

·科学论坛·

关于自动化领域中若干基础科学问题的思考

王成红

(国家自然科学基金委员会信息科学部,北京 100085)

[摘要] 针对《国民经济和社会发展第十个五年计划纲要》中“以信息化带动工业化”的要求和自动化科学与技术的发展现状,本文分析并提出了我国自动化领域中若干值得关注的基础科学问题。

[关键词] 自动化科学与技术,发展战略,基础科学问题

近二十多年来,中国虽然在信息技术和工业现代化方面取得了令世界瞩目的成绩,但与发达国家相比仍有较大的差距。中国工业化的现状一方面表现在高新技术含量少、自动化程度不高,另一方面表现在地域发展上的不平衡。全面提升传统产业的自动化水平,并尽快在全国范围内实现工业化是中国政府和中国人民面临而又必须完成的艰巨历史任务。

在今后5年内,中国一方面要实现“信息化与工业化同步发展”,另一方面要“以信息化带动工业化”。这种要求给中国自动化科学与技术带来空前的机遇和挑战。因此,有必要进行深入的调查研究和广泛的学术交流,以便搞清楚:(1)当前国内外自动化科学与技术的发展动态;(2)自动化科学与技术在我国“信息化带动工业化”过程中扮演什么角色、起什么作用;(3)从基础研究和应用基础研究层面上讲,哪些是带有全局性、战略性的关键科学问题。这对于我们把握自动化科学与技术的发展方向、调整国家自然科学基金委员会的相关资助政策是非常重要的和非常及时的。

面对国家“十五”发展规划的宏观要求和我国自动化科学与技术的发展现状,我认为下列重大基础科学问题不仅需要引起我国自动化领域科技工作者的关注而且具有挑战性。

1 先进传感器与自动检测技术

作为信息获取元件和自动控制前提的各种传感器已广泛地应用于工业、农业、医疗、环保、国防和科

研等领域。传感技术是新技术革命和信息社会的重要技术基础,各发达国家都将其视为现代高技术发展的关键。

目前世界上有各种各类传感器 20 000 多种,而我国只有 2 000 多种。我国在传感器方面存在的主要问题是:(1)品种少;(2)检测精度低和检测范围小;(3)稳定性和可靠性不高。这些问题严重地制约着我国生产自动化水平,从而也严重地制约着我国工业化进程。从基础研究和应用基础研究的角度出发,利用现代物理学、生物电子学、纳米电子学以及各种新材料、新工艺等探索和发现新的传感原理并研制新的传感器件,从源头上提高我国信息化和工业自动化水平是非常重要的和刻不容缓的。

我国在传感器与自动检测技术方面需要关注的基础科学问题是:

- (1)可明显提高检测精度或检测范围的传感原理与传感技术;
- (2)可明显改善检测可靠性和稳定性的传感原理与传感技术;
- (3)被国外垄断而我国又急需的传感原理与传感技术;
- (4)具有动物特征的触觉、味觉、嗅觉、视觉传感原理与传感技术;
- (5)新型智能化检测技术;
- (6)新型软测量技术。

此外,在被测量(或被识别的目标)具有多种属性或受多种不确定因素干扰的情况下,使用多种传感器协同完成共同的检测任务便是必然的选择。近

本文于2002年5月10日收到。

几年来,多传感器多尺度信息融合技术已受到各发达国家的普遍重视,我们信息科学部也将此技术列入“十五”优先资助领域而加以积极支持。

2 精确控制、精确跟踪与精确制导技术

化学工业中产品的提纯、材料工业中特种材料的制备、制造工业中精密工件的加工等不仅依赖于好的工艺,而且也依赖于满足工艺要求的精确控制。精确控制是提高产品质量、优质品率以及产品附加值的重要手段。精确跟踪、精确制导在航空航天以及国防现代化建设中发挥着重要作用。

精确控制依赖于精确测量(精密传感器)、精确灵敏的执行机构和对被控对象的精确描述(精确数学模型)。实现对被控对象的精确控制虽然会受到多方面的制约,但深入了解被控对象的动、静态特性并尽可能精确地建立它的数学模型却是自动化领域科学家义不容辞的职责。

从近5年我们受理的基金申请项目看,我国科学家研究不确定、未确知、不完整信息下的控制问题较多,而力图建立被控对象的精确数学模型并真正实现精确控制的偏少。面对真实被控对象或过程,发挥多学科交叉优势,建立尽可能精确的数学模型以便实现尽可能精确的控制应是自动化领域今后急待加强的研究方向。

与精确控制密切相关的几个科学问题是:

- (1)被控对象的精确建模;
- (2)动、静态目标的准确识别与精确制导;
- (3)动、静态轨迹的准确识别与适时跟踪;
- (4)微、精密加工或操作中的快速定位与控制;
- (5)地面或空间两运动目标的准确对接与控制。

3 基于网络的控制理论与控制技术

本节提到的网络指的是 Internet 网络。基于网络的控制具有如下几方面的优点:(1)能以较小的信息传输代价实现遥操作和遥控制;(2)网上大量闲置的计算资源(各种软件、不满负荷运行的微机和处理器等)可以利用;(3)基于网络的分布式控制可以不同程度地减少中间环节的微机和其他信息处理设备,降低控制成本;(4)可以实现从决策管理层、规划调度层到现场设备层的全系统控制、全过程优化。

但事物都是一分为二的,有利必有害。基于非树状网络(网络内有许多环路)的控制具有如下几方面的缺点:(1)网络在传输数据的过程中,其路径的不确定性以及信道的阻塞等会造成传输延迟的不确

定或不相同。如此,模数转换器输出的等间隔采样离散信号经网络传输后将变得不再等间隔;(2)信号在传输过程中可能丢失或被修改(涉及网络安全问题);(3)与时间相关的信号序列在传输过程中,其序会发生变化,即后一时刻的信号先传到、前一时刻的信号后传到。由于信息在传输过程中存在上述3个方面的问题,所以信息在从一端传到另一端后,其确定性、完备性和序惯性将被破坏。

那么,什么是基于网络控制的基本问题呢?基于网络的控制必须首先从理论上回答:(1)原先基于信号等间隔、不丢失或不被修改、且其序不变的收敛性算法包括各种控制算法现在还收敛吗?若收敛,还收敛到真值吗?收敛速度又如何呢?(2)原先基于信号等间隔、不丢失或不被修改、且其序不变的稳定控制系统现在还稳定吗?若稳定,其稳定程度是否会有变化?(3)原先基于信号等间隔、不丢失或不被修改、且其序不变的可控可观系统现在还可控可观吗?(4)同一控制系统不基于网络与基于网络时,其动态品质、静态品质以及鲁棒性等会发生什么变化。

基于网络的控制及其相关的信息处理需要解决如下几个基础科学问题:

- (1)有利于避免或减少前述三个缺点的网络拓扑结构;
- (2)有利于避免或减少前述三个缺点的拥塞控制与路径分配算法;
- (3)嵌入式网络计算资源的高效调配协议与算法;
- (4)基于网络的算法收敛性;
- (5)基于网络的控制系统的稳定性;
- (6)基于网络的控制系统的可控性与可观性;
- (7)基于网络的控制系统的鲁棒性。

4 全系统、全过程优化与控制技术

本节里的全系统是指整个工业企业。把生产多种产品的整个企业作为被控对象,则适合订单需求的原材料就是这个被控对象的输入,销售出去的产品就是这个被控对象的输出,而以待生产的产品品种、数量、交货期以及原材料的费用等为决策变量,以生产效益最大为性能指标函数的生产调度系统就是这个被控对象的控制器。控制器给出的生产调度方案就是控制律,它不仅决定着原材料的输入而且也决定着企业内各种控制系统输入。深入研究上述系统的全过程优化与控制技术不但能提高整个企业

的自动化水平,而且也可以提高全企业的生产效益。

上述系统的理论模型就是混杂系统,考虑进入的因素后就是复杂性科学研究的复杂系统。近年来,国内外关于混杂系统的研究已从方法论走向形式化,但仍有许多基本问题没有解决。今后一段时间内,混杂系统及其控制仍是一个极具应用价值和挑战性的研究课题。

混杂(或复杂)系统的优化控制主要涉及如下几个基础科学问题:

- (1)混杂(或复杂)系统的结构、功能与行为;
- (2)混杂(或复杂)系统的建模与仿真;
- (3)混杂(或复杂)系统的定性理论(包括解的存在性、惟一性和稳定性等);
- (4)混杂(或复杂)系统的优化理论及其应用;
- (5)混杂(或复杂)系统的控制理论及其应用。

此外,与过程或运动行为有关的各种非线性、不确定性以及时滞等控制问题仍需继续给予关注。

5 多任务多机器人协调控制技术

机器人及其相关控制技术在汽车制造、家电生产、制药等众多工业部门发挥着重要作用。与自动化生产线密切相关的机器人技术的普及程度和应用水平是衡量一个国家工业现代化水平的重要指标。不断地研制各种新型机器人以满足人们对其功能或能力的日益增长的需求是一个永恒的研究领域。

一条自动化生产线可以完成一个复杂的任务(比如说制造汽车),但生产线上每一个(种)机器人只按规定的程序在规定时间内完成一种或几种简单的操作,各机器人之间没有、或基本没有协调控制问题。依据一般的自然法则,多个或多种机器人有机地协同起来,就可以完成单一机器人所不能完成的简单或复杂的任务作业。近几年来,由于应用前景和客观需求的拉动,多任务多机器人的协调控制技术已成为机器人学又一个新的研究热点。

多任务多机器人的协调控制技术主要涉及以下几个关键科学问题:

- (1)语义任务的形式化描述与作业空间的求解;
- (2)动态未知环境的实时建模;
- (3)动态、防壁碰多机器人的多路径协同规划理论与算法;
- (4)多机器人的协同定位与导航;
- (5)多机器人的协同通信与协议;
- (6)多机器人的协同控制。

多任务多机器人的协调控制技术不仅与上述6

个科学问题有关,而且还依赖于单个机器人的研究水平。因此,能自主移动、自主作业的单一智能机器人的研究与多任务多机器人协调控制技术的研究应同时并举,不可偏废。

6 支持新制造模式的自动化技术

在知识经济时代的21世纪,制造业将依然是社会财富的主要来源。在当前及今后一段时期内,中国的制造业依然是最主要的产业,且也是国民经济稳步发展和国民生活水平不断提高的主要保障。一方面,传统的制造业(如:汽车、航空、石油和化工等产业)正在发生深刻的革命;另一方面,伴随着众多新技术的不断涌现,将会产生一些新的制造业。制造业的发展水平在很大程度上代表着一个国家的工业化发展水平。

先进的制造理论、方法和技术是现在制造业的基础。它涉及制造信息和知识的获取、传递、处理和利用,制造模式与生产管理理论与方法,现代设计理论与方法,制造系统和制造过程的测量、优化、调度和自动控制等。

应当看到,我国制造业的相对落后不仅表现在产品设计、工艺和管理三个方面,而且也极大地受到了制造自动化和信息技术的研究和应用水平不高的限制。自动化和信息技术不仅可以在制造业中找到用武之地,也能够极大地推进制造业的现代化。

在21世纪的制造科学中,自动化与信息技术可在如下几个方面发挥重要作用:

- (1)面向信息化制造的新理论与新技术;
- (2)支持新制造模式的自动化与信息技术;
- (3)流程制造过程的建模、优化、调度和控制的理论与算法;
- (4)面向应用的微系统以及微系统的测量与控制技术;
- (5)半导体微机械与微传感技术。

7 人工智能与模式识别技术

迄今为止,尽管人工智能还没有统一的定义、统一的理论框架,且面临着诸多的争议和挑战,但基于“符号主义”、“连接主义”和“行为主义”的各种理论、方法和技术已在国民经济和信息处理领域得到了广泛的应用,产生了可观的经济和社会效益。诚然,人工智能的发展和进步要依赖于人类对自身智能的理解即“认知科学”的发展和进步,但这并不妨碍它在我国工业现代化中发挥重要作用。

模式识别是一个不断发展的新学科,它的理论基础、研究和应用范围也在不断发展。时至今日,模式识别理论、方法和技术已在字符识别、指纹识别、语音识别和计算机视觉等领域得到了成功的应用,并产生和推动了一批以信息处理和信息服务为特色的产业。模式识别技术的广泛应用使得现代意义下的工业化较之以往的工业化在概念和内涵上都有了新的内容,因此有必要加强模式识别理论及其应用基础方面的研究。

上述相关领域的基础科学问题主要有如下几个方面:

- (1)面向非结构化信息的机器学习理论与方法;
- (2)面向非结构化信息的数据挖掘、知识发现理论与方法;
- (3)基于语义和内容的多媒体信息检索技术与方法;
- (4)智能优化、调度与控制的理论、算法与实现技术;
- (5)基于语义和内容的模式识别理论、方法及其

在符号、目标和语音识别中的应用;

(6)主动计算机视觉理论与方法;

(7)多 Agent 系统理论、方法及其应用。

我国“十五”发展规划纲要中提出了用信息化带动工业化的发展战略,这不仅对我国自动化领域的科学家提出了挑战,而且也为我国自动化科学技术的发展提供了空前的机会。只要广大自动化科技工作者面对实际问题、努力攻关,就一定能找到用武之地并为我国工业现代化做出巨大贡献。

参 考 文 献

- [1] 国家自然科学基金委员会. 国家自然科学基金“十五”优先资助领域. 北京:原子能出版社,2001年9月.
- [2] 国家自然科学基金委员会.“十五”优先资助领域论证报告集. 北京:原子能出版社,2002年3月.
- [3] 中国工程院,国家自然科学基金委员会编译. 工程前沿——美国国家工程院“工程前沿学术研讨会”1995年及1996年会议文集. 北京:清华大学出版社,2001年12月.
- [4] 蔡自兴,徐光佑. 人工智能及其应用(第二版). 北京:清华大学出版社,1996年5月.

THINKING ABOUT SEVERAL PROBLEMS OF BASIC SCIENCE IN AUTOMATION DOMAIN

Wang Chenghong

(Department of Information Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

Abstract In accordance with requirements for “promoting industrialization by information technologies” mentioned in the National Development Plan and current development of automation sciences and technologies, several important problems of basic science in automation domain in our country are put forward and analyzed in this paper.

Key words Automation Science and Technology, Development Strategy, Basic Science Problem