2024年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果认定推荐成果信息表

|  |  |
| --- | --- |
| **成果名称** | 高次多智能体系统智能协同控制方法及应用研究 |
| **申报类别** | 基础研究、应用基础研究类 | **申报等级** | 一等奖 | **申报分组** | 电子信息 |
| **成果简介** | 本成果针对一类更广泛的高次多智能体系统，开展了基于性能优化的智能自适应协同控制技术研究。围绕控制结构简化、未知控制增益保稳、动态性能提升、通信资源优化等核心问题开展了研究，解决了“高次多智能体系统控制器设计高计算量、多未知时变控制方向导致的闭环系统发散及其高增益、使用逼近结构引入额外自适应参数动态更新律造成的控制器设计高复杂度、连续通信引发的通信资源和控制资源高损耗”等难题。相关成果弥补了现有协同控制方法的技术缺陷，是对现有多智能体系统协同控制理论研究的一个强有力补充，对于实现高次多智能体系统的安全可靠应用转化以及帮助我国在世界上抢占群体智能的实用化与装备应用都具有十分重要的理论意义与实用价值。（一）主要创新点1. 创立了变量分离新工具，构建了普适性的增加幂次积分控制简约框架，提出了易解算、小计算量的强鲁棒自适应协同控制新方法，为强非线性高幂次项变量分离工具的开发开辟了新途径，为高次多智能体系统协同控制结构简化提供了新方案，为高次多智能体系统协同控制理论发展和应用转化提供了新思路。2. 设计了新型混杂Nussbaum函数增益技术及动态逻辑切换机制，提出了保稳定、小学习量的多未知控制增益控制新方法，对于确保高次多智能体系统高稳定性具有重要意义。3. 提出了高精度、低复杂度的预设性能控制新方法，避免了使用逼近结构引入额外自适应参数动态更新律造成的控制器设计高复杂度的技术难题，对于保证高次多智能体系统的高可靠性具有重要意义。4. 设计了事件触发策略的动态自触发机制，提出了低频率、小能耗的动态自触发通信包容控制新方法，对于保证高次多智能体系统的高安全性具有重要意义。（二）主要特点1.从无到有，难度很大。研究伊始，高次多智能体系统是一个新近提出概念，缺理论、缺方法；课题组历经六年，探究了原理，设计了方法，突破了技术，解决了高次多智能体系统的协同控制难题。2.通用性强，高次多智能体系统是现有广泛研究的严反馈/纯反馈等形式多智能体系统的更一般形式，所提出的协同控制技术不仅适用于航天器系统、机器人系统、无人机/艇/车系统和电力系统等实际工程控制系统，还包含一大类很难控制的欠驱动、弱耦合和不稳定的机械系统，应用更为广泛。3.理论性强，首次提出了变量分离新工具，构建了基于增加幂次积分控制的协同控制简约框架，为高次多智能体系统协同控制及应用问题的解决提供了新思路、新框架，同时，成果还针对多未知时变控制增益、低复杂度预设性能、动态自触发通信等方法进行了改进，理论性强。（三）主要成果形式授权2项国家发明专利；代表性论文8篇。（四）主要应用情况项目成果已在北京航天巨恒系统集成技术有限公司、京控高科（北京）科技有限公司等单位进行推广应用，为我国多个型号智能无人装备协同运用作战提供了关键技术支撑。（五）知识产权及著作论文情况在TAC、Automatica、IEEE汇刊等国内外权威学术期刊上发表论文100余篇，其中，SCI检索70余篇，中科院I区论文20余篇，IEEE汇刊36篇，ESI高被引论文6篇，2篇SCI论文入选热点论文。论文得到陈杰院士、柴天佑院士、段广仁院士、钱锋院士等权威专家团队以及《IEEE Transactions on Automatic Control》、《Automatica》、《IEEE Transactions on Cybernetics》、《IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems》、《IEEE Transactions on Fuzzy Systems》等自动化领域权威期刊引用与正面评价。8篇代表性论文中7篇为JCR Q1区，1篇为JCR Q2区，其中，4篇入选ESI高被引论文，2篇入选热点论文，被Scopus总他引281次（WOS核心集总他引270次、Google Scholar总他引344次），单篇最高Scopus他引86次（单篇最高WOS核心集他引90次、单篇最高Google Scholar他引100次）。项目授权/受理国家发明专利（实用新型）2/2项，出版学术专著/教材2部。（六）曾推荐奖励及改进情况无。 |
| **主要知识产权和专著等目录（限10件）** | 1.论文：Prescribed-performance tracking for high-power nonlinear dynamics with time-varying unknown control coefficients；2.论文：Logic-based distributed switching control for agents in power-chained form with multiple unknown control directions；3.论文：Adaptive prescribed performance asymptotic tracking for high-order odd-rational-power nonlinear systems；4.论文：Fuzzy adaptive constrained consensus tracking of high-order multi-agent networks a new event-triggered mechanism；5.论文：Consensus in high-power multiagent systems with mixed unknown control directions via hybrid nussbaum-based control；6.论文：Fuzzy adaptive cooperative consensus tracking of high-order nonlinear multi-agent networks with guaranteed performances；7.论文：Nonrecursive control for formation-containment of HFV swarms with dynamic event-triggered communication；8.论文：A DSC method for strict-feedback nonlinear systems with possibly unbounded control gain functions；9.专利：控制输入受约束动力学系统的预定时间容错控制设计方法，发明专利；10.专利：一种针对图数据补全的集成式关键节点组的选择方法，发明专利。 |
| **主要完成人** | **姓名** | 吕茂隆 | 王 宁 | 虞文武 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **排名** | 1 | 2 | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **行政职务** |  |  | 院 长 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **技术职称** | 副教授 | 讲 师 | 教 授 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **工作单位** | 中国人民解放军空军工程大学 | 中国人民解放军海军航空大学 | 东南大学 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **完成单位** | 中国人民解放军空军工程大学 | 中国人民解放军空军工程大学 | 东南大学 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **项目贡献** | 总体设计负责人，对第1，2，3创新点有贡献。首次提出高次多智能体系统分布式控制简约框架，解决高次多智能体系统高控制增益、高复杂度等难题，负责项目成果的应用推广 | 负责成果研究方案论证，对第3，4创新点有贡献。提出高精度、低复杂度预设性能控制策略、设计提出新型事件触发控制协议，解决高次多智能体系统控制资源高能耗等难题，参与项目成果的应用推广 | 负责制定研究方法，对第1，2创新点有贡献。发现了传统增加幂次积分控制结构高计算量问题的产生根源，提出了分布式智能切换控制协议，确保了高次多智能体系统的稳定 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **主要完成单位** | 中国人民解放军空军工程大学；东南大学 |

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作关系人及排名 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 论文合著 | 王宁（2） | 2017.09.01—2022.12.31 | Fuzzy adaptive constrained consensus tracking of high-order multi-agent networks: a new event-triggered mechanism | 1.1.4 |
| 2 | 论文合著 | 虞文武（3） | 2018.01.01—2022.12.31 | Consensus in high-power multiagent systems with mixed unknown control directions via hybrid nussbaum-based control | 1.1.5 |