识和信息纳入反馈控制设计，诸如符号推理等。计算机硬件、软件(如符号运算语言等)的性能提高、价格下降，为上述方法提供了技术基础。

这种混合系统的控制还有许多基本问题有待研究。首先是高级智能监控装置的模型化及其研究。它必须在结构变化(例如出现失效)时确定控制策略，应能把高级语言的指令转化为规范轨道以作为控制的目标，并把多个传感器的数据综合起来给出“语言”

的反馈。这时需要建立符号表达方法，并把传统控制概念推广过来；需要建立监控策略和智能化管理策略的综合方法。在调度问题中最优化和人工智能技术的结合就是一个典型的例子。

在技术领域离散事件动态系统是经常遇到的，但目前还没有好的动态模型和分析及控制的技术。尽管有有限状态马尔可夫链、Petri网、排队网络及离散事件仿真等方法可以解决一些特定问题，但由于数学上不简洁、计算量太大，其用途十分有限。今后建模方面仍是一个焦点，它应回答：如何进行形式的描述和推理，能否找到一种算法判断模型是否能很好拟合实时数据，这种决策算法的复杂性如何，如何确认某些复杂仿真程序的有效性，等等问题。

有了好的模型，就可以把对传统方法描述的系统的分析、控制和优化的技术移植到离散事件系统中来，例如按规定的品质要求设计控制器。柔性加工系统的计算机动态自适应调度问题，或者可变结构通讯网络中信息包的编程和分散式流动控制，都是实际的例子。

此外，由于离散事件系统中局部扰动不能（像连续系统那样）瞬时地影响所有其它部分，模块化的思想可能更为有用。但其确切含义和具体做法仍有待研究。

（六）信号处理和通讯

学科间的交叉促进了各自的发展。控制与系统科学中估计、辨识和结构判别等技术，为信号处理和通讯中开发新算法提供了许多机会。

（1）基于模型的信号处理。

基于不精确的模型我们已有若干算法来判断、估计该模型的好坏。这种思想自然可用来评价某些假说，或者设计用以评价假说的实验。这种做法曾在导航或化学过程的控制中起过很大作用，近来又用于许多新的研究领域。例如计算机视觉，包含的问题有目标识别、运动估计、景物分析、视觉和遥感等。它们在机器人（避开障碍，视觉反馈）和自动化（外观检验系统）中有重要的应用。

另一类是所谓“反问题”，即由已有知识及外加信号的观测来重构物理现象的结构和参数。这与系统辨识比较接近，涉及应用有地震信号和物理探测信号的处理、无损检验及医学图象处理等。关键问题是如何控制为匹配已有信息所需的自由度，以及所需算法的复杂性。

（2）概率符号推理和离散事件估计。

多模型假设检验是符号推理中的重要过程。其中我们有：1）对数据的若干可能的解释有待选择；2）对每种解释有相应的模型以及数据处理算法；3）由此产生的统计量可用来判断哪种解释和模型最为正确。这套来自系统辨识及自适应控制的办法已被推广而用于更复杂的情形，诸如多传感器相关和多目标跟踪及辨识等进行离散型决策的情形。在心电图判读时从连续波形也只要给出有限几种可能诊断，汽车的多模态控制、电力系统故障的检测也都是应用例。各种知识和信息要得到最大限度的运用和压缩，以进行高层的决策。

（3）超大规模集成电路（VLSI）处理器及有效的算法。

从结构和参数辨识不仅可为算法设计提供新方法,而且可用于发展信号处理和控制用的计算机新结构,例如专用并行计算阵列。二维信号或图象处理的新算法开发也是与此有关的问题。多维信号的“非因果”系统理论给出了空间数据递推处理、并行分解以及和标准二维信号处理算法完全不同的滤波器稳定性研究的结果。

(七) 分布式信息处理和决策结构

传感器敏感度的提高和发送能力的增强要求系统能及时处理大量的数据。在具有机器人的柔性加工单元中,大量传感器不断发出关于机器人和工件间相对空间关系的信息。这里不仅有有力传感、接近度传感、触觉或视觉传感的数据,也有各种对象 CAD 模型的数据。如何把所有这些数据集中处理以得到关于工件的完整形象仍是个未解决的问题。在指挥控制系统、分布式计算机网络、复杂飞机控制系统、电力系统 等复杂系统中,也有类似的问题。

这些大系统由许多子系统组成,它们采集不同的信息并各自进行决策,但仍然是为了达到共同的总体目标。各子系统拥有的对整个组织的验前知识是不完全的。如何以模块形式表达这些验前知识从而为各子系统间提供一种兼容的界面,仍然是个未解决的、挑战的问题。

对这种系统要研究的关键问题有:(1)确定在子系统一级应发送多少传感器数据,应进行多少数据处理和压缩的工作;(2)信息应如何表达和集结以适应各子系统的界面和知识的容量;(4)保持分布式数据库的相容性;(3)确定谁应当在何时向谁传送哪些信息,以利于决策;(5)建立通讯联系和约定以满足信息传送要求。

有希望的研究方向则包括:(1)确定新的集结方法,使压缩后保存最有用的信息为决策所用;(2)建立关系数据库,它应包含同样对象的多种模型以及数据更新的整套基于规则的技术;(3)建立数据检索和处理的系统化算法,以得到对环境 和对象的相容的认识。这些挑战的问题可以简称为:分布式检出,信息集结(压缩)和分布式数据库动态更新的相容性。

网络就是一种研究较多的系统结构。对网络的分析 and 最优化问题已由原来较简单的静态情形发展到了复杂的动态情形。

前面讲过的离散事件系统就是一种排队网络。它的动态分析包括工件(顾客)流的确定,它们的逗留时间,环节或整个网络的通过量,等等。即使对只串接三台机器和其间的有限容量存储器的加工线,目前也未能得到完全的解。由此可见这个问题的困难程度。

动态网络的控制问题一般包括流的控制和路径安排。这些现在大多只有些启发式的方法,加上紧急状态时的一些控制法则,例如在电力系统中切断若干用户、网络改组、开动备用电机等等。

分散决策经常是由许多不同的人来进行的。当存在复杂的决策支持系统时,传统的人-机系统或组织化理论的研究方法已不够用。总的说来仍然是在不确定环境下,如何刻划各自具有不同信息的多个决策人的行为问题。组队论已经为此提供了许多理论方法,认识了不少规律,但仍只能处理比较简单的情形。新的理论应能给出灵活、可靠并具鲁

棒性的决策机制,是否严格地最优倒在其次。对随机地出现的作业进行实时调度,而每个决策单元都不完全了解将出现的作业的整体情况,就是这种问题的例子。

在分布式信息处理和决策结构研究中,以往很少论及的新问题有:(1)考虑计算能力而对信息处理算法复杂性的约束。如何把计算机科学中的工具与决策理论结合起来,建立计算和智能能力的模型,把并行信息处理和分布决策结构连成一体来设计;(2)把可靠性和生存性作为首要的品质要求;(3)处理系统状态突发的、定性的、改变的能力。

由于需要建立人类决策模型又提出了另一些问题:由于对人类认知过程认识不足而缺乏适用于分析和设计的定量或定性的模型;对由于加入人类决策而带来的新型不定性尚有待研究;关于人类行为规律及其间相互作用(共享信息、执行命令等)的模型;各人概念模型之间的差异对系统品质的影响;由人参与的决策过程的鲁棒性的概念,这对于不同人轮班进行控制的过程(如在空中交通管制中心)是特别重要的。

对决策支持系统尽管投入很大力量,但都很少对决策单元特性或所支持的组织(系统)的动态性质进行认真的建模和分析。这些也都是急需开辟的领域。

(八)系统的集成、实验及其技术实现

工程师面临的设计问题越来越多地涉及复杂的大规模空间分布的系统,它们由许多具不同时间尺度异步运行的子系统组成。设计出来的系统应是可靠的、能容错的,并能满足复杂的多准则要求。从而整个设计过程应包括控制器设计及其它步骤的相互作用和迭代。传统的技术已不大适用,而把多传感器、计算机、多执行元件和各种物理对象集结起来的现代方法还没有形成完整的理论。

当下一代微处理机功能更强、存储更大时,更高品质、更可靠的子系统集成技术就成为主要问题。控制律是以软件和硬件实时地共同作用来实现的,软件、硬件形成模块,相互作用而形成网络。

设计的关键一步是由总设计要求来确定系统技术指标。这两者之间的关系本身就是一个有待研究(理解、建模、分析)的问题。从系统理论角度,这就是从部件行为预测系统行为的老问题。

由于标准的数学分析方法已难适用,仿真(计算机或物理的)技术常是唯一的检验方法。大规模的仿真实验涉及实验设计、有用信息提取等复杂的技术问题。这种实验在计算机通讯网络、电力系统的故障恢复过程、柔性加工系统(FMS)和指挥—控制—通讯(C³I)系统中都会遇到。

此外,直接实验仍然具有不可替代的重要性。理论的认识总是来自实验的发现,而后才谈得上数学方法的运用,物理科学的发展正是如此。

技术实现是系统设计中变化最快的部分,计算机、传感器和执行部件的迅速进步改变了设计的观念。如何设计高度可靠、具容错性能的计算机控制器,并与传感器、执行部件一起构成可维修的系统,是一个高度挑战的问题。考虑硬件约束的新设计理论已成为新的研究目标。

三、结论——更远一些的展望

电子学的发展为控制技术的进步提供了许多新机会。研究、教育人员以至企业家都面临一个重要的问题，即：这个领域的科学基础应具有何种形式？在各学科间可迅速交换思想的共同语言是什么？除了数学、物理外，来自其它科学的思维将起着越来越大的作用。除了为传统的应用领域如航天航空、过程控制服务外，还将扩展到从计算机科学到生命科学的广阔地带。这些都将导致“控制工程”根本的改变。

Wiener 在 40 年代提出“控制论”一词时，指的是包括数学、工程、生理和心理成果而实现人机协同（机器仿效人类，为人类服务）这样一种理想境界。所谓控制理论则是 60 年代对于技术需求给以漂亮的分析解决而形成的一个具体分支。今天技术的发达又使一大类新问题的解决成为可能，专家们正在探索新的思想规范以适应这种变化。能否从生物研究得到启发来设计更好的机器？能否用生物行为作为判断工程系统品质的基准？控制论观点能否再次为我们提供新的思想源泉？

解决任何复杂的工程问题都首先要对各子系统及其相互作用给以一种恰当的描述。传统的作法是用传递函数来描述部件，用反馈来刻划其间关系。今天则需要一种可以从语言（符号）的指令输入直到各部件运动的规定（包括加工和产品分送！）的几乎无所不包的框架。尽管目前还没有任一学科可提供完全的解决，大量实践和理论的认识已形成了若干颇有潜力的体系框架。

与此同时，机器也变得更能“面向符号”，从而更具人的特征。单靠设计更好的反馈已经不够，系统品质的改进要求有更高程度的系统集成。

控制科学的未来需要有来自更多学科的工具和思维模式。心理学对人类大脑如何协调全身几百个自由度运动的问题已进行了长期的研究，是否应当有所借鉴？通过研究控制复杂性的面向目标语言的技术，从软件专家那里可以学到哪些东西？现在就开展解决计算机结构和动态系统品质的实时控制理论的研究是否可行？是否可以建立更复杂的（至少包含开环—闭环的各种组合的）控制结构体系？

这一切表明，控制和系统科学在工程和科学中有重要的作用，它要求一大批富有才智的研究人员长期不懈的努力并不断提供新的成果。

CHALLENGES TO CONTROL: A COLLECTIVE VIEW

Zheng Yingping

(Institute of Automation Academia Sinica, Beijing)

Abstract

This is a summarized version of the report of the workshop held at the University of Santa Clara, Santa Clara, California, September 18—19, 1986. The workshop is sponsored by the National Science Foundation in Cooperation with the IEEE Control Systems Society, and participated by 52 experts in the field of system and control science.