

2021 年度山东省科学技术奖拟提名项目公示材料

一、项目名称

用于复杂场景的智能优化与学习理论及方法

二、提名者及提名意见

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。

按照要求，我单位及完成人所在单位均进行了公示，确认完成人排序无异议。

该项目在 6 项国家自然科学基金等课题的资助下，从不确定性度量与非结构化环境下的离群点检测、搜索区域约简、共享不变量挖掘等方面进行了深入研究，建立了基于相对决策熵的不确定性度量理论，揭示了非结构化环境下基于集合边界区域的离群点检测机理，提出了多目标优化问题的高性能求解方法，设计了基于固有特征提取的共享不变量挖掘架构。将所提理论与方法应用于保留分类能力的特征选择、非结构化离群点检测、多目标进化优化，以及跨域迁移学习等算法设计中，显著提高了这些算法求解批量流水调度、个性产品推荐、乳腺疾病筛查、网络入侵检测等实际问题的能力。

支撑该成果的 5 篇代表性论文，有 4 篇发表在 *Pattern Recognition*、*Information Sciences*、*Knowledge-Based Systems* 等国际权威期刊上，1 篇发表在中国计算机学会推荐的 A 类期刊电子学报上，被 *Web of Science* 和 *CNKI* 他引 233 次，得到加拿大皇家科学院院士、欧洲科学院院士、挪威皇家科学院院士、印度科学院院士、波兰科学院院士等施引者的正面评价。

参照山东省自然科学奖申报和推荐基本条件，建议推荐申报山东省自然科学奖二等奖。

三、项目简介

智能优化与学习算法在国民经济、社会发展和国防建设中得到了广泛应用，如流水生产调度、个性产品推荐、重大疾病诊断、城市资源分配、网络入侵检测。智能算法的广泛应用大大促进了经济的快速增长和社会进步，有力保障了国家安全。然而，长期以来，面对超高维特征、不确定性、异常/不平衡/多源异构数据和分布式多目标等复杂场景，传统的智能算法难以取得令人满意的性能，大大限制了这些算法在复杂场景中的应用。

本项目旨在建立用于复杂场景的智能优化与学习理论及方法。从不确定性度量与非结构化环境下的离群点检测、多目标进化优化、共享不变量挖掘等方面进行了深入研究，建立了基于相对决策熵的不确定性度量理论，揭示了非结构化环境下基于集合边界区域的离群点检测机理，提出了多目标优化问题的高性能求解方法，设计了基于固有特征提取的共享不变量挖掘架构。将所提理论与方法应用于保留分类能力的特征选择、非结构化离群点

检测、多目标进化优化，以及跨域迁移学习等算法设计中，显著提高了这些算法求解批量流水调度、个性产品推荐、乳腺疾病筛查、网络入侵检测等实际问题的能力。

本项目的主要科学发现为：

(1) **科学发现一**：建立了基于相对决策熵的不确定性度量理论，揭示了非结构化环境下的离群点检测机理。针对粗糙集中的不确定性度量，建立了相对决策熵这一新的信息熵模型，有效克服了传统度量没有考虑集合边界区域中信息的不足。在相对决策熵模型的基础上，提出了新颖的超高维特征快速降维方法并应用于网络入侵检测，突破了传统智能学习算法难以兼顾超高维特征处理与信息丢失的瓶颈。将集合边界区域中的元素看作一类特殊的对象，设计了基于边界与距离的离群点检测方法，解决了非结构化环境下离群点检测精度低的难题。相关代表作发表在模式识别领域国际著名期刊 *Pattern Recognition*、中国计算机学会推荐的 A 类期刊电子学报上，得到了加拿大皇家科学院院士、波兰科学院院士 Witold Pedrycz 教授、印度科学院院士 Sankar K. Pal 教授、IEEE Fellow Steven C. H. Hoi 教授、国际粗糙集学会副理事长苗夺谦教授等的正面评价。

(2) **科学发现二**：提出了多目标优化问题的高性能求解方法并用于求解生产调度问题。发展了区间参数优化问题的偏好多面体理论，用于具有相同秩的优化解排序，设计了搜索区域约简的交互式多目标进化优化算法；揭示了人工蜂群算法的早熟收敛机理，基于支配排序遗传算法在优化机制、结构和搜索能力上的互补性，提出了批量流水生产调度问题的进化优化求解方法。相关代表作发表在信息系统领域国际著名期刊 *Information Sciences*、人工智能领域国际著名期刊 *Knowledge-Based Systems* 上。成果得到欧洲科学院院士、波兰科学院院士 Roman Slowinski 教授、IEEE 计算智能学会主席、IEEE Fellow 姚新教授、IEEE Fellow 金耀初教授、IEEE Fellow Hisao Ishibuchi 教授、澳大利亚运筹学协会主席 Simon Dunstall 教授等的正面评价。

(3) **科学发现三**：设计了基于固有特征提取的共享不变量挖掘架构。提出了基于目标域和辅助域信息综合分析的共享不变量确定方法，设计了基于固有特征提取的辅助域不变量挖掘策略，并用于辅助域共享不变量迁移引导的目标域智能算法学习。将基于固有特征提取的共享不变量挖掘架构应用于个性产品推荐，提出了基于非负矩阵分解的跨域推荐算法，有效解决了辅助域到目标域的信息正向迁移问题，提升了迁移学习算法的性能；应用于海信电视节目推荐，开发的智能电视平台达到国际领先水平。相关代表作发表在人工智能领域国际著名期刊 *Knowledge-Based Systems* 上，得到欧洲科学院院士、挪威皇家科学院院士张彦教授、韩国世宗工业大学合作基金会主席 Sung Wook Baik 教授等的正面评价。

本项目的 5 篇代表作被 Web of Science 和 CNKI 他引 233 次，得到包括加拿大皇家科学院院士、波兰科学院院士 Witold Pedrycz 教授、欧洲科学院院士、波兰科学院院士 Roman Slowinski 教授、欧洲科学院院士、挪威皇家科学院院士张彦教授、印度科学院院士 Sankar K. Pal 教授及其他 26 名 IEEE/IFAC/AAAS Fellow、国际权威期刊主编等施引者的正面评价。

行政职务：无 技术职称：副教授

工作单位：青岛科技大学

完成单位：青岛科技大学

对本项目的主要学术贡献：提出了基于目标域和辅助域信息综合分析的共享不变量确定方法，设计了基于固有特征提取的辅助域不变量挖掘策略。将基于固有特征提取的共享不变量挖掘架构应用于个性产品推荐，提出了基于非负矩阵分解的跨域推荐算法并应用于海信电视节目推荐。

4、 姓名：杜军威 排名：4

行政职务：副院长 技术职称：教授

工作单位：青岛科技大学

完成单位：青岛科技大学

对本项目的主要学术贡献：参与设计了基于边界与距离的离群点检测方法，通过有效刻画集合边界区域中的元素来检测离群点，解决了非结构化环境下离群点检测精度低的难题。

5、 姓名：韩玉艳 排名：5

行政职务：无 技术职称：副教授

工作单位：聊城大学

完成单位：聊城大学

对本项目的主要学术贡献：参与设计了多目标优化问题的高性能求解方法。揭示了人工蜂群算法的早熟收敛机理，基于非支配排序遗传算法在优化机制、结构和搜索能力上的互补性，提出了批量流水生产调度问题的进化优化求解方法。