**青岛市科学技术奖提名公示内容-自然科学奖**

（2022年度）

**一、项目名称**

面向无人航行器的复杂动态系统容错控制、估计滤波与性能分析

**二、推荐单位（专家）及推荐意见**

（专家提名项目需注明专家的姓名、工作单位、职称职务和学科专业）

注：不超过600字。对照青岛市自然科学奖授奖条件，对科学发现点的原创性、科学价值、国内外自然科学界公认度以及推动学科发展的作用进行概述。

该项目主要研究了无人航行器这类复杂动态系统的容错控制、估计滤波与稳定性分析问题。提出了新的输出反馈容错控制方法，克服了已有结果实用性较差的难题；改进了几类经典观测器/滤波器的设计方法，克服了已有结果保守性较大的难题；建立了多种非线性系统的稳定条件，克服了已有结果适用性局限的难题。

该项目研究成果发表在IEEE TC, Automatica, IEEE TSMC等控制领域及IEEE AP等通信领域国际知名期刊上，5篇代表性论文总引387次，他引296次（单篇最高他引131次）；其中2篇论文入选ESI 前 1%高被引论文，1篇论文曾入选ESI 前 1%高被引论文。得到了诸多国内外专家的高度评价，有力地推动了本学科的发展。授权国家发明专利9件。第一完成人入选山东省青年科技人才托举工程，第二完成人入选青岛西海岸新区优秀青年、青岛西海岸新区拔尖人才，第三完成人入选中国科协青年人才托举工程。

1. **推荐等级**

二等奖

1. **项目简介**

近年来，侵犯我国主权事件多有发生，这些事件无一不在警示：我国在主权维护方面的形式异常严峻！高端武器装备的研发迫在眉睫！《中国制造2025》将高端装备创新工程列为五大工程之一，且明确提出要提升航空航天装备等的自主设计水平。控制系统作为无人航行器等高端装备的“大脑”，其决定了系统整体性能的优劣。

无人航行器可建模为一类由运动学和动力学动态内联成的复杂动态系统。这类动态系统的控制系统设计所包含的基础问题有①诊断与容错，②滤波与估计，③分析与评估等。虽然目前存在一些结果分别考虑了上述问题，但这些结果具有一定保守性和局限性，具体表现在①已有容错控制结果要求系统全状态可用，但受航行器装载的传感器种类与数目的限制，往往只有部分状态可直接量测。②经典观测器诸如滑模观测器、未知输入观测器等要求系统满足苛刻的秩匹配条件；已有空域滤波器需要事先已知噪声的干扰方向。③复值内联非线性动态系统的指数稳定的充分条件仍属空白。针对这些挑战性难题，该项目在国家自然科学基金等多个项目支持下，经过数年攻关，取得了系统性创新成果，主要发现点为：

①提出了新的输出反馈容错控制方法，克服了已有结果实用性较差的难题。创新性地将超螺旋滑模技术与自适应技术相结合，可实现不确定系统状态与执行器故障的有限时间估计，进一步给出了无人航行器姿态跟踪的集成估计与容错控制设计，克服了已有结果因需要全状态都可量测导致的实用性较差的难题。

②改进了几类经典观测器/滤波器的设计方法，克服了已有结果保守性较大的难题。改进了经典滑模观测器的结构，在非输出状态的估计器中增加不连续切换项，克服了现有结果不能精确估计非输出状态的缺陷；改进了一款空域滤波器的结构，通过引入自适应技术可自动辨识噪声的干扰方向并实施抑制，克服了现有结果需事先已知噪声干扰方向的缺陷。

③建立了多种非线性系统的稳定条件，克服了已有结果适用性局限的难题。建立了一类内联时滞非线性系统的平衡点存在性和唯一性条件，分别给出并评估了系统在不同假设下指数稳定和拉格朗日指数稳定的充分条件。

该项目研究成果发表在IEEE TC, Automatica, IEEE TSMC等控制领域及IEEE AP等通信领域国际知名期刊上，5篇代表性论文总引387次，他引296次（单篇最高他引131次）；其中2篇论文入选ESI 前 1%高被引论文，1篇论文曾入选ESI 前 1%高被引论文。研究成果被澳大利亚技术科学与工程院院士Salah Sukkarieh、韩国科学技术院院士Ju H. Park、欧洲科学院院士曹进德、陈关荣、王子栋、石碰等多次引用和正面评价。

**五、代表性论文专著目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文（专著）名称 | 刊名（出版社） | Doi/ISBN | 发表时间 | 作者（按刊物发表顺序） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 他引总次数 | 检索数据库 |
| 1 | Fault tolerant attitude control for rigid spacecraft without angular velocity measurements | IEEE Transactions on Cybernetics | 10.1109/TCYB.2019.2905427 | 2021.03 | 王向华, Chee Pin Tan, 吴奋,王建东 | 王建东 | 王向华 | 131 | WOS（高被引） |
| 2 | A novel sliding mode observer for state and fault estimation in systems not satisfying matching and minimum phase conditions | Automatica | 10.1016/j.automatica.2017.01.027 | 2017.05 | 王向华, Chee Pin Tan, 周东华 | 王向华 | 王向华 | 51 | WOS |
| 3 | Sparse Array Quiescent Beamformer Design Combining Adaptive and Deterministic Constraints | IEEE Transactions on Antennas and Propagation | 10.1109/TAP.2017.2751672 | 2017.11 | 王向荣, M. Amin, 王向华,曹先彬 | 王向华 | 王向荣 | 18 | WOS |
| 4 | Existence, uniqueness, and exponential stability analysis for complex-valued memristor-based BAM neural networks with time delays | Applied Mathematics and Computation | 10.1016/j.amc.2017.05.021 | 2017.10 | 郭如楠,张子叶,刘晓平,林崇 | 张子叶 | 郭如楠 | 61 | WOS（高被引） |
| 5 | Lagrange exponential stability of complex-valued BAM neural networks with time-varying delays | IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems | 10.1109/TSMC.2018.2840091 | 2020.08 | 张子叶，郭如楠，刘晓平，林崇 | 张子叶 | 张子叶 | 35 | WOS（曾高被引） |

**六、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目贡献 |
| 王向华 | 1 | 无 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 代表性论文1,2的第一作者，代表性论文3的通讯作者，主要完成本项目的容错控制、滤波估计的理论工作 |
| 张子叶 | 2 | 无 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 代表性论文4的通讯作者，代表性论文5的第一和通讯作者，主要完成本项目的性能分析的理论工作 |
| 王向荣 | 3 | 无 | 副教授 | 北京航空航天大学 | 北京航空航天大学 | 代表性论文3的第一作者，主要完成本项目的滤波估计的理论工作 |

注：“主要完成人情况”摘自“主要完成人情况表”中的部分内容，公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。

**七、主要完成单位情况**

山东科技大学，排名1/2

北京航空航天大学，排名2/2