

2026 年度陕西省自然科学奖公示信息

项目名称		量子智能计算理论与应用研究					
提名者		中共陕西省委军民融合发展委员会办公室					
提名意见							
我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，并按照要求对该项目的基本情况进行了公示，公示期间无异议。该项目面向 NISQ 时代量子计算实用化需求，围绕量子智能计算理论与应用开展研究，从量子计算的基本物理特性出发，系统考察了叠加性、纠缠性和相干性在智能算法设计中的作用机制，在此基础上形成三个方向的创新成果，即提出动态上下文协作与分区协作的量子行为粒子群优化方法以解决 NP-hard 问题求解中早熟收敛和计算量大的瓶颈，建立量子多目标协同学习模型以实现百万级数据快速自动聚类，将量子智能计算与神经架构搜索相结合以突破遥感图像解译中先验信息缺乏等难题，三者分别对应优化方法、学习模型和系统架构三个层面，构成从算法设计到工程转化的完整链条；相关技术已落地于中电科二十所无人机协同优化、航天九院七七一所舰船目标量子分类等工程场景，服务于国防安全和智慧遥感领域；5 篇代表性论文发表于 IEEE TNNLS、IEEE TGRS、Pattern Recognition、Information Sciences、Applied Soft Computing 等期刊，Web of Science 核心合集他引 338 次，Scopus 他引 429 次，出版《量子计算智能》和《量子计算、优化与学习》两部专著，先后获陕西省优秀研究生教材一等奖和全国教材建设奖二等奖；项目执行期间培育了教育部新世纪优秀人才 1 名、陕西省科技新星 1 名、陕西省优秀博士学位论文获得者 1 名。根据《陕西省科学技术厅关于 2026 年度省科学技术奖提名工作的通知》，参照自然科学奖评定条件和评定标准，提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。							
主要完成人情况							
排名	姓名	技术职称	工作单位			完成单位	
1	李阳阳	教授	西安电子科技大学			西安电子科技大学	
2	李玲玲	教授	西安电子科技大学			西安电子科技大学	
主要完成单位							
排名	单位名称						
1	西安电子科技大学						
代表性论文（专著）目录							
序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年卷页码（xx 年 xx 卷 xx 页）	发表（出版）时间（年月日）	通讯作者（含共同）	第一作者（含共同）	作者	论文署名单位

1	Dynamic-context cooperative quantum-behaved particle swarm optimization based on multilevel thresholding applied to medical image segmentation/ Information Sciences/ Yangyang Li, Licheng Jiao, Ronghua Shang, Rustam Stolkin	2015 年 294 卷 408-422 页	2015 年 2 月 10 日	Yangyang Li	Yangyang Li	Yangyang Li, Licheng Jiao, Ronghua Shang, Rustam Stolkin	西安电子科技大学
2	Partitioned-cooperative quantum-behaved particle swarm optimization based on multilevel thresholding applied to medical image segmentation/ Applied Soft Computing/ Yangyang Li, Xiaoyu Bai, Licheng Jiao, Yu Xue	2017 年 56 卷 345-356 页	2017 年 7 月	Yangyang Li	Yangyang Li	Yangyang Li, Xiaoyu Bai, Licheng Jiao, Yu Xue	西安电子科技大学

3	Quantum-behaved discrete multi-objective particle swarm optimization for complex network clustering/ Pattern Recognition/ Lingling Li, Licheng Jiao, Jiaqi Zhao, Ronghua Shang, Maoguo Gong	2017 年 63 卷 1-14 页	2017 年 3 月	Lingling Li	Lingling Li	Lingling Li, Licheng Jiao, Jiaqi Zhao, Ronghua Shang, Maoguo Gong	西安电子科技大学
4	ReCNAS: Resource-constrained neural architecture search based on differentiable annealing and dynamic pruning/ IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems/ Cheng Peng, Yangyang Li, Ronghua Shang, Licheng Jiao	2024 年 35 卷 (2 期)2805-2819 页	2022 年 7 月在线、2024 年 2 月出版	Yangyang Li	Cheng Peng	Cheng Peng, Yangyang Li, Ronghua Shang, Licheng Jiao	西安电子科技大学

5	Efficient convolutional neural architecture search for remote sensing image scene classification/ IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing/ Cheng Peng, Yangyang Li, Licheng Jiao, Ronghua Shang	2021 年 59 卷 (7 期)6092-6105 页	2021 年 7 月	Yangyang Li	Cheng Peng	Cheng Peng, Yangyang Li, Licheng Jiao, Ronghua Shang	西安电子科技大学
6	量子计算智能/ 西安电子科技大学出版社/ 李阳阳,焦李成,张丹,李玲玲,刘天宇	2019 年, 共 319 页	2019 年 9 月	李阳阳	李阳阳	李阳阳, 焦李成, 张丹, 李玲玲, 刘天宇	西安电子科技大学
7	量子计算、优化与学习/ 科学出版社/ 焦李成,李阳阳,刘芳,马文萍,尚荣华	2017 年, 共 300 页	2017 年 3 月	焦李成	焦李成	焦李成, 李阳阳, 刘芳, 马文萍, 尚荣华	西安电子科技大学

客观评价

项目成果受到国内外众多顶尖高校和一流研究机构的广泛关注，获得多位 IEEE Fellow 和国际知名学者的高度评价。代表性的客观评价如下：

— [代表论文 1] IEEE 终身 Fellow、Norbert Wiener 奖获得者、IEEE Transactions on Fuzzy Systems 顾问、Information Sciences 主编、加拿大阿尔伯塔大学教授 Witold Pedrycz，与 ESI 全球高被引科学家、IEEE/IFSA 双科 Fellow、西班牙格拉纳达大学教授 Enrique Herrera-Viedma，在其研究成果中对完成人提出的动态上下文协作量子行为粒子群优化算法给予高度评价，充分肯定其在提升粒子群算法收敛性和运算速度方面的贡献，指出该算法着力于优化计算量、在保证综合性能优异的同时计算开销更小，是一项具有经典价值的工作。

— [代表论文 1] 加州大学圣塔芭芭拉分校计算机科学荣休教授、曾任芝加哥丰田技术研究院（TTIC）院长、IEEE Fellow、IAPR Fellow、ACM Fellow、TR100 获奖者 Matthew Turk 教授，在其学术综述中将完成人提出的动态上下文协作量子行为粒子群优化算法作为多级图像阈值分割领域一种经典的元启发式算法予以列举，充分肯定了该方法的学术影响力。

— [代表论文 2] ESI 全球高被引科学家、全球前 2% 顶尖科学家、伊朗国家精英基金会（INEF）精英研究员 Ali Asghar Heidari 博士，与温州大学计算机与人工智能学院教授、瓯江教授、《Computers in Biology and Medicine》共同主编陈慧灵教授，在其发表于中科院一区 Top 期刊《Computers in Biology and Medicine》及关于 COVID-19 X 射线图像分割的研究成果中，将完成人提出的分区协作量子行为粒子群优化算法（PCQPSO）列为解决复杂医疗图像分割问题的代表性先进方法，评价其具有“复杂度低、耗时短、分割质量高”的显著优势，并指出该方法在医学图像处理中扮演着日益重要的角色，有力推动了医疗辅助诊断技术的发展。

— [代表论文 3] IEEE Fellow、长江学者青年学者、国家优秀青年科学基金获得者、原华南理工大学计算机科学与工程学院教授、现南开大学人工智能学院教授詹志辉，在其发表的复杂网络社区检测研究成果中对完成人提出的量子行为离散多目标粒子群优化算法给予高度评价，指出完成人将量子机制引入离散粒子群优化算法以加速其收敛。

— [代表论文 3] 美国俄亥俄州立大学土木、环境与大地测量工程系荣休教授 Hojjat Adeli，与 Douglas Rodrigues、João P. Papa 在共同撰写的特邀综述中对完成人提出的量子行为离散多目标粒子群优化算法给予积极评价，指出该方法能够自动确定聚类数量，且实验结果表明与标准离散多目标粒子群优化算法相比取得了有竞争力的性能。

— [代表论文 4] 新加坡科技研究局（A*STAR）科学家、新加坡国立大学兼职助理教授 Yang He 博士，与新加坡南洋理工大学 Lingao Xiao，在国际权威期刊《IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence》（2024, 46(5): 2900-2919）发表的深度卷积神经网络结构化剪枝综述中，将完成人提出的 ReCNAS 方法列入“梯度类（Gradient-Based）”结构化剪枝方法分类体系并作为代表性工作系统列举，指出该方法通过随机梯度下降在搜索空间中进行优化。

— [代表论文 5] 美国耶鲁大学 Ira V. Hiscock 冠名生物统计学教授、遗传学教授、统计与数据科学教授，AAAS Fellow、ASA Fellow、IMS Fellow、ISCB Fellow、CASE Fellow、AIMBE Fellow 的 Hongyu Zhao 教授，在其关于遥感图像分类的两阶段进化神经架构搜索（TPENAS）研究中，对完成人提出的 Efficient CNNAS 方法给予充分认可，指出完成人构建了一个高效的 CNN 架构用于超高分辨率遥感图像场景分类，并将其作为该领域的重要代表性工作予以引用。

— [代表论文 5] 巴西里约热内卢天主教大学（PUC-Rio）电气工程系教授、地理对象影像分析（GEOBIA）新范式论文作者（被引 1700 余次）Raul Queiroz Feitosa，与 Patrick Nigri Happ 博士等，在其发表于《ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences》（2022, V-3-2022: 17-24）的研究成果中指出，面向卫星影像语义分割的神经架构搜索研究在文献中为数不多，并将完成人提出的 Efficient CNNAS 作为该领域少数代表性工作之一予以列举。

项目简介

量子信息连续被列为国家"十三五"、"十四五"重点发展领域，并已纳入"十五五"前瞻布局，凸显其战略地位。其中，量子计算凭借并行性、指数级存储与加速能力，在密码破译、金融、生物医学、材料等海量计算场景中具备显著优势，我国在该领域的研究已跻身国际第一梯队。然而，当前量子计算仍受限于 NISQ（Noisy Intermediate-Scale Quantum）时代比特数量有限、环境噪声干扰等瓶颈，实际性能远未达到理论预期，如何在硬件约束下实现量子计算的实用化、真正释放量子优势，已成为当前研究的核心命题。

在国家自然科学基金面上项目、青年项目及陕西省重点研发计划等项目的持续资助下，项目组围绕量子计算与人工智能相结合的研究主线，系统研究了量子计算的叠加性、纠缠性和相干特性，发展面向 NISQ 量子设备或量子线路模拟器的量子智能计算理论与技术，在量子智能优化、量子多目标学习及量子智能计算驱动的遥感图像解译三个方向取得创新成果。主要科学发现如下：

- 1) 挖掘了量子态叠加、纠缠特性与进化搜索机制的深度耦合结构，提出动态上下文协作与分区协作的量子行为粒子群优化方法，有效解决了 NP-hard 问题求解中种群多样性匮乏、早熟收敛和计算量大的瓶颈；
- 2) 揭示了多尺度下群体智能全局探索与个体学习局部优化的竞争协同耦合关系，建立量子多目标协同学习模型，实现了百万级数据的快速自动聚类；
- 3) 将量子智能计算与神经架构搜索深度融合，突破了遥感图像解译中先验信息匮乏的技术瓶颈。

5 篇代表性论文均发表于 IEEE TNNLS、IEEE TGRS、Pattern Recognition、Information Sciences、Applied Soft Computing 等中科院一区 TOP 期刊及领域主流期刊，Web of Science 核心合集他引 338 次、Scopus 他引 429 次；出版《量子计算智能》《量子计算、优化与学习》专著 2 部，其中《量子计算、优化与学习》先后获陕西省优秀研究生教材一等奖和全国教材建设奖二等奖。成果已应用于中电科二十所无人机协同优化、中电科五十四所无人系统轻量化智能感知、航天九院七七一所舰船目标量子分类等国防与智慧遥感工程场景。项目培养教育部新世纪优秀人才 1 名、陕西省科技新星 1 名、陕西省优秀博士学位论文获得者 1 名。成果受到国内外众多顶尖高校和一流研究机构的广泛关注，获得多位 IEEE Fellow 和国际知名学者的高度评价。

完成人合作关系说明

本项目完成人李阳阳与李玲玲通过合著的形式完成[代表论文(专著)-6 量子计算智能]专著,其中,本项目第一完成人李阳阳为此专著的第一作者, 本项目第二完成人李玲玲为此专著的第四作者。

在合著过程中,李阳阳与李玲玲共同商讨了专著的架构并进行分工编写,其中,李阳阳承担了第一章到第六章的撰写任务,李玲玲承担了第七章和第八章的撰写任务。两位合著者进行了密切、高效的合作。