

控制与决策

Control and Decision

多智能体系统协同控制与优化专刊序言

杨涛, 杨博, 殷允强, 虞文武, 夏元清, 洪奕光

引用本文:

杨涛, 杨博, 殷允强, 虞文武, 夏元清, 洪奕光. 多智能体系统协同控制与优化专刊序言[J]. *控制与决策*, 2023, 38(5): 1152–1158.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2023.0433>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

带输出死区的多智能体系统预设时间事件触发式协同控制

Prescribed setting time event-triggered synergetic control of multiagent systems with output dead-zone
控制与决策. 2023, 38(2): 441–449 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2021.0399>

基于学习的线性多智能体系统弹性最优协同容错控制

Learning-based resilient optimal cooperative fault tolerant control for linear multi-agent systems
控制与决策. 2023, 38(5): 1303–1311 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2022.1373>

二阶多智能体系统包含控制的时滞范围优化

Delay range optimization for containment control of second-order multi-agent systems
控制与决策. 2023, 38(5): 1345–1351 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2022.0604>

事件触发间歇通讯下多智能体系统的固定时间分布式优化

Distributed fixed-time optimization for multi-agent systems via event-triggered intermittent communication
控制与决策. 2023, 38(5): 1412–1419 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2022.0369>

脉冲控制下多智能体系统的保性能双向编队控制

Guaranteed cost bipartite formation problem of multi-agent systems with impulse control
控制与决策. 2021, 36(1): 180–186 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0854>

多智能体系统协同控制与优化专刊序言

杨涛¹, 杨博², 殷允强³, 虞文武⁴, 夏元清⁵, 洪奕光⁶

(1. 东北大学 流程工业综合自动化国家重点实验室, 沈阳 110004; 2. 上海交通大学 智能无线网络与协同控制中心, 上海 200240; 3. 电子科技大学 经济与管理学院, 成都 611731; 4. 东南大学 数学学院, 南京 211189; 5. 北京理工大学 自动化学院, 北京 100081; 6. 同济大学 电子与信息工程学院, 上海 200092)

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2023.0433

引用格式: 杨涛, 杨博, 殷允强, 等. 多智能体系统协同控制与优化专刊序言 [J]. 控制与决策, 2023, 38(5): 1153-1158.

Guest editorial of special issue on cooperative control and optimization for multi-agent systems

YANG Tao¹, YANG Bo², YIN Yun-qiang³, YU Wen-wu⁴, XIA Yuan-qing⁵, HONG Yi-guang⁶

(1. The State Key Laboratory of Synthetical Automation for Process Industries, Northeastern University, Shenyang 110004, China; 2. Center for Intelligent Wireless Networks and Cooperative Control, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China; 3. School of Management and Economics, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China; 4. School of Mathematics, Southeast University, Nanjing 211189, China; 5. School of Automation, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 6. College of Electronic and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

0 引言

近年来,随着机器人技术、人工智能技术、无线通信和计算机技术的快速发展,控制系统的规模变得更大,控制任务也变得更加复杂,由此推动了多智能体系统的形成和发展.多智能体系统是由多个具有简单功能的智能体相互关联形成的网络系统,其中每个智能体具备一定的计算、通信、感知、学习和执行能力.这些智能体之间可通过信息交互协同合作完成特定的任务,也可协调解决智能体之间的矛盾和冲突.

由于多智能体系统的分布式特性,传统的集中式控制与优化方法不再适用,仅依赖于智能体局部信息交互的分布式方法往往比集中式方法操作起来更为灵活方便.而且分布式方法具有无需大量数据传输、防止单点网络故障、保护隐私和可扩展性好等优点,因此多智能体协同控制与优化方法近年来得到了长足的发展,并被广泛应用于智能电网资源调度、无人机自主编队、无线传感网络数据处理、机器学习、物联网等领域.

尽管如此,该研究方向仍然存在诸多挑战.例如:非凸局部目标函数的全局最优问题、非线性系统性能保证和实时性问题、应对网络攻击的鲁棒性问题、收敛速度问题、通讯效率问题、变拓扑结构问题、资源约束问题、多目标问题等,亟须设计高效的分布式协同控制与优化方法.因此,《控制与决策》出版“多

智能体系统协同控制与优化”专刊.经过专家推荐和评审,最后录用论文 30 篇,涉及多智能体系统研究综述、多智能体系统协同控制理论、群体智能协同优化理论及其在航天器、无人机、无人艇、潜器和重载列车等工业领域的应用.

1 综述

同济大学衣鹏等对博弈论方法在智能驾驶决策研究的应用进行综述,针对现有基于滚动时域、微分博弈和马尔科夫博弈这 3 类常用的博弈模型和方法进行归类总结和分析.首先简介博弈论基础知识;然后总结常见的智能驾驶场景并分析各场景下交互决策的核心问题;接着通过 3 种不同的博弈模型对多车交互决策进行建模,分别介绍其求解算法和思路及相关的研究工作;最后介绍相关的仿真实验和测试方法,同时也对未来的技术发展和挑战给出见解.

北京理工大学夏元清等详细阐述天空地异构多运动体系统的跨域协同控制与智能决策研究进展.首先介绍天空地一体化网络环境下多运动体系统的内涵和云框架下的天空地移动云构成要素,以及代表性的研究进展;其次从智能云控制和决策角度阐述天空地异构多运动体系统的研究现状,给出云控制与决策框架下的解决方案;最后从集群管理、跨域协同感知、控制与决策等方面提出天空地异构多运动体系统需要解决的关键问题和技术,并对未来可能的研究方向进行讨论与展望.

东南大学温广辉等多智能体强化学习与自适应动态规划方法进行综述. 首先介绍强化学习和自适应动态规划算法的基础知识和核心思想, 在此基础上综述这两类密切相关的算法在不同研究领域的发展历程, 着重介绍其从应用于单个智能体(控制对象)序贯决策(最优控制)问题到多智能体系统序贯决策(最优协调控制)问题的发展脉络和研究进展. 进一步地, 在简要介绍自适应动态规划算法的结构变化历程和由基于模型的离线规划到无模型的在线学习发展演进的基础上, 综述自适应动态规划算法在多智能体系统最优协调控制问题中的研究进展. 最后, 给出多智能体强化学习算法和利用自适应动态规划求解多智能体系统最优协调控制问题研究中值得关注的一些挑战性问题.

2 多智能体系统协同控制理论

浙江大学叶卓勋等针对工业环境缺陷检测仍需解决的两个问题: 一个是缺陷实例在表面占比过小, 另一个是通用检测网络结构复杂很难部署在移动设备上, 提出一种基于轻量化深度学习网络的工业环境小目标缺陷检测方法. 首先, 应用 GhostNet 替代 YOLOv4 主干特征提取网络, 提高网络特征提取能力并降低算法复杂度; 其次, 通过改进式 PANet 结构增加 YOLO 预测头中高维特征图比例以实现更好的性能. 以发动机金属表面缺陷检测为例, 该模型在检测精度 (mAP) 提升 5.83% 的同时将网络模型参数量降低 83.5%, 检测速度提升 2 倍, 同时满足了缺陷检测的精度和实时性的要求.

哈尔滨工程大学夏国清等针对未知环境干扰、未知执行器故障等多水面船协同控制问题, 提出一种带有执行器故障的多水面船固定时间分布式滑模协同控制方法, 该方案保证了协同控制系统的全局固定时间稳定性. 首先, 设计一种固定时间干扰观测器, 用于估计集总扰动(包括未知环境扰动和未知执行器故障); 其次, 引入固定时间非奇异快速终端滑模面, 有效地消除了系统的奇异性, 改善系统的抖振; 再次, 提出一种基于固定时间非奇异快速终端滑模面和固定时间干扰观测器的分布式容错控制器, 使得收敛时间上界与系统初始状态无关; 最后, 通过仿真验证所提出控制律的有效性.

广东工业大学于跃飞等针对一类存在输入饱和与输出死区现象的非严格反馈非线性随机多智能体系统, 提出一种自适应神经网络一致性饱和控制算法. 首先, 为了解决非对称输入饱和问题, 构造一类与所考虑智能体相同阶次的辅助系统; 其次, 以反步法和辅助系统作为框架, 利用神经网络处理系统中的未知非线性函数, 并结合 Nussbaum 函数解决输出

死区问题, 同时利用动态面控制技术避免“计算爆炸”问题, 基于李雅普诺夫稳定性理论, 证明该控制算法能够保证闭环系统全部信号依概率半全局一致最终有界; 最后, 通过数值仿真和实例仿真的结果验证所提出控制算法的有效性.

河北工业大学徐勇等利用矩阵半张量积研究事件触发和翻转控制共同作用下布尔控制网络的输出跟踪问题. 首先, 基于布尔控制网络代数状态空间表示, 构造增广系统将输出跟踪问题转化为状态集镇定问题; 其次, 得到布尔控制网络在两种控制下输出跟踪问题有解的充要条件, 并在满足该条件时提出一种基于最小翻转节点集时间最优控制设计方法, 进一步给出有限时间内寻找翻转节点集的计算过程; 最后, 通过算例表明结果的可行性.

北京交通大学王子豪等针对实际场景中的部分可观测问题, 基于集中式训练分布式执行的范式, 将深度强化学习算法 Actor-Critic 扩展到多智能体系统, 并增加智能体间的通信信道和门控机制, 提出 recurrent gated multi-agent Actor-Critic 算法 (RGMAAC). 智能体可以基于历史动作观测记忆序列进行高效地通信交流, 最终利用局部观测、历史观测记忆序列以及通过通信信道显式地由其他智能体共享的观察进行行为决策; 同时, 基于多智能体粒子环境设计多智能体同步且快速到达目标点任务, 分别设计 2 种奖励值函数和任务场景. 实验结果表明, 当任务场景中明确出现部分可观测问题时, RGMAAC 算法训练后的智能体具有很好的表现, 在稳定性方面优于基线算法.

华东交通大学吴新杰等结合事件触发控制方法研究了非线性多智能体系统的固定时间分群一致性问题, 提出一种非线性分布式事件触发分群一致性控制协议, 并给出状态信息触发控制器更新的条件. 该控制协议不受入度平衡条件限制, 且只需自身状态信息与邻居智能体进行通信即可在固定时间内快速实现分群一致性. 系统收敛时间与智能体的初始状态无关, 可有效降低系统控制器更新频率与系统的资源消耗. 结合代数图论、矩阵分析与 Lyapunov 稳定性理论, 证明在所提出协议作用下, 多智能体系统在固定时间内实现分群一致性, 且不存在 Zeno 行为. 最后, 通过仿真实例检验理论结果的可行性.

哈尔滨理工大学马俊达等针对外界干扰下的欠驱动无人船包容控制问题, 提出一种新型非奇异固定时间滑模控制策略, 整个控制器设计过程分为运动学回路设计和动力学回路设计. 在运动学回路设计中, 利用图论知识与固定时间稳定性理论设计非奇异固定时间分布式虚拟控制律, 使得所有跟随船在固定时间内收敛于领航船张成的凸包内; 在动力

学回路设计中, 为实现对虚拟控制律的跟踪控制, 利用固定时间滑模控制法设计鲁棒包容控制律. 同时, 证明系统跟踪误差在固定时间收敛于平衡点, 且与船舶的初始状态无关. 最后, 通过仿真结果表明所提出控制策略的有效性.

江南大学王柳等研究网络攻击下一般线性多智能体系统的动态事件触发一致性问题. 考虑多智能体系统在受到网络攻击后被攻击节点的状态会改变, 导致与其相应的连接无法工作, 设计修复策略恢复被攻击节点及其相应的连接, 给出网络攻击下分布式事件触发控制协议. 在静态事件触发机制基础上, 通过引入动态阈值参数提出动态事件触发机制. 进一步, 利用图论、线性矩阵不等式和李雅普诺夫函数方法, 给出网络攻击下实现多智能体系统一致性的充分条件, 证明在所提出动态事件触发条件下, 能够有效避免芝诺行为. 最后, 通过仿真例子验证理论结果的有效性.

黑龙江大学崔萌等针对一类线性多智能体系统, 研究其在网络间歇性拒绝服务攻击下的最优同步控制问题. 首先, 在时变非对称通讯网络拓扑结构下, 提出新的弹性最优协同容错控制策略, 并优化多智能体的合作二次性能指标; 然后证明全局跟踪误差在出现执行器故障和网络攻击时仍然渐近收敛; 进一步, 在考虑多智能体子系统模型参数未知, 同时系统发生执行器故障的情况下, 提出一种利用局部系统状态和输入信息的自学习迭代算法来求解代数 Riccati 方程、计算子系统的反馈控制器增益, 实现弹性协同容错控制目标; 最后, 通过 Chua 电路网络仿真算例验证所提出控制方法的有效性.

江苏师范大学严浩远等研究一类具有未知动力学的二阶异构非线性多智能体系统二分拟一致性问题. 针对二阶多智能体系统中未知的非线性动态, 基于神经网络逼近理论, 设计一类自适应控制协议, 保证所有智能体最终收敛到有界区域内. 借助 Lyapunov 稳定性理论和不等式技巧得到了异构多智能体系统实现领导-跟随二分拟一致性的充分性条件, 并给出一致性误差的上界. 最后, 通过数值仿真验证理论结果的有效性.

东北电力大学辛红伟等针对一类非线性多智能体系统, 构建一种基于自调节有限时间预设性能函数的动态面状态约束量化控制策略. 所述控制方案的主要特点为: 1) 将自调节有限时间预设性能函数与屏障 Lyapunov 函数结合对多智能体系统的状态进行约束, 使得构建出的约束函数能够根据系统当前跟踪误差自行调节自身参数而无需人为干预; 2) 通过使用动态面控制方法, 避免了传统反步控制方法的“微分爆炸”现象, 并设计滤波补偿函数消除

因引入动态面方法而产生的滤波误差和信号振荡的问题; 3) 使用 RBF 神经网络逼近系统中未知非线性的同时, 引入量化器减轻系统的通讯负担, 并且所构建的量化控制方案仅需量化器具有扇形有界性质即可. 通过稳定性分析证明闭环系统内所有信号均是半全局一致有界的. 仿真环节验证了所提出控制策略的有效性.

3 群体智能协同优化理论

山东大学张洪琳等针对智能仓储环境下多载位自主移动机器人集群拣选-配送路径规划问题, 提出一种改进型基于冲突搜索的多智能体路径规划算法. 在模型上, 采用多载位机器人替代 KIVA 机器人, 建立以最小化拣选-配送时间以及无效路径比为目标的数学规划模型. 在算法上, 首先提出一种基于优先级规则的多智能体冲突消解加速策略; 然后设计基于动态规划的单机器人拣选序列优化算法; 最后设计考虑转向惩罚的增强 A* 算法搜索机器人最优路径. 实验结果表明, 所提出模型与 KIVA 系统相比有较大优越性, 所提出算法能有效缩短拣选-配送时间, 减少无效路径时间.

安徽大学时侠圣等考虑分布式资源分配问题. 首先针对无向连通网络下二阶积分器型线性智能体系统, 结合 Karush-Kuhn-Tucker 条件提出初始值任意的分布式优化算法, 其中全局等式约束对偶变量实现比例积分控制, 局部凸函数不等式约束对偶变量实现自动获取, 当全局成本函数为非光滑凸函数时, 借助集值 LaSalle 不变性原理证明所提出算法渐近收敛到全局最优解; 然后将算法推广至无向连通网络下参数未知的 Euler-Lagrange 二阶智能体系统, 当全局成本函数为非光滑凸函数时, 借助 Barbalat 引理理论证明所提出算法渐近收敛到全局最优解; 最后通过数值仿真验证所提出算法的有效性.

东北大学李瑶珀等研究具有未知时滞的二阶多智能体系统的鲁棒包含控制问题. 考虑智能体之间同时具有通信延时和自延时, 分别在无向拓扑和有向拓扑通信下, 获得多智能体系统保持鲁棒包含控制所能允许的最大时滞范围. 借助函数的凸分析和非线性规划方法解析地获得无向图下包含控制所允许的最大时滞范围. 对于有向图, 通过遗传算法求解非光滑的优化问题获得最大时滞范围的数值解. 同时结果可退化为领导-跟随控制所能获得的最大时滞范围. 最后, 通过仿真例子验证所提出理论和算法的有效性.

华中科技大学赵璞等针对边缘计算环境中边缘设备的计算和存储资源有限的问题, 探讨高效的边云协同任务调度和资源缓存策略, 研究自组织劳动

分工群智能算法模型机理,并以此为基础提出基于蜂群劳动分工“激发-抑制”模型的边云协同任务调度算法(ECCTS-BCLDAI)和基于蚁群劳动分工“刺激-响应”模型的边云协同资源缓存算法(ECCRC-ACLDSR)。仿真实验结果表明,所提出的ECCTS-BCLDAI任务调度算法在降低平均任务执行时长、减少边云协同费用上相较于传统算法有更好的表现;所提出的ECCRC-ACLDSR资源缓存算法在降低任务平均时长、优化网络带宽占用率、减少边云协同费用上相较于传统算法更具有优越性。

哈尔滨工程大学徐博等考虑水声通信随机时滞条件下AUV编队协同控制问题,提出一种基于分布式模型预测的AUV编队控制方法。首先通过所设计的随机时滞通信同步策略,将异步状态信息转换为同步状态信息;再结合虚拟轨迹、状态预测、控制约束及编队内AUV状态信息描述协同编队代价函数,并将其引入局部滚动时域优化,实现编队控制目标,并利用李雅普诺夫理论证明编队控制器的稳定性;最后将所提出方法与现有编队控制方法进行对比仿真,结果验证了其有效性。

南京航空航天大学周文惠等针对分布式多无人机系统执行任务时发生故障的情况,提出一种面向故障的任务重规划方法。依据分布式架构,考虑通信延迟约束,建立多无人机系统遭遇故障时的局部任务重规划问题模型,设计故障无人机、健康无人机的重规划框架。依此框架,考虑无人机调度时所需的空间、时间资源,根据故障后的无人机通信拓扑,制定子系统划分规则;根据子系统内在线无人机和待执行任务之间的映射关系,提出基于收益动态调整规则和一致性协调规则的拍卖算法,实现针对不同情况的任务重分配;考虑任务重分配与航迹重规划之间的耦合关系,在任务重分配阶段引入RRT*算法预估的航迹代价,使得分配结果更合理。仿真结果表明,考虑实际环境中无人机会发生故障的情况下所提出方法能够有效完成任务重规划。

浙江工业大学穆建彬等针对有界扰动下异质车辆队列节能与稳定分布式协同控制问题,提出一种新的分布式鲁棒经济模型预测控制(economic model predictive control, EMPC)策略。首先采用不确定误差模型描述有界扰动下异质车辆队列纵向行驶动态特性,应用tube思想对系统约束进行紧缩设计,补偿有界扰动对系统造成的不确定性;其次,采用局部车辆行驶能耗模型描述车辆队列分布式经济性能优化的有限时域最优控制问题,并利用传统跟踪性能指标设计附加稳定收缩约束函数,进一步地,基于系统收缩原理,建立车辆队列闭环系统关于有界扰动的输入-状态稳定性条件;最后,通过与车辆队列传统分布

式鲁棒模型预测控制策略的数值仿真对比结果验证了所提出策略的有效性和优越性。

武汉理工大学隋丽蓉等针对船舶避碰问题,提出一种基于多智能体深度强化学习的船舶协同避碰决策方法。首先,研究船舶会遇局面辨识方法,设计满足《国际海上避碰规则》的多船避碰策略;其次,研究多船舶智能体合作方式,构建多船舶智能体协同避碰决策模型;利用注意力推理方法提取有助于避碰决策的关键数据,设计记忆驱动的经验学习方法有效积累交互经验,引入噪音网络和多头注意力机制,增强船舶智能体决策探索能力;最后,分别在实验地图与真实海图上对多船会遇场景进行仿真实验,结果表明,在协同性和安全性方面,相较于多个对比方法均获得具有竞争力的结果,且满足实用性要求,从而为提高船舶智能航行水平和保障航行安全提供一种新的解决方案。

上海理工大学刘磊等以鱼群运动数据为研究对象,借助图注意力网络对鱼群中的单体行为进行自动化建模,目的是提炼出适于复杂系统分析的通用网络工具。该方法首先将单体的感知信息映射到高维状态空间,然后生成软注意力数值以表征单体之间的交互强度,再对所生成的软注意力数值规范化,所得规范结果既可作为多邻居信息耦合的关键指标,又可通过解码器将所抽取的注意力信息稀疏解耦为运动决策。实验结果表明:所生成的注意力数值不但能揭示群体内部的信息耦合关系,而且能进一步对隐藏交互强度可视化,从而为鱼群的视觉交互理论提供新的科学证据。所提出分析工具拥有信息耦合可解释、交互强度可显现、系统规模可缩放、状态偏移可泛化等优良特性,有望发展成为复杂系统解耦分析的标准范式,在社会行为分析、机器人集群控制以及智能交通系统安全性评价等方面具有潜在的应用价值。

新疆大学杨菲阳等针对多智能体系统的分布式优化问题,提出一种新的事件触发非周期间歇通讯控制方法,并研究该控制方法下系统的固定时间收敛性。首先,与已有的分布式优化问题相比,考虑一类更一般的分布式优化问题,其优化目标是局部目标函数的凸组合;其次,为了减少控制过程中智能体之间的通讯花费,设计一种新的事件触发间歇控制协议,通过引入两个辅助动力系统,并运用固定时间稳定性理论、代数图论和不等式放缩技巧,证明智能体的状态在固定时间内达到一致并渐近收敛到优化问题的最优解,结合事件触发条件以及间歇控制机制,排除控制过程中的Zeno行为;最后,通过数值仿真验证所得结论的有效性。

北京林业大学孙辉辉等针对传统方法在非结构

场景下暴露出的风险防御能力差、系统安全性能脆弱的问题,提出一种基于主动风险防御机制的多机器人强化学习方法。首先,基于局部可观察马尔可夫博弈模型,建立多机记忆池共享的风险判别机制,通过构建风险状态指数提前预测当前行为的安全性,并根据风险预测结果自适应执行与之匹配的风险处理模式;特别地,针对有风险侵入的非安全状态,提出基于增强型注意力机制的 Actor-Critic 主动防御网络架构,实现对重点信息的分级增强和危险信息的有效防御;最后,广泛的多机协作对抗任务实验表明,具有主动风险防御机制的强化学习策略可以有效降低敌对信息的入侵风险,提高多机器人协同对抗任务的执行效率,增强策略的稳定性和安全性。

4 应用

哈尔滨工业大学岳程斐等针对空间中自由漂浮多臂航天器的多臂协同问题,提出一种基于一致性理论的协同控制方法。该方法采用有向通信拓扑与广义雅克比矩阵结合的方式,实现了自由漂浮航天器多机械臂间的协同。首先,建立多机械臂间的通信关系有向图,确定“领导-跟随”体系下的主臂与从臂;其次,基于有向通信拓扑,进行主从臂末端运动规划,实现主臂运动向从臂的传递;再次,利用广义雅克比矩阵在动量守恒条件下进行末端运动向关节运动的映射,并基于一致性理论设计了关节空间内的多臂协同运动控制器;最后,基于李雅普诺夫稳定性理论证明控制器的稳定性,并分析位置控制误差。仿真结果表明:所提出控制方法可以实现多臂航天器系统空间操控任务中各机械臂的聚集、跟踪与位置协同。

海军工程大学夏家伟等针对多无人艇对海上逃逸目标的围捕问题,提出一种基于多智能体强化学习的围捕算法。首先,以无人艇协同进攻为背景建立无边界围捕问题的环境和运动学模型,并针对快速性和合围性的需求给出围捕成功的判定条件;其次,基于多智能体近端策略优化(MAPPO)算法建立马尔可夫决策过程框架,结合围捕任务需求分别设计兼具伸缩性和排列不变性的状态空间、围捕距离,方位解耦的动作空间、捕获奖励与步长奖励相结合的奖励函数;最后,采用集中式训练、分布式执行的架构完成对围捕策略的训练,训练时采用课程式学习训练技巧,无人艇群共享相同的策略并独立执行动作。仿真实验表明,在无人艇起始数量不同的测试条件下,该方法在围捕成功率和时效性上相较于其他算法更具优势。此外,当无人艇节点损毁时,剩余无人艇仍具备继续执行围捕任务的能力,该方法鲁棒性强,具有在真实环境中部署应用的潜力。

华东交通大学李中奇等以重载列车智能货车方

案为基础,通过分析列车运行动力学过程,建立重载列车多智能体模型。考虑列车运行时外界的未知干扰,同时保证车厢间处于安全距离,提出一种重载列车复合一致性控制器:用相邻车厢单元的速度等信息构建一致性算法并引入滑模控制加快系统速度一致性收敛;列车不同车厢受到干扰视为未知扰动,且随着滑模增益增加会使系统抖动较大,鲁棒性削弱,所以设计观测器估计扰动并补偿至控制器以保证系统收敛并提高抗干扰性;引入人工势函数确保相邻车厢单元间距处于安全范围内,减小纵向冲动。采用 Matlab 软件进行仿真,跟踪给定速度曲线,并用多种干扰模拟未知因素对列车的影响,与不加观测器的控制器效果进行对比。

燕山大学闫敬等考虑水下未知信道与不确定模型参数,提出基于深度强化学习的多潜器编队控制算法。首先,提出基于环境采样数据的最小二乘估计器,用于预测在衰落环境下的未知信道;其次,根据信道预测估计器得出的信噪比(SNR),建立通信有效性与编队稳定性的联合优化问题,并给出基于深度强化学习-深度确定性策略梯度算法(DDPG)的编队控制算法;最后,通过仿真与实验结果验证所提出算法的有效性,参考仿真结果,相比于直接编队控制,考虑通信有效性的情况下提升了 13.5% 的通信性能。

中国电子科技集团公司第十研究所苟进展等针对无人机编队执行任务全过程飞行规划问题,提出一种基于多步粒子群优化的无人机编队航迹规划算法。首先,对无人机和执行任务策略进行建模,将编队执行任务全过程划分为编队成形、执行任务、返航、解散和无人机降落 5 个阶段,设计不同阶段的飞行策略;其次,针对不同的终端约束条件,设计多类多层优化指标,提出多步粒子群算法,并引入模型预测控制滚动优化航路点,得到适用于不同阶段的能严格满足约束条件的航路规划方法;再次,建立旋转坐标系,将航路点信息转换为编队控制律中的理想航向和高度信息,得到能通过航路点的编队控制算法;最后,利用编队控制算法去执行航路规划方法给出的航路点,生成航迹,得到编队航迹规划算法。仿真结果表明,所提出规划方法比传统方法更适用于编队飞行,能为编队规划执行任务全过程的平滑航迹,具有良好的通用性。

5 结语

本专刊论文大多得到了国家自然科学基金等各级各类研究基金的资助,研究成果具有一定的代表性,丰富了多智能体系统协同控制与优化法。本专刊的顺利完成离不开作者、审稿专家和编辑部的大力支持与协助。在此,我们表示诚挚的感谢,并希望本

专刊能够对该领域的研究人员有所参考和启发,以推动对多智能体系统协同控制与优化方法及相关应用研究.

专刊编委

杨涛,男,教授,博士生导师,2012年获美国华盛顿州立大学博士学位;2012~2014年在瑞典皇家理工学院任职博士后;2014~2016年在美国太平洋西北国家实验室先任职博士后,后晋升为 Scientist;2016~2019年在美国北德克萨斯州大学任助理教授;2019年入选国家青年高层次人才项目,加入东北大学流程工业综合自动化国家重点实验室.主要从事工业人工智能、智能优化与控制一体化、信息物理系统、分布式协同控制和优化等领域的研究.主持国家自然科学基金重点项目、重大项目课题、国家重点研发计划课题等.研究成果发表论文百余篇,其中 IEEE 汇刊和 IFAC 会刊论文 30 余篇.2018年获美国橡树岭大学联盟 Ralph E Powe 青年教授奖;多次获国际会议最佳论文奖、最佳学生论文奖.现任《自动化学报》副主编,IEEE TCST、IEEE TNNLS 等期刊编委.担任中国自动化学会大数据专委会主任委员,中国人工智能学会工业人工智能常务副秘书长等.E-mail: yangtao@mail.neu.edu.cn;

杨博,男,教授,博士生导师,研究领域包括综合能源系统的优化运行与控制、工业物联网相关技术研发与应用,在相关领域发表学术论文 200 余篇.曾获得 IEEE TCCPS Industrial Technical Excellence Award、中国自动化学会青年科学家奖,入选国家级青年人才计划、上海市青年科技启明星计划等.现任 IEEE PES 智能电网与新技术委员、IEEE 工业信息学技术委员会委员等,IEEE Trans. Network Science and Engineering 等 4 个国际期刊编委.E-mail: bo.yang@sjtu.edu.cn;

殷允强,男,教授,博士生导师,国家万人计划青年拔尖人才,四川省杰青,四川省引进海内外高层次人才“千人计划”,Elsevier 中国高被引学者(2014~2021年连续 8 年).主要从事智能决策与优化、生产与物流运作管理等方面的研究.以第一/通讯作者在 NRL、EJOR、TRE、Omega、IEEE Transactions on Cybernetics 等国际高水平期刊发表 SCI 论文 80 余篇,出版学术专著 2 部,1 篇论文获第十八次中国物流学术年会优秀论文奖一等奖.主持国家自然科学基金项目 4 项,国家社科重大项目 1 项(子课题负责人),授权国家发明专利 4 项.获四川省哲学社会科学优秀成果奖三等奖 1 项,四川省科技进步三等奖 1 项.现任中国管理科学与工程学会理事,中国双法研究会船海经济管理专业委员会副理事长,中国双法研究会智能决策与博弈分会秘书长,中国运筹学会排序专业委员会常务理事,中国系统工程学会决策科学专业委员会委员,中国运筹学会医疗运作管理分会理事.E-mail: yinyq@uestc.edu.cn;

虞文武,男,教授,博士生导师,入选教育部长江学者,青年长江,国家“万人计划”青年拔尖人才,国家优秀青年科学基金获得者.东南大学校学术委员会委员,江苏省网络群体智能重点实验室常务副主任,复杂工程系统测量与控

制教育部重点实验室副主任,江苏国家应用数学(东南大学)中心常务副主任,网络通信与安全紫金山实验室数理基础研究中心课题负责人.主要从事系统科学与人工智能交叉-分析、控制、优化、学习等相关研究,出版合编著作 1 部,专著 2 部,教材 1 章节,发表 IEEE 汇刊文章 100 余篇,30 篇 ESI 高被引论文(学科前 1%).2014~2022 年连续 9 次入选科睿唯安/原汤森路透全球高引科学家(工程学).主持国家科技部重点研发计划项目,基金委重点、教育部、国家部委重大专项.相关成果获国家自然科学基金二等奖 1 项,省科学技术奖/自然科学奖一等奖 2 项及国家一级学会科学技术奖一等奖 1 项等.曾任 IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics: Systems、IEEE Trans. Industrial Informatics、IEEE Trans. Circuits and Systems II、《中国科学信息科学》《中国科学技术科学》《自动化学报》《智能科学与技术》等杂志编委.E-mail: wwyu@seu.edu.cn;

夏元清,男,教授,博士生导师,北京理工大学自动化学学院院长,教育部“长江学者”特聘教授,国家杰出青年科学基金获得者,国家“万人计划”领军人才,享受国务院特殊津贴专家.担任中国计算机学会大数据专家委员会委员,中国仪器仪表学会物联网工作委员会副理事长,中国指挥与控制学会云控制与决策专业委员会主任委员.主要研究领域为多源信息复杂系统的信息处理与控制、飞行器控制、无人移动平台协同控制、空天地海一体化网络环境下多运动体系统跨越协同控制与智能决策、云控制与决策等.在国内外重要学术刊物上发表学术论文 300 余篇,出版英文专著 11 部,中英文教材 3 部,并于 2014 年至今连续入选 Elsevier 中国高被引学者榜单.曾获得 2011 年国家科技进步二等奖 1 项(排名第 2);2012 年、2017 年教育部自然科学二等奖 1 项(排名第 1);2010 年、2015 年北京市科学技术二等奖 2 项(排名第 1);2012 年北京市优秀博士论文指导教师奖;2015 年中国自动化学会优秀博士论文指导教师奖.所培养的博士毕业生中,1 人获北京市优秀博士论文,3 人获中国自动化学会优秀博士论文,3 人获中国指挥与控制学会优秀博士论文.E-mail: xia_yuanqing@bit.edu.cn;

洪奕光,男,教授,博士生导师,在北京大学力学系获得学士和硕士学位,中国科学院系统科学研究所获得博士学位.现任同济大学上海自主智能无人系统科学中心副主任.曾任中国科学院系统控制重点实验室主任,IEEE Fellow、人工智能学会会士和自动化学会会士.多年来,从事非线性控制、多智能体控制、分布式优化和博弈、社会网络等方面的研究.现任国务院系统科学评议组召集人,中国系统工程学会常务理事,自动化学会控制理论专委会主任.曾先后任 IEEE 控制系统学会会员、公共信息委员会主席、分会活动委员会主席和执委(board of governor)、SIAM CST 最佳论文评奖委员会委员.现任 Control Theory and Technology 主编.获中国控制会议“关肇直”奖、国际自动控制联合会(IFAC)世界大会的青年作者奖、中科院青年科学家奖、中国青年科技奖、国家自然科学基金二等奖等.E-mail: yghong@tongji.edu.cn.