

2024 年度江苏省科学技术奖提名项目公示

项目名称：复杂系统分析与控制的研究

推荐单位：南通大学

主要完成人：陆国平, 赵敏, 张君会, 孙继涛, 张小美

主要完成单位：1 南通大学, 2 南京大学, 3 同济大学

提名者：江苏省教育厅

项目简介：

霍金说：“21 世纪将是复杂性的世纪”。传输延时而产生的时滞、外部环境变化而产生的脉冲现象、逻辑行为以及内在不确定性等因素往往不可避免，因此，对复杂系统的分析与控制不但具有重要的科学意义而且具有广泛的实际应用价值。然而，各种变量的耦合、混杂会使得对复杂系统的分析与控制变得非常困难。项目组以现代控制理论、常微分方程、奇异系统、模糊理论、随机分析等理论为基础，综合运用各种分析方法，对异常重要与困难的复杂系统进行分析和控制。研究成果不仅丰富和发展了复杂系统理论，而且提供解决实际控制问题的新途径与新方法，具有潜在的应用前景和很强的学科前沿性与创新性。关键科学发现点如下：

1. 引进非线性奇异系统的“Lyapunov-like property”这一概念，首次解决具有非线性扰动的连续时间奇异系统存在唯一解这一基础性问题，并将它推广到离散系统；率先得到奇异系统广义二次稳定的充要条件，回答了“对具有时变非线性扰动的奇异系统，广义二次稳定性是否意味着奇异系统的全局渐近稳定性”这一公开问题；突破复数无法比较大小的研究瓶颈，得到具有时滞的复值非线性脉冲微分系统稳定的简明判据。

2. 率先洞察多智能体系统同步事件触发策略的局限性，提出基于异步事件触发的领导-跟随一致性控制策略；进一步，给出低保守性的一致性充分判据；首次给出一个由连续动力学和布尔机制组成的复杂网络模型，克服微分动态系统中逻辑判断机制难以分析和计算的研究困难，给出含有逻辑作用的复杂网络同步的判据；并得到具有脉冲作用的该复杂网络的全局指数同步的条件。

3. 率先用 T-S 模糊模型表示具有传输数据丢失的非线性离散随机时滞系统，深入研究由伯努利变量控制的数据包丢失和与对数量化器相关的信号量化，给出网络控制系统的 LMIs 稳定性判据；首次将 T-S 模糊方法引入到非线性脉冲时滞系统，通过细致的分析，克服脉冲与时滞同时存在的困难，得到具有脉冲作用的 T-S 模糊时滞系统稳定的判据。

项目组出版专著 5 部；以第一或通讯作者在 Automatica、IEEE Trans. 等发表 SCIE 论文 330 余篇，其中在信息科学、控制科学领域顶级期刊 Automatica、IEEE Trans. Autom. Control 发表论文（长文或短文）22 篇，信息科学、控制科学领域权威期刊 IEEE 汇刊 和 Systems & Control Lett. 发表论文 35 篇。5 篇代表作 SCIE 引用总次数为 476（他引 382）、谷歌学术引用总次数为 593（他引 543）。几十位院士、IEEE Fellow，如 IEEE 控制系统协会前主席 M. E. Valcher 等控制论专家、数学家引用了我们的工作，不仅直接使用我们的结论或分别基于我们的方法与定义证明主要结论和给出新概念，而且评价为“original”、“novel”、“fundamental”、“important”、“landmark”、“substantial progress”等。美国数学学会《Mathematical Reviews》曾用“results are interesting”评论本项目组的工作。14 名研究生是江苏省三好学生或上海市高等学校优秀毕业生或优秀学位论文获得者。陆国平为中国电工技术学会电气工程教育专委会副秘书长，中国自动化学会控制理论专委会委员，列入美国 Marquis Who's Who 世界科技名人录；孙继涛为南非约翰内斯堡大学特聘访问教授，除 2021、2022 两年外，一直是 Elsevier 中国高被引学者，并进入 2021-2023 年版“全球顶尖前 10 万科学家排名”名录。

代表性论文专著目录

1. Generalized Quadratic Stability for Continuous-Time Singular Systems With Nonlinear Perturbation/IEEE Transactions on Automatica Control 51(5), 2006/Guoping Lu and Daniel W. C. Ho
2. Event-Triggered Communication for Leader-Following Consensus of Second Order Multiagent Systems/IEEE Transactions on Cybernetics, 48(6), 2018/Min Zhao, Chen Peng, Wangli He, and Yang Song
3. Exponential synchronization of complex networks with continuous dynamics and Boolean mechanism/Neurocomputing 307 (2018) 146–152/Junhui Zhang , Jitao Sun
4. Stabilization of Networked Stochastic Time-Delay Fuzzy Systems With Data Dropout/IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 16(3), 2008/Xiaomei Zhang, Guoping Lu, and Yufan Zheng
5. Stability of Takagi–Sugeno Fuzzy Delay Systems With Impulse/IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 15(5), 2007/Daniel W. C. Ho and Jitao Sun