

人工智能驱动的自动化专刊序言

罗彪¹ 刘德荣² 吴淮宁³ 徐昕⁴ 那靖⁵ 李永明⁶

新一代人工智能(如大语言模型、生成式 AI、具身智能)的兴起正在深刻变革自动化领域。这些新范式展现出强大的认知、生成与交互能力,推动自动化系统向具备环境深度理解、复杂场景自主决策与持续进化学习能力的方向跃迁。这亟需突破传统基于精确模型与确定规则的自动化理论框架,着力攻克:多模态感知深度融合、开放复杂环境下的鲁棒自主决策、人机动态协作与互信机制、跨领域任务的知识迁移与泛化能力。同时,必须保障系统的可解释性、鲁棒性与安全性。

为及时反映我国研究人员在人工智能驱动的自动化方面的最新研究成果,进一步推动自动化向高阶智能化、自主化、普适化发展,《自动化学报》组织了“人工智能驱动的自动化”专刊,经同行评议,本专刊录用论文 26 篇,涵盖复杂系统建模与优化控制、智能控制与智能决策、数据驱动控制、学习与优化、工业智能理论、方法与应用、自适应动态规划与强化学习等核心方向。

华北电力大学房方教授团队和北京工业大学韩红桂教授团队联合提出基于元认知二型模糊神经网络的电力负荷区间预测方法。针对电力负荷高度非线性与强不确定性导致关键指标难以准确预测的问题,设计基于多值映射的二型模糊规则,将规则后件扩展为区间向量以刻画变量间非线性关系;构建误差补偿型二型模糊神经网络,利用动态反馈补偿累积误差与模型偏差;进一步引入基于区间覆盖率

和区间宽度的元认知学习算法优化边界估计值。城市电力负荷预测结果表明,该方法能够获得高置信度且精确的预测区间。

东北大学杨涛教授团队和清华大学袁志宏教授团队联合提出基于原油类型聚类泊位分配的港炼一体化调度模型。针对炼油全流程调度中港口作业与生产环节耦合不足导致储罐频繁切换、库存成本增加和装置供料不连续的问题,采用按原油类型集中卸载的泊位分配策略,基于事件混合时间建模方法集成泊位分配、原油卸载、储罐调度、蒸馏加工、二次加工与产品调配环节;并采用归一化多参数分解技术求解。企业案例表明,该模型可降低运行成本,提高港炼一体化调度效率。

东南大学许德智教授团队提出基于非合作博弈的四轮独立驱动电动汽车轮毂电机群稳定裕度与能效优化管理方法。针对轮毂电机转矩矢量控制中车辆稳定性与经济性相冲突的问题,建立车辆动力学模型与高保真能耗模型;设计分层协同控制器,上层基于线性二次调节器计算广义横摆力矩,中层利用模型预测控制在相平面稳定裕度约束下优化横摆力矩与分配权重,下层通过二次规划求解最优轮端转矩。仿真结果表明,该策略兼具稳定性与鲁棒性。

北京化工大学王友清教授团队提出基于分数阶图神经扩散的跨频域对齐对比学习方法。针对现有图对比学习难以平衡对比多样性与语义不变性、易造成关键信息丢失的问题,构建跨频域对齐对比学习框架,利用分数阶图神经扩散实现多阶邻域信息远程传播,缓解过平滑并提升图表示判别能力;进一步通过高频与低频滤波构造自然增强视图,在虚拟谱空间中开展跨频域对比学习并融合有益高频细节。多个基准图数据集实验验证了该方法的有效性。

华中科技大学苏厚胜教授团队与江西水利电力大学妙锁霞副教授团队提出矩阵权重网络上混杂多智能体系统的随机一致性分析与分布式协议设计方法。针对此类系统通信与计算需求较高的问题,设计基于采样信息的分布式随机一致性协议,采用异步成对更新机制降低资源消耗;利用期望图理论和随机矩阵稳定性分析,推导系统达到随机一致性的充分必要条件及随机平均一致性的充要条件。通过

1. 中南大学自动化学院 长沙 410083 2. 安徽大学人工智能学院 合肥 230601 3. 深圳大学机电与控制工程学院 深圳 518060 4. 国防科技大学智能科学学院 长沙 410073 5. 昆明理工大学机电工程学院 昆明 650500 6. 辽宁工业大学理学院 锦州 121001

1. School of Automation, Central South University, Changsha 410083 2. School of Artificial Intelligence, Anhui University, Hefei 230601 3. College of Mechatronics and Control Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060 4. College of Intelligence Science and Technology, National University of Defense Technology, Changsha 410073 5. Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500 6. College of Science, Liaoning University of Technology, Jinzhou 121001

引用格式 罗彪, 刘德荣, 吴淮宁, 徐昕, 那靖, 李永明. 人工智能驱动的自动化专刊序言. 自动化学报, 2026, 52(6): 1141-1144

Citation Luo Biao, Liu De-Rong, Wu Huai-Ning, Xu Xin, Na Jing, Li Yong-Ming. Guest editorial of special issue on artificial intelligence-driven automation. *Acta Automatica Sinica*, 2026, 52(6): 1141-1144

DOI 10.16383/j.aas.c202606 **CSTR** 32138.14.j.aas.c202606

分析误差系统二阶矩收敛性, 给出 ϵ -一致性时间解析上界, 数值仿真验证了理论结果的有效性。

海南大学张卫东教授团队提出基于自适应动态规划的非对称约束系统动态事件触发方法. 针对具有状态与控制双重非对称约束的非线性连续时间系统最优控制问题, 利用非线性映射函数将约束控制问题转化为无约束形式; 设计仅依赖当前状态的静态事件触发方法, 并进一步引入内部动态变量构造动态事件触发机制, 使触发条件同时关联系统历史信息. 理论分析表明, 该方法在保证系统性能的同时可节省计算与网络资源, 无人水面艇仿真实验验证了其有效性。

天津大学穆朝絮教授团队提出基于积分强化学习的学习感知型动态事件触发最优控制方法. 针对未知动态非线性连续时间系统中控制性能、通信资源与学习效率难以兼顾的问题, 集成积分强化学习、最优控制与学习感知设计, 利用评价网络在线学习最优控制策略, 并通过动态触发规则调节数据传输; 进一步根据评价网络权值历史变化构造学习感知参数, 自适应调整触发规则动态参数. 理论证明了闭环系统稳定性, 仿真实验验证了其在降低通信代价的同时保持良好学习与控制性能。

哈尔滨工业大学孙光辉教授团队提出基于视觉特征提示的跨类别航天器关键点检测方法. 针对航天器关键点检测方法依赖单一类别训练、难以适用于未知航天器目标的问题, 设计跨类别关键点检测框架, 仅利用一张支持图像及其关键点提示, 即可预测查询图像中目标航天器的关键点位置; 并构建包含多类航天器、二维关键点标注与三维姿态标注的多航天器位姿估计数据集. 实验表明, 该方法优于现有方法, 结合 PnP 算法可实现高精度位姿估计。

中南大学谢永芳教授团队与昆明理工大学张进副教授团队联合提出基于专家经验引导的浮选泡沫图像表征学习方法. 针对传统泡沫图像表征能力不足、泛化性较差, 难以支撑矿浆品位软测量的问题, 构建由分布特征隔离网络与经验引导表征学习组成的框架; 将泡沫图像映射至尺度、颜色、纹理等视觉属性子空间及隐性判别信息子空间, 并通过模拟人工视觉判断的对比学习机制建立视觉属性与专家知识的对应关系. 工业数据实验表明, 该方法可提升锌、铅、铁底流品位软测量精度。

北京理工大学夏元清教授团队提出退化环境中多传感器融合补偿的激光雷达惯性里程计方法. 针对雨、雪、粉尘等退化环境中激光束易受噪声干扰导致地图失真和定位漂移的问题, 设计毫米波雷达补偿的强度动态统计离群值去除方法, 实时滤除激

光噪点并保留环境结构特征; 进一步构建雷达补偿的激光雷达惯性里程计, 通过动态局部协方差优化、强度置信度加权和误差状态卡尔曼滤波二阶补偿提升定位精度. 数据集与工业车实验验证了其实时性和工程可行性。

西北工业大学李兵强教授团队提出基于全驱系统理论的永磁同步电机连续时变抗扰控制方法. 针对永磁同步电机系统中参数不确定、外部扰动及约束特性不完整导致控制性能下降的问题, 对转速误差动态模型进行微分分析, 将其转化为以 q 轴电压为输入的二阶全驱系统; 设计含比例积分项的最优控制律配置闭环动态, 并引入非线性扰动观测器对集总扰动进行实时估计与前馈补偿. 仿真结果验证了该方法的跟踪性能与抗干扰能力。

哈尔滨工业大学赵悦教授团队提出基于集合贝叶斯交互基元的机械臂自主肝脏超声扫查方法. 针对人体肝脏结构超声扫查的自主化需求, 构建全自主机械臂辅助扫查系统, 将扫查流程划分为“初始定位”和“模仿学习”两个阶段; 在初始定位阶段通过 RGB-D 图像引导探头建立接触, 并基于实时超声图像判断阶段切换时机; 在模仿学习阶段将医师示范技能编码为超声图像与探头运动轨迹, 利用集合贝叶斯交互基元实现技能学习与复现. 体模实验表明, 该方法可完成自主肝脏超声扫查。

北京工业大学韩红桂教授团队提出具有指数图信息通信的大规模情境多智能体强化学习方法. 针对复杂交互关系下大规模多智能体系统中传统强化学习算法通信效率不足、性能受限的问题, 构建具有指数图信息通信的情境多智能体强化学习框架; 设计基于单点指数图的通信拓扑, 使每个智能体在每个时间步仅与一个智能体通信, 并利用门控循环单元编码多时间步消息以优化通信表征; 同时构建独立情境记忆模块, 建立平均回报与全局状态的对应关系. 实验表明, 该方法优于现有多智能体强化学习基线方法。

国防科技大学徐昕教授团队提出基于流匹配策略优化的离线强化学习方法. 针对离线强化学习中目标策略与行为数据集存在分布偏移、现有策略正则化方法难以自适应调节约束强度的问题, 构建基于流匹配策略优化的离线强化学习框架; 利用流匹配模型刻画行为策略分布, 从流匹配策略中选择高优势动作形成自适应约束, 引导学习策略在行为数据分布内优化; 同时将流匹配策略生成的动作作为先验输入促进高效学习. D4RL 基准任务实验表明, 该方法优于主流离线强化学习方法。

辽宁工业大学佟绍成教授团队提出非线性多智

能体系统事件触发神经网络自适应分布式优化控制方法. 针对未知动力学非线性多智能体系统的分布式优化控制问题, 结合神经网络与微分图博弈理论构建事件触发自适应优化控制器; 为降低执行器更新频率, 设计事件触发机制, 并建立基于神经网络的强化学习算法, 学习优化控制器与哈密顿-雅可比-贝尔曼方程解析解. 该方法利用采样数据和历史存储数据更新神经网络权重, 证明系统渐近稳定并收敛至纳什均衡, 仿真验证了其有效性.

昆明理工大学毛剑琳教授团队提出基于多模态特征融合与局部感知推理的多智能体分布式路径协作方法. 针对部分可观测动态环境下多智能体路径规划中协同性不足、隐式交互易引发冲突及局部近视导致路径冗长的问题, 构建基于局部让行与推理的分布式路径协作框架; 设计感知到决策的学习体系, 通过多模态状态编码器融合局部碰撞线索与全局路径语义, 平衡即时避障和长期导航目标. 结合奖励机制、群体协作机制和自适应学习率提升训练稳定性, 实验表明该方法具有较好安全性与泛化能力.

华南理工大学邓飞其教授团队与福州大学齐义文教授团队联合提出基于混沌数据加密的切换系统最优控制与隐私保护方法. 针对控制系统网络传输中的隐私泄露风险及隐私保护可能带来的性能损失, 利用混沌系统非周期性与不可预测性设计数据加密方法, 将伪随机序列加入切换系统输出数据以避免隐私泄露; 进一步设计基于粒子群优化算法的混沌形态同步控制器, 保证解密数据可用. 在此基础上, 利用自适应动态规划优化代价函数并确定控制策略, 实现切换系统最优控制.

重庆师范大学姚立忠教授团队提出基于双域抗噪编码与门控循环 Transformer 的轴承故障诊断方法. 针对强噪声非平稳环境下滚动轴承故障信号关键特征易被淹没的问题, 构建双域抗噪编码器, 通过时域残差收缩分支自适应抑制干扰, 并利用波域可微分小波卷积分支捕获多尺度频率结构; 设计双域协同注意力模块实现时域、波域特征动态融合; 进一步开发门控循环 Transformer 解码器, 融合自注意力机制与循环门控机制. 轴承数据集实验表明, 该方法具有较高诊断准确率与鲁棒性.

郑州大学梁静教授团队提出基于物理显著性特征感知的医学小病灶分割网络. 针对医学图像中早期小病灶特征稀疏、易受背景干扰导致分割性能下降的问题, 受计算机断层扫描成像中 X 射线衰减物理原理启发, 将小病灶中心亮、边缘渐弱且与二维高斯分布高度吻合的成像特征引入深度学习框架; 设计辐射衰减原理引导的显著性感知分割网络, 并构建多尺度感知特征网络挖掘稀疏特征. 肾结石

与肝脏钙化灶分割实验表明, 该方法优于现有主流方法.

广东工业大学任志刚教授团队与浙江大学许超教授团队联合提出面向复杂环境的频域导向稀疏融合多光谱目标检测算法. 针对夜间、大雾及低照度等复杂环境中单模态可见光目标检测性能下降的问题, 构建基于频域特征细化导向的多光谱稀疏融合框架; 利用共享权重双分支编码器提取可见光与红外光特征, 并通过组稀疏自注意力模块筛选跨模态长距离特征; 进一步设计频域自适应加权模块, 实现多光谱特征解耦、语义交互和动态权重分配. 多个数据集实验验证了其检测精度与泛化能力.

湖南科技大学陈超洋教授团队提出基于多通道时空卷积注意力网络的铝电解槽阳极效应趋势预测方法. 针对铝电解过程中阳极效应易引发槽电阻剧烈波动、影响电能利用效率且难以及时预测的问题, 构建融合机理约束与数据驱动思想的多通道时空预测模型; 利用多通道卷积长短期记忆网络刻画多槽、多时刻、多指标系统特征, 并采用二维卷积分支强化空间特征表达, 引入多头注意力机制捕捉长时依赖关系. 实验表明, 模型具有较高预测精度与稳定性.

浙江科技大学周乐教授团队与浙江工业大学刘毅教授团队联合提出基于两阶段多教师知识蒸馏的工业过程故障检测方法. 针对现代工业过程数据容量大、维度高、相关性复杂且单一监测方法难以兼顾多类特征的问题, 构建两阶段多教师知识蒸馏框架; 将核主成分分析与独立成分分析提取的异构知识内化至学生模型自编码器中, 实现非线性与非高斯特征统一建模, 并通过特征层和重构层两阶段蒸馏提升表征与重构能力. 田纳西-伊斯曼仿真过程和合成氨实际过程实验验证了其准确性与鲁棒性.

浙江工业大学陈强教授团队提出数据驱动鲁棒固定次迭代学习控制方法. 针对现有迭代学习控制方法依赖初始跟踪误差、系统不确定性影响控制精度的问题, 构造沿迭代轴的双曲正切型趋近律, 设计固定次迭代学习控制器, 推导跟踪误差稳态误差带, 消除迭代次数上界依赖初始误差的限制; 在此基础上, 基于系统输入输出数据设计参数自适应律与扩张状态观测器, 实现未知参数估计和未知干扰补偿. 理论分析和仿真结果验证了所提方法的有效性.

湖南大学张小刚教授团队提出完备时空信息引导的工业过程内生变量缺失下鲁棒关键性能指标预测方法. 针对传感器故障导致推理阶段内生变量缺失、现有方法难以构建鲁棒时空特征映射的问题, 构建完备变量引导网络, 采用“完备变量引导”和“外生变量学习”双流架构; 基于变分贝叶斯理论将内生变量缺失下的预测问题转化为特征对齐任务, 并

设计多尺度时空聚合模块刻画变量间耦合关系. 电力变压器和氧化铝回转窑数据集实验表明, 该方法具有良好泛化能力和鲁棒多步预测性能.

北京航空航天大学王田教授团队与河南理工大学杨艺教授团队联合提出基于多智能体合作博弈的液压支架调直策略. 针对液压支架群调直过程中强耦合关系与液压缸摩擦-滑移非线性并存、传统方法难建模的问题, 构建融合合作博弈与长短期记忆网络的多智能体强化学习算法; 基于去中心化部分可观马尔科夫决策过程描述调直过程, 引入夏普利值实现边际贡献归因, 并在策略网络、评价网络和联盟网络中嵌入长短期记忆模块捕捉时序依赖. 实验验证了合作博弈机制与长短期记忆模块的有效性.

中国矿业大学代伟教授团队提出基于密度感知引导的煤泥浮选泡沫分割方法. 针对浮选精煤泡沫分割中低质图像易导致目标漏检和误分割的问题, 构建跨尺度区域密度感知模块, 通过层次化密度估计提取多尺度差异化区域密度信息, 并生成具有区域差异感知能力的密度引导表征; 进一步设计密度引导分支增强模块, 基于分布感知的动态密度注意力机制调节双分支空间特征响应; 同时引入互信息约束优化模块提升泡沫边界判别能力. 实际数据集实验表明该方法提高了泡沫分割性能.

上述研究成果大多得到了国家自然科学基金、国家重点研发计划等国家级与省部级科研项目的资助, 丰富了人工智能驱动的自动化领域的理论体系与技术框架. 受时间与篇幅所限, 本专刊未能全面涵盖人工智能驱动的自动化领域的所有前沿方向与创新探索, 希望这些成果能够为相关领域科研工作者提供参考与启发, 推动自动化向高阶智能化、自主化、普适化发展, 以及在智能制造、航空航天、智能交通等关键领域的应用落地.

在此, 衷心感谢各位作者为本专刊贡献的研究成果与辛勤付出, 感谢各位评审专家为稿件质量把关提供的专业评审与宝贵建议, 同时由衷感谢《自动化学报》编委会与编辑部在专刊全流程工作中的悉心指导与鼎力支持.



罗 彪 中南大学自动化学院教授. 主要研究方向为智能控制, 强化学习, 深度学习和自主决策.

E-mail: biao.luo@hotmail.com

(**LUO Biao** Professor at the School of Automation, Central South University. His research interests include intelligent control, reinforcement learning, deep learning, and autonomous decision-making.)

include intelligent control, reinforcement learning, deep learning, and autonomous decision-making.)



刘德荣 安徽大学人工智能学院教授. 主要研究方向为强化学习和智能控制. E-mail: derong@ahu.edu.cn

(**LIU De-Rong** Professor at the School of Artificial Intelligence, Anhui University. His research interests include reinforcement learning and intelligent control.)

ing and intelligent control.)



吴淮宁 深圳大学机电与控制工程学院教授. 主要研究方向为鲁棒与容错控制, 智能控制, 分布参数系统和人在回路系统.

E-mail: whn@szu.edu.cn

(**WU Huai-Ning** Professor at the College of Mechatronics and Control Engineering, Shenzhen University. His research interests include robust and fault-tolerant control, intelligent control, distributed parameter systems, and human-in-the-loop systems.)

terests include robust and fault-tolerant control, intelligent control, distributed parameter systems, and human-in-the-loop systems.)



徐 昕 国防科技大学智能科学学院教授. 主要研究方向为智能控制, 强化学习, 机器学习, 机器人和智能车辆. E-mail: xinxu@mudt.edu.cn

(**XU Xin** Professor at the College of Intelligence Science and Technology, National University of Defense Technology. His research interests include intelligent control, reinforcement learning, machine learning, robotics, and autonomous vehicles.)

His research interests include intelligent control, reinforcement learning, machine learning, robotics, and autonomous vehicles.)



那 靖 昆明理工大学机电工程学院教授. 主要研究方向为自适应控制, 参数估计, 非线性控制及应用.

E-mail: najing25@kust.edu.cn

(**NA Jing** Professor at the Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology. His research interests include adaptive control, parameter estimation, and nonlinear control and applications.)

His research interests include adaptive control, parameter estimation, and nonlinear control and applications.)



李永明 辽宁工业大学理学院教授. 主要研究方向为智能控制理论及应用. E-mail: liyongming1981@163.com

(**LI Yong-Ming** Professor at the College of Science, Liaoning University of Technology. His research interests include intelligent control theory and applications.)

His research interests include intelligent control theory and applications.)