

2022 年度天津市自然科学奖提名公示材料

项目名称	复杂制造系统的学习型群体智能优化决策理论、方法与应用		
提名奖项	自然科学奖	等级	二等奖
主要完成单位	天津工业大学，东北大学，北京航空航天大学，陕西师范大学，东莞理工学院		
主要完成人	陈瀚宁，马连博，王兴伟，路辉，程适，刘群锋，梁晓丹，何茂伟		
提名者	天津工业大学		
项目简介	<p>工业智能已成为提升制造业整体竞争力的核心技术，是实现智能制造“生产全流程优化、精细化运行管控”的关键。如何对大规模复杂工业系统进行有效的生产决策优化，实现自适应优化生产目标、优化配置资源与工艺参数，是工业智能研究的难点与热点。本项目聚焦“群体智能优化性能评估理论”、“适应度地形特征分析方法”与“数据解析与知识引导机制”问题，开展“数据知识与场景自洽的群体智能优化决策理论与方法”研究，建立群体智能优化决策的系统性理论，突破学习型群体智能优化的核心方法，推动复杂制造系统优化决策的精细化与智能化。</p> <p>项目提出了复杂工业制造系统的群体智能优化决策方法设计与性能评价理论体系：建立了群体智能优化算法统一框架，形成了智能算法性能评价理论体系，构建了多域适应度地形分析方法与特征知识体系，设计了数据驱动与知识引导的学习型群体智能优化算法，开发了制造系统智能决策软件平台，并在纺织、有色金属、航空等领域得到部署与应用。科学发现如下：</p> <p>1.针对群体智能优化理论缺少系统性的性能评价理论支撑的困境，构建了算法二阶弱稳定性的概念框架和方法体系，建立了基于多水平演化的全局最优化算法框架，为群体智能优化算法的设计提供了基础理论和算法框架。</p> <p>2.针对大规模优化问题的全局探索和局部搜索协同优化困难，形成了正交学习的群体智能自适应搜索策略和学习框架，提出将收敛压力和多样性表征为多正交变换偏好的思想，为平衡群体智能的探索和开发提供新思路。</p> <p>3.针对群体智能优化决策缺少知识反馈引导的问题，建立了数据驱动与知识引导的学习型群体智能优化机制，开发了群体智能生产管控软件平台，在 10 余家企业部署，提供了可行的智能优化解决方案。</p>		

发现点/发明点/创新点

发现点 1: 群体智能优化算法的统一框架及性能评估理论。针对繁杂的群体智能优化算法，创建了基于多水平演化的统一框架，构建了算法稳定性的概念框架和方法体系，给出了基于可视化置信区间的数据分析方法，发现了不同比较策略下算法的数值评估结果可能产生悖论，提出了消除悖论并修正现有主流数据分析方法的策略与技术。本发现点有助于理解群体智能优化算法性能评估机理和开展系统性的理论分析，促进数据与知识双驱动的智能优化发展。

发现点 2: 面向优化问题特性的多域适应度地形分析理论。本项目基于解空间采样分析的思想，从时域、频域和空域的角度建立了解空间适应度地形的评价指标，提出了基于动态弯曲距离、有向图、幅度谱、数字高程模型等思想的相似性、尖锐性、中性等适应度地形特征的度量方法和度量指标，为群体智能算法设计、搜索策略设计、参数控制等提供有效指导。

发现点 3: 数据驱动与知识引导的学习型群体智能优化算法。从知识驱动优化的角度探索群体智能的数据利用、优化学习机制，构建了面向特定问题的适应度地形特征知识，设计了数据驱动变量局部特征学习的大规模多目标智能优化框架，提出了知识引导的正交学习、增强学习等进化策略与多目标优化方法，实现了泛在制造环境下群体协同学习智能优化算法求解 RFID 网络系统最优部署问题。本发现点从数据与知识双驱动的视角创新设计了多种高性能群体智能优化算法，并在 RFID 网络规划、无人机系统、纺织鞋服产线调度优化、有色金属制造等领域取得了良好的应用效果，推动了学习型群体智能优化的全面发展。

主要技术支撑材料

序号	任务来源	计划类型	项目编号	项目名称
1	国家及部级计划/基金项目	面上基金项目	61671041	适应度地形机理驱动的动态测试任务调度理论研究
2	国家及部级计划/基金项目	面上基金项目	61773103	基于多重感应信号的微生物网络协同进化模型与优化算法
3	国家及部级计划/基金项目	面上基金项目	61773119	进化算法数值比较的若干理论问题研究及其应用
4	国家及部级计划/基金项目	面上基金项目	61806119	基于数据驱动的发展式头脑风暴优化算法研究

	5	国家及部级计划/基金项目	面上基金项目	61602343	基于复杂系统生命周期演化的菌群优化模型、算法及在 RFID 网络规划中的应用
--	---	--------------	--------	----------	--

2. 论文论著情况:

序号	论文专著名称	发表刊物	发表时间	主要作者	SCI 或 EI
1	Artificial Bee Colony Optimizer Based on Bee Life-cycle for Stationary and Dynamic Optimization	IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems	2017-02	Hanning Chen; Lianbo Ma; Maowei He; Xingwei Wang; Xiaodan Liang; Liling Sun; Min Huang	SCI
2	RFID Network Planning Using A Multi-swarm Optimizer	Journal of Network and Computer Applications	2021-05	Hanning Chen, Yunlong Zhu, Kunyuan Hu, Tao Ku	SCI
3	Enhancing Learning Efficiency of Brain Storm Optimization via Orthogonal Learning Design	IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems	2020-01	Lianbo Ma; Shi Cheng; Yuhui Shi	SCI
4	An Adaptive Localized Decision Variable Analysis Approach to Large-Scale Multiobjective and Many-objective Optimization	IEEE Transactions on Cybernetics	2021-01	Lianbo Ma; Min Huang; Shengxiang Yang; Rui Wang; Xingwei Wang	SCI
5	Paradoxes in Numerical Comparison of Optimization Algorithms	IEEE Transactions on Evolutionary Computation	2020-08	Qunfeng Liu; William V. Gehrlein; Ling Wang; Yuan Yan; Yingying Cao; Wei Chen; Yun Li	SCI
6	Benchmarking Stochastic Algorithms for Global Optimization Problems by Visualizing Confidence Intervals	IEEE Transactions on Cybernetics	2017-09	Qunfeng Liu, Wei-Neng Chen, Jeremiah D. Deng, Tianlong Gu, Huaxiang Zhang, Zhengtao Yu, and Jun Zhang	SCI
7	Analysis of the similarities and differences of job-based	European Journal of Operational	2018-11	Lu Hui, Shi Jinhui, Fei Zongming, Zhou	SCI

	scheduling problems	Research		Qianlin, Mao Kefei	
8	Multi-objective energy consumption scheduling in smart grid based on Tchebycheff decomposibgion	IEEE Transactions on Smart Grid	2015-11	Hui Lu; Mengmeng Zhang; Zongming Fei; Kefei Mao	SCI