2025年度湖北省科学技术奖公示表（自然科学）

项目名称、提名者及提名意见、项目简介、代表性论文专著目录、主要完成人（完成单位）

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 复杂非线性集群系统协同控制与分布式观测 |
| 提名单位 | 华中科技大学 |
| 提名意见 | （不超过600字，根据项目创造性特点，科学技术水平和应用情况并参照相应奖类条件写明提名理由和结论性意见，并填写提名意见和提名等级。）  该项目的研究结果丰富并扩展了集群系统的协同控制理论与方法，建立并形成了一套完整的复杂非线性集群系统协同控制与分布式观测理论与方法体系，在“低增益反馈机理引导下的饱和集群系统鲁棒协同控制理论构建、通信资源受限下的多尺度跨域异构无人艇-机分簇编队机制设计、脉冲干扰下集群系统的一致性控制与分布式观测算法创新”等科学发现上做出了重要贡献。该项目研究课题曾8次获得国家自然科学基金（包括1项重大集成项目）和1次国家科技支持计划重点研发项目的资助。该团队的研究成果获得国内外同行的广泛认可与好评，在该领域内达国际领先水平，所列5篇代表作中： 3篇入选ESI高被引论文，1篇中文论文获中国电力行业顶刊《中国电机工程学报》高影响力论文。项目完成人政治立场坚定，师德崇高，学风优良，注重融合科研创新提升教书育人质量，成效显著。  我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，完成单位与完成人排名无异议。我单位特此推荐申报2025年度湖北省科学技术奖。  提名该项目为2025年度湖北省自然科学奖 一 等奖 |
| 项目简介 | 本项目属于“信息产业及现代服务业”领域。  集群智能属于国家战略高科技领域，是我国人工智能未来发展的基础理论，在大量分布式个体共同参与以解决复杂问题时具有独特的优势。2021年，《Science》杂志将“集群智能如何涌现形成”明确定义为全世界最前沿的125个科学问题之一。我国在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006–2020)》中将集群协同控制技术确定为优先发展领域，并发布《新一代人工智能发展规划》以指导集群协同的发展。集群系统协同控制与分布式观测的研究体现了面向国际学术前沿和国家重大战略需求的有机统一，具有十分重要的科学价值和社会意义。然而，将传统的集群系统协同控制理论与状态观测方法用于解决特定背景或特殊需求的实际问题时，会面临着约束多、交互繁、环境杂等挑战所导致的集群行为“调控难”、信息交互“能耗高”、任务执行“响应慢”等瓶颈问题，亟待开展执行器饱和约束、通信资源受限、信息传输突变等影响下的集群系统协同控制与分布式观测研究。  在国家自然科学基金、国家重点研发科技攻关计划等项目的支持下，针对以上三个关键科学问题，项目组依托“多谱信息处理技术”国家级重点实验室，“图像信息处理与智能控制”教育部重点实验室，开展了面向复杂非线性集群系统协同控制与分布式观测的系统化研究。通过十八年的理论方法攻关，项目组解决了系统输入饱和、交互耗能受限、信息传输突变对协同控制与分布式观测的影响，取得了一系列突破性的理论成果，开辟了该方向研究新思路，并成功指导相关结果应用于国家重大海洋工程、新能源发电、水质监测和污染治理等众多领域。主要科学发现点如下：  1. 首次建立了饱和约束集群系统的协同控制研究架构，阐明了低增益反馈对饱和约束集群系统一致性控制的作用机理；提出了低-高增益协同控制策略，深入研究了饱和约束集群系统对输入扰动的鲁棒性，给出了饱和抵消、干扰抑制与集群协同之间的定性和定量关系。中科院院士段广仁及其合作者认为“是该领域的杰出工作（remarkable work）之一”。  2. 设计了资源受限下的多尺度跨域异构无人艇-机分簇编队控制机制，在减少智能体运行时间和更新频次的同时，给出了拓展拉普拉斯矩阵特征值的更优边界估计，揭示了完全分布式策略对未知拓扑鲁棒的作用机理，达成了削弱时滞、节省能耗与协同编队的统一；搭建了无人艇-机集群跨域协同实验平台，实现了无人集群系统编队队形的任意切换。IEEE终身会士Okyay Kaynak及其合作者认为本工作为“有效的方法（effective methods）”。  3. 提出了具有高维、广域、分散等特征的目标系统在突变因素影响下的分布式观测算法。设计了新颖的连续非抖振的固定时间一致性控制策略，确定了最优的停息时间；进一步，创新性地表征了脉冲干扰下的网络信息传输方式，提出了更具鲁棒性的分布式观测器，实现了目标系统的协同状态估计，并开展了应用示范研究。欧洲科学院院士C. L. Philip Chen及其合作者评论本工作为“新颖的方法和结果（novel methods and results）”。  本项目发展了集群系统协同控制与分布式观测研究体系，引领了群体智能理论的发展方向。所列5篇代表作中包含3篇ESI高被引论文和1篇获中国电力行业顶刊《中国电机工程学报》高影响力论文的中文论文，得到了多位院士和IEEE会士的引用与评价。项目第一完成人现为国家杰青、国家青拔、“自主智能无人系统”教育部工程研究中心副主任，3次入选科睿唯安全球高被引学者，项目完成人还包括IEEE会士、长江特聘、国家杰青、万人领军、国家优青等。项目成果应用于中船重工701所多型无人船舶的国防海巡、广船国际制造与施工的深中跨海隧道沉管回淤监测、珠江口港口航道疏浚监测、大湾区近海水域渔业资源探测、万江水质监测和污染治理等。经中国人工智能学会鉴定:“无人艇-机集群多时间尺度快慢子编队跨域协同控制处于国际领先水平”。项目相关研究成果实现了高效转化与应用，显著提升了其经济价值，有效地推动了经济发展与社会进步。 |
| 主要完成人  （完成单位） | 苏厚胜（华中科技大学）、陈霞（华中科技大学）、王晓玲（南京邮电大学、上海交通大学）、杨鑫松（四川大学、重庆师范大学）、曾志刚（华中科技大学） |
| |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 论文（专著）名称/刊名/作者 | 年、卷、页码 | 发表时间（年月日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | | 1 | Semi-global leader-following consensus of linear multi-agent systems with input saturation via low gain feedback, IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Regular Papers,Housheng Su, M. Z. Q. Chen, James Lam, and Zongli Lin | 2013, 60(7): 1881-1889 | 2013.7.1 | M. Z. Q. Chen | Housheng Su | Housheng Su, M. Z. Q. Chen, James Lam | | 2 | Fully distributed event-triggered semiglobal consensus of multi-agent systems with input saturation, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Xiaoling Wang, Housheng Su, Xiaofan Wang, and Guanrong Chen | 2017, 64(6): 5055-5064 | 2017.6.1 | Housheng Su | Xiaoling Wang | Xiaoling Wang, Housheng Su, Xiaofan Wang,Guanrong Chen | | 3 | Fixed-time synchronization of complex networks with impulsive effects via nonchattering control, IEEE Transactions on Automatic Control, Xinsong Yang, James Lam, Daniel W. C. Ho, and Zhiguo Feng | 2017, 62(11): 5511-5521 | 2017.11.1 | Xinsong Yang | Xinsong Yang | Xinsong Yang, James Lam, Daniel W. C.Ho, Zhiguo Feng | | 4 | Formation-containment control of multi-robot systems under a stochastic sampling mechanism, SCIENCE CHINA Technological Sciences, Housheng Su, Jinxin Zhang, and Zhigang Zeng | 2020, 63 (6): 1025-1034 | 2020.4.14 | Zhigang Zeng | Housheng Su | Housheng Su, Jinxin Zhang, Zhigang Zeng | | 5 | 基于一致性算法的直流微电网多组光储单元分布式控制方法，中国电机工程学报，杨丘帆; 黄煜彬; 石梦璇; 周建宇; 陈霞; 文劲宇 | 2020, 40 (12): 3919-3927 | 2019.7.30 | 陈霞 | 杨丘帆 | 杨丘帆; 黄煜彬; 石梦璇; 周建宇; 陈霞; 文劲宇 | | |

根据《湖北省科技厅关于开展2025年度省科学技术奖提名工作的通知》要求，我单位对拟参与申报湖北省科技奖励的项目“复杂非线性集群系统协同控制与分布式观测”进行公示。

公示期间若有异议，以单位名义提出的，应当加盖本单位公章；以个人名义提出的，应当在书面异议材料上签署真实姓名。

公示时间： 年 月 日至 年 月 日

联系人：

联系电话：

通讯地址：

邮编：