

天命唯新: 迈向知识自动化

—《自动化学报》创刊 50 周年专刊序

主编 王飞跃¹

自 1963 年创刊,《自动化学报》已经渡过了五十个春秋. 尽管形式上只是一份学术期刊,但实质上,学报是中国自动化领域专业人士的共同努力和成果之结晶,在很大程度上,《自动化学报》承载着大家的学术生命和希望. 在经历了成长之初十年文革的涅槃之痛后,重生、而立、不惑,今天终于迎来了其天命之年. 衷心祝愿《自动化学报》能在同仁的共同努力之下,天命唯新,再接再厉,走向百年辉煌.

为纪念《自动化学报》创立五十周年,我们特别组织了本期专刊,综合性地反映控制、自动化领域的发展现状和热点. 相关文章简述如下.

在信息时代,传统产业的设计、生产制造和运销管理等环节都已经或正在实现信息化、自动化和智能化. 对于复杂工业的过程控制来说,信息化、自动化和智能化尤为重要. 东北大学的柴天佑院士在综述了已有的运行优化与控制方法的基础上,重点介绍了复杂工业过程的数据驱动的混合智能运行优化控制和运行控制半实物仿真系统. 并以赤铁矿磨矿过程为应用研究案例,仿真实验和工业应用结果表明所提方法的有效性. 并指出了复杂工业过程运行优化控制研究需关注的问题.

目前,复杂系统的分析与控制仍然是国际主流的研究方向,尤其是网络化控制系统为代表的复杂系统研究的热潮. 上海交通大学的席裕庚教授基于

经典大系统控制论的一些成熟方法和方法论思想,思考了复杂网络研究中的一些热点问题,其目的是探索这些经典方法在复杂网络中的可用性,分析其在复杂网络应用中的优点与存在问题,观察其能否为复杂网络的相关研究提供新的手段,能否通过视角的转换提出一些新的问题. 南威尔士大学的刘国平教授等详细地分析了网络控制系统的特点,介绍了其与传统控制系统的不同点,并提出一种网络预测控制方案来实现闭环网络控制系统的性能,通过仿真和实际系统验证了该方案可以弥补随机网络通信延迟和数据丢包,达到期望的控制性能和稳定性. 针对有多个相互子系统组成的大系统,上海交通大学的李少远教授所在团队提出一种分布式预测控制方法,在保证容错性的情况下提高系统的整体性能.

从系统控制的角度,分析系统的复杂特性、研究多模态及多自主体的行为特征与调控方法,成为控制理论的一个前沿热点. 南洋理工大学的谢立华教授所在团队详细讨论了含有传输噪声的多自主体系统的均方围堵控制问题. 瑞典皇家理工学院的胡晓明教授所在团队综述了多自主体系统的估计与滤波、外部干预和分布式控制等三个问题. 中国科学院数学与系统科学研究院的张纪峰研究员所在团队详细回顾和总结了多自主体系统的量化趋同和有限数据率趋同问题的相关研究.

多年来,控制理论的研究对象已从单变量、线性、定常、连续扩充到了多变量、非线性、时变和离散领域. 针对非线性控制系统的鲁棒控制问题,东京农工大学的邓明聪教授所在团队以基于演算子理论的鲁棒右互质分解为基础,提出了一种较新的非线性鲁棒控制方法,简述了此方法的概念、基本理论及其应用. 为了解决引入信息技术的现代工业应用中控制和通信的收敛性问题,量化控制系统的概念被

1. 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室 北京 100190

1. The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

引用格式: 王飞跃. 天命唯新: 迈向知识自动化 —《自动化学报》创刊 50 周年专刊序. 自动化学报, 2013, 39(11): 1741–1743

Citation: Wang Fei-Yue. The destiny: towards knowledge automation — preface of the special issue for the 50th anniversary of Acta Automatica Sinica. Acta Automatica Sinica, 2013, 39(11): 1741–1743

DOI: 10.3724/SP.J.1004.2013.01741

提出. 高维数、量化、非线性、不确定性的存在给非线性系统的量化控制带来了巨大的挑战. 纽约大学理工学院的姜钟平教授等综述了线性和非线性量化控制系统的研究进展, 并提出一些开放性问题.

从自动化发展的早期阶段到经典控制理论时期, 再到现代控制理论时期, 自动控制理论作为自动化研究方法和基础经历了频域分析方法、状态空间方法、智能控制等发展阶段. 智能控制理论是以专家系统、模糊控制、神经网络等智能计算方法为基础的控制理论, 其理论和思想可以用于解决控制中的诸多问题, 例如优化问题. 北京理工大学的陈杰教授所在团队从模糊优化控制、神经网络优化控制、模糊神经网络优化控制、基于智能优化方法的优化控制等角度, 对国内外与智能优化控制密切相关的研究进行了综述, 在此基础上对智能优化控制的相关概念进行了深入分析, 并对智能优化控制方法进行了分类, 最后对与智能优化控制有关的一些重要问题进行了讨论, 并展望了智能优化控制研究未来的发展. 东北大学的张化光教授所在团队综述了模糊双曲正切模型 (Fuzzy hyperbolic tangent model, FHM) 的发展历程和现有的科研成果, FHM 是一种全局模糊模型也是一种神经网络模型. 根据此模型设计的控制器能够使系统的性能指标达到最优. 与其他模糊模型相比, FHM 更加适用于对多变量及系统内部信息所知有限的非线性系统进行建模. 自适应动态规划 (Adaptive dynamic programming, ADP) 是一种基于数据的具有自学习和优化能力的智能控制方法, 已经成为控制理论和计算智能领域最新的研究热点. 中国科学院自动化研究所的刘德荣研究员等对 ADP 的理论研究、算法实现、相关应用等方面进行了全面的梳理, 介绍了最新的研究进展, 并对 ADP 的未来发展趋势进行了分析和展望.

20 世纪 50 年代, 人工智能的提出, 将自动化科学技术推向了一个新的发展方向. 在之后的几十年里, 人工智能领域获得了长足的发展. 机器学习在人工智能的研究中具有十分重要的地位, 而半监督学习成为近十多年来机器学习的一大研究热点. 南京大学的周志华教授详细综述了该领域的主流范型之一——基于分歧的半监督学习的研究进展, 它通过使用多个学习器来对未标记数据进行利用, 而学习器

间的“分歧”对学习成效至关重要. 机器视觉是人工智能另一重要研究分支. 随着机器视觉技术自身的成熟和发展, 近年来, 相关技术在现代制造和冶金业中得到越来越广泛的应用. 中南大学的桂卫华教授等将机器视觉引入矿物浮选过程的监控以提高矿产资源的综合利用水平, 其从矿物浮选泡沫图像特点出发, 分别从浮选过程的泡沫图像关键特征提取及表征、浮选过程关键工艺参数检测和浮选工况识别等方面, 综述了当前国内外基于机器视觉的浮选过程监控技术的现状和最新进展, 探讨了基于机器视觉的浮选过程监控系统的应用. 最后总结了基于机器视觉的选矿过程监控技术的发展趋势及面临的挑战.

随着人工智能、计算机视觉与现代控制理论的不不断发展, 智能机器人的概念被提出, 各种机器人不断地被研制出来, 并成功地应用到生产生活中. 近些年, 我国已经取得了多项技术的突破, 已经研制出了多种机器人以及机器人系统, 例如仿生机器人、空中机器人等. 而在机器人领域仍然存在许多前沿性的关键技术难题, 如多传感器信息融合、路径规划技术、检测与目标跟踪问题等. 无人机因具有机动性、适应性和生存能力强, 制造和维护成本低等优点, 成为空中机器人的研究热点. 新加坡国立大学的陈本美教授所在团队引入了一种综合控制、导航、定位和地图构建的室内四旋翼无人机系统. 通过一次完整的飞行数据的收集, 无人机系统的历史轨迹和室内环境就可以很好的估计出来. 基于离线构建的地图, 自主导航系统不需要任何远程感知信息或离线计算能力. 完整的飞行测试验证了解决方案的有效性. 东南大学的孙长银教授等分析了近空间高超声速飞行器的特点, 给出大包络飞行的统一模型, 总结了高超声速飞行器巡航控制、再入姿态控制研究的现状, 强调了弹性、非最小相位、再入制导控制一体化设计等问题. 最后, 结合高超声速飞行器的发展, 阐述了高超声速目标的拦截问题, 提供未来可供研究的方向. 随着仿生学、机器人等相关理论的不不断深入, 仿生机器人成为机器人领域的又一研究热点. 中国科学院自动化研究所的谭民研究员所在团队在多年对仿生机器鱼研究的基础上, 给出了一种仿生机器鱼的 S 形启动的控制方法.

随着国民经济各行业及科学技术的迅速发展,检测技术与自动化装置作为自动化的二级学科,其专业理论和技术水平不断提高,研究内容越来越丰富,应用范围也越来越广阔.多相流是现代流程工业及其相关科研领域内常见的控制与研究对象,对其过程参数的检测是工业生产与科学研究中的一个研究热点问题.天津大学的董峰教授所在团队针对工业过程中的多相流过程参数检测问题,介绍了多相流的特点及其过程参数,并分类介绍了多相流过程参数检测方法,重点讨论了检测的难点及其未来发展趋势,为更好地解决复杂工业过程多参数检测问题提供方法基础和借鉴.清华大学的周东华教授等着眼于闭环环境下动态系统中的故障诊断问题,介绍了目前闭环系统故障诊断的研究意义,特别关注了开闭环故障诊断的不同,并概述了现有的闭环系统故障诊断方法.通过仿真实验比较了典型开环系统和闭环系统中故障诊断的不同性能.最后探讨了闭环系统故障诊断研究中亟待解决的问题以及未来可能的研究方向.概率假设密度 (Probability hypothesis density, PHD) 滤波方法在多目标跟踪、交通管制、图像处理以及多传感器管理等领域得到了广泛关注.西北工业大学的潘泉教授所在团队对基于 PHD 滤波方法的多目标跟踪技术的产生、发展及研究现状进行了综述,主要包括 PHD 滤波器、PHD 执行方法、峰值提取及航迹提取技术、多传感器多目标跟踪及多传感器管理、PHD 平滑器以及多目标跟踪性能评价指标等,并对 PHD 滤波器的相关应用进行介绍.最后基于现有 PHD 滤波进展,提出了 PHD 滤波技术在多目标跟踪领域需要重点关注的若干问题.

仿真优化是解决实际复杂系统的分析与优化问题的一个非常强大的工具.仿真优化的主要目标是确定系统达到最佳性能时的最优参数值.随着模拟优化和计算技术相关理论和方法的不断发展,仿真优化受到了人们的关注并取得了巨大成就.北京大学的侍乐媛教授所在团队详细论述了仿真优化的一

些重要技术,包括其原理、实施步骤、优缺点和应用,并提出了未来可能的研究方向.

综合上述,这些文章从很多侧面反映了控制、自动化领域的研究前沿和水平,也为下一阶段的研究与开发提供了基础.

当前,正值科技革命的前夜甚至正处于革命之中,网络空间正以巨大的冲击力影响着我们的生活和工作,各种“破坏性”方法、技术不断涌现,虚拟的 Cyberspace 变得越来越真实,正成为我们生命世界真实的组成部分,与传统的物理和心理世界同等重要.

按照波普尔的观点,世界是由物理、心理和人工三个世界组成的共同体.从地表到地下资源,农业和工业社会已全面地开发了我们的物理自然世界和心理精神世界,保障了人类的生存和发展.互联网、物联网、云计算、大数据等理念和技术的到来,预示并已经开拓了人类向人工世界进军、深度开发数据和智力资源、深化农业和工业革命的时代使命.在这一历史进程中,基于大数据,以数据驱动的自动化知识将是关键的核心支撑科学和技术.个人认为,我们必须从面向物理世界的工业自动化,走向面向数据和 Cyberspace 的知识自动化,这就是自动化领域的历史使命.

天命之机,其命唯新,迈向知识自动化,向《自动化学报》之百年辉煌献礼.



王飞跃 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室研究员.主要研究方向为智能系统和复杂系统的建模,分析与控制.

E-mail: feiyue.wang@ia.ac.cn

(WANG Fei-Yue Professor at the State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. His research interest covers modeling, analysis, and control of intelligent systems and complex systems.)