



编者按

当前,工业体系正处于由传统制造向智能制造深度转型的关键阶段.资源配置效率不高、系统运维复杂性上升、产品质量管控难度加剧等问题持续制约制造业高质量发展.面对多源异构数据孤岛、状态感知精度不足、模型泛化能力弱等挑战,传统工业系统与软件正面临性能瓶颈与结构重塑的双重压力.因此,急需构建具备感知-认知-决策-执行闭环能力的新型工业智能系统,并推动当前工业软件从工具型程序向智能化系统转型.

为助力工业系统与软件智能化发展,支撑工业体系转型,本期工业智能系统及软件专刊聚焦工业过程中的状态感知与质量监测、过程优化与智能控制、智能建模与知识系统等瓶颈问题,旨在推动工业系统运行效率、控制精度与软件智能化水平的全面提升,支撑未来复杂工业环境中的智能决策、高质量生产与可持续发展.

本期专刊有幸邀请到来自工业智能系统与软件领域的院士和专家学者,围绕该领域的核心理念、理论方法、关键技术与系统集成进行了深入研究与探讨.经过严格的同行评审程序,最终录用了13篇高质量论文.下面对这些文章进行简要介绍.

为全面把握工业智能系统及软件的发展脉络与关键趋势,梳理相关领域的研究基础、技术体系与应用前景,本专刊特收录3篇评述类论文.这些论文围绕工业过程控制智能化、流程工业调度优化及材料科学大语言模型技术三大方向,系统总结了学术界与产业界的研究进展与实践路径.柴天佑等系统回顾了工业过程控制技术的演进历程,阐释了过程控制智能化的内涵、核心方向与关键挑战,并提出未来研究重点与发展思路.王川等立足调度决策链的结构特征,剖析了数智化流程工业调度系统的核心难点,提出知识融合的智能调度软件框架,并对新一代技术与软件研究进行展望.罗丹宇等聚焦材料领域建模需求,综述了大语言模型在材料知识增强、多模态融合与工具协同中的应用路径与技术挑战,为构建材料科学专用大模型提供理论框架与技术参考.

高效、精准的状态感知与质量监测是工业系统实现自主认知、风险预警与安全运行的关键环节.然而,系统运行环境复杂、状态转移不确定性强,对故障识别的实时性与解释能力提出了更高要求.程海波等针对有杆泵抽油系统工况复杂、异常识别困难的问题,提出了一种基于迁移学习与边缘强化梯度加权类激活映射的工况自动识别方法.该方法能精准识别油田现场工况并提供关键区域感知解释,显著提升了模型的实用性与可信任性.王禀东等面向电力系统高频率状态快速鲁棒感知的需求,构建了一种基于GPU的高效状态估计方法.该方法串行结合攻击检测器、数据重构器和状态估计器,并采用稀疏存储与重排序技术,实现了高精度、强鲁棒的实时状态估计.程曦航等设计了一种基于网络架构搜索的轻量化语义分割模型,用于航空发动机叶片表面缺陷的自动检测.该模型融合多尺度频率特征与高分辨率残差引导机制,有效实现了复杂背景下的精准检测.陆宁云等提出了一种基于结构因果模型与孪生网络的深度因果推理方法,有效提升了制造系统中复杂耦合故障链条的根因定位能力,增强了解释性与通用性.

过程调节控制与优化决策能力的提升是工业智能系统与软件向自动化、自主化演进的核心支撑.

引用格式: 钱锋, 杜文莉, 唐漾. 工业智能系统及软件专刊编者按. 中国科学: 信息科学, 2025, 55: 1553-1554, doi: 10.1360/SSI-2025-0312

面对多源异构、动态变化的复杂过程系统,迫切需要构建高效、鲁棒、可扩展的控制与优化算法,以应对资源波动、结构扰动与通信限制等多重不确定性.在分布式优化控制方面,李天成等提出了一种融合类 Nesterov 加速与逐次凸逼近的非凸复合优化算法,适应多节点协同计算场景,具备良好的收敛性与可扩展性.范博等聚焦直流微电网功率分配与电压调节问题,提出周期事件触发下的分布式控制策略,兼顾控制精度与通信效率.陈智超等针对复杂制造系统中的排产调度需求,构建了一种基于元排产的集成过程规划与调度 (IPPS) 动态计算框架.该框架强调模型可演化性与调度系统高效性,为应对多目标、强约束场景下的生产排程提供了新路径.

为构建可复用、可进化的工业知识体系,需要融合大语言模型、知识图谱与智能体建模等关键技术,实现跨场景的语义理解、任务泛化与自主决策能力.尤其在流程工业、材料研发与具身智能等复杂场景中,提升模型的认知深度、推理精度与跨域适配性极为关键.任磊等针对工业具身智能任务场景多样、物理对象复杂的特点,设计了“数字族谱” DG-DNA 生成机制,构建了多样工件与多任务训练环境映射的支撑体系,提升了具身智能体模型的泛化表达能力与学习效率.李宝学等面向工业时间序列建模中的模型选择难题,提出融合推荐特征挖掘、宽度学习与语言模型的工业模型推荐系统与基准体系,为模型的智能检索与在线适配提供了实用方法支撑.侯卫锋等提出一种融合工业大模型的新型流程工业智能工厂软件体系,构建以大语言模型为底座的三层架构,覆盖底层感知、中层建模与上层分析控制任务,显著提升了流程工业在数据融合、智能推理与多智能体协同方面的能力.

总的来说,本专刊收录的 13 篇重要论文,研讨了工业智能系统及软件在石油、电力、航空等关键领域的理论突破与应用进展.我们希望本专刊能够帮助学术界和产业界的研究人员及从业者,更好地把握工业系统与软件数字化、智能化发展的前沿动态.最后,我们衷心感谢《中国科学:信息科学》编辑部、作者、审稿人等付出的巨大努力和辛勤工作.

钱锋 杜文莉 唐漾
华东理工大学