

2025 年度拟提名陕西省自然科学奖项目公示内容

一、项目名称

医学影像辅助诊断中的人工智能关键技术研究

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：该成果全面系统地研究了医学影像人工智能辅助诊断的关键问题，及其在临床诊疗中的重要应用方向。成果围绕健壮性、可解释性和多模态学习等核心挑战，取得了一系列创新发现，建立了跨域泛化、注意力残差学习以及多模态融合的新方法，显著提升了医学影像诊断的精度与效率。研究成果选题准确，研究起点高，具有创新性，发表的论文在国内外学术界引用率较高，受到广泛好评和认可，对相关研究具有引领和示范作用，具有重要的学术价值和理论意义，对推动医学影像智能诊断的发展、缓解医疗资源不均衡具有重要的指导作用。成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件。特提名为陕西省自然科学奖二等奖。

三、项目简介

“健康中国 2030”是我国的重要战略之一，其核心目标在于促进全民健康事业的持续发展，并为全面建成小康社会贡献积极力量。面对我国医疗资源总体匮乏及分布不均衡的现状，借助计算机技术提升医学影像辅助诊断能力，已成为提高医疗诊断效率和准确性的重要途径。基于此，项目组聚焦于医学影像辅助诊断中的人工智能关键技术研究，旨在解决现有方法中可解释性差、普适性不足、多模态信息挖掘受限三大挑战，取得了三方面创新发现：（1）针对智能医学影像辅助诊断的健壮性问题，提出了面向疾病影像特异性的深度学习框架 DSDL 和多源域泛化医学影像分割模型。（2）针对智能医学影像辅助诊断的可解释性问题，提出了一种多视角、基于知识的协同深度学习模型 MV-KBC。（3）针对医学影像中的多模态学习问题，提出了两阶段多模态分割框架和基于嵌入融合的多模态孪生网络。项目组围绕上述发现产出显著成效：学术方面，在 JAMA Network Open、Radiology、IEEE-TPAMI 等国际顶刊及 NeurIPS、CVPR、MICCAI 等顶会发表论文百余篇，获中外多国院士、学会 Fellow 及牛津大学、斯坦福大学等机构学者引用，引文亦发表于诸多顶刊顶会；人才与科研服务方面，第一完成人连续入选斯坦福“全球前 2% 顶尖科学家榜单”，获“翱翔青年学者”称号，指导学生获多项学术荣誉及 10 余项国际竞赛前三名，主持多项国家级项目，还担任多学会重要职务及 MICCAI 领域主席。应用层面，项目成果在慧影医疗、温州天铭、西安大医云康等企业及南京医科大学附属儿童医院落地，研发的心脏功能区域分割、三维全心脏分割、眼底视杯视盘分割、婴幼儿弥散磁共振影像计算等系统，有效提升了相关企业智能辅助诊断平台性能与医院数据处理智能化水平。

四、客观评价

对发现点 1 的客观评价

- IEEE Fellow、牛津大学 Vicente Grau 教授在论文"Multi-modality cardiac image computing: A survey"中指出，我们提出的不完全多模态神经图像的联合图像合成与疾病诊断框架，强调了在疾病识别与预测中进行面向疾病图像的联合优化的重要性，并认为此策略为多模态医学图像分析提供了新的范式。
- IEEE Fellow、ACM Fellow、伊利诺伊大学芝加哥分校特聘教授 Philip S. Yu 在论文"Generalizing to Unseen Domains: A Survey on Domain Generalization"中指出，本文所聚焦的医学影像中的域泛化问题具有显著的研究价值，并强调在高度异质性医学图像背景下实现模型泛化是该领域的重要突破方向。

对发现点 2 的客观评价

- IEEE/NAI/AIMBE Fellow、中国科学技术大学生物医学工程学院执行院长、医学影像智能与机器人研究中心主任周少华教授在论文"Rubik's Cube+: A self-supervised feature learning framework for 3D medical image analysis"中指出本文的方法能够很好地代表现有的基于深度学习 3D 网络的 3D 数据计算机辅助诊断系统。
- 上海人工智能实验室智慧医疗中心主任及领军科学家、商汤科技研究院副院长张少霆教授在论文"Semi-Supervised Segmentation of Radiation-Induced Pulmonary Fibrosis From Lung CT Scans With Multi-Scale Guided Dense Attention"中认为“本文通过从大量带注释的图像中自动学习特征，优于大多数使用手工特征的传统分割方法”。

对发现点 3 的客观评价

- 国家科技部中青年科技创新领军人才、四川大学郭应坤教授在论文"A Cascaded Framework with Cross-Modality Transfer Learning for Whole Heart Segmentation"中，对本文提出的两阶段全心脏分割策略给予高度评价，认为该策略有效提升了分割精度与区域感知能力，并以此为基础进一步构建了跨模态迁移学习的级联框架，拓展了该方法在多模态任务中的应用潜力。
- IEEE/IAPR Fellow, IEEE-TPAMI 编委、科睿唯安全球“高被引科学家”、爱思唯尔中国“高被引学者”韩军伟教授在论文"VST++: Efficient and Stronger Visual Saliency Transformer"中，将本文方法列为基于 CNN 的多模态图像分割的代表性方法，体现了本研究在视觉显著性建模及分割任务中的领先地位。

五、代表性论文专著目录（不超过 8 条，其中代表性论文不超过 5 篇，代表性专著不超过 3 部）

序号	论文专著 名称	刊名	作者	年卷 页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表 时间	通讯作 者	第一 作者	国内作 者	他 引总 次数	检索 数据 库	知识 产权 是否 归国 内所 有
1	Disease-Image-Specific Learning for Diagnosis-Oriented Neuroimage Synthesis With Incomplete Multi-Modality Data	IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence	Yongsheng Pan, Mingxia Liu, Yong Xia, Dinggang Shen	2021 年 44 卷 6839- 6853 页	2021- 06-22	Mingxia Li, Yong Xia, Dinggan g Shen	Yongsh eng Pan	潘永 生, 夏 勇	53	SCI	是

2	Domain and Content Adaptive Convolution Based Multi-Source Domain Generalization for Medical Image Segmentation	IEEE Transactions on Medical Imaging	Shishuai Hu, Zehui Liao, Jianpeng Zhang, Yong Xia	2023 年 42 卷 233-244 页	2022-09-26	Yong Xia	Shishuai Hu, Zehui Liao	胡诗帅, 廖泽慧, 张建鹏, 夏勇	33	SCI	是
3	Knowledge-based Collaborative Deep Learning for Benign-Malignant Lung Nodule Classification on Chest CT	IEEE Transactions on Medical Imaging	Yutong Xie, Yong Xia, Jianpeng Zhang, Yang Song, Dagan Feng, Michael Fulham, Weidong Cai	2019 年 38 卷 991-1004 页	2018-10-17	Yong Xia	Yutong Xie	谢雨彤, 夏勇, 张建鹏, 宋洋, 冯大淦, 蔡卫东	315	SCI	是

4	An Improved Combination of Faster R-CNN and U-Net Network for Accurate Multi-Modality Whole Heart Segmentation	IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics	Hengfei Cui, Yifan Wang, Yan Li, Di Xu, Lei Jiang, Yong Xia, Yanning Zhang	2023 年 27 卷 3408-3419 页	2023-04-11	Hengfei Cui	Hengfei Cui	崔恒飞, 王一凡, 李妍, 姜磊, 夏勇, 张艳宁	12	SCI	是
5	Fusion-Embedding Siamese Network for Light Field Salient Object Detection	IEEE Transactions on Multimedia	Geng Chen, Huazhu Fu, Tao Zhou, Guobao Xiao, Keren Fu, Yong Xia, Yanning Zhang	2024 年 26 卷 984-994 页	2023-05-10	Yong Xia, Huazhu Fu	Geng Chen	陈耿, 周涛, 肖国宝, 付可人, 夏勇, 张艳宁	14	SCI	是
合 计									427	SCI	是

六、主要完成人情况（不超过 6 人）

（所列完成人应为在陕个人，或与在陕个人合作的我国其他地域的个人（**第一完成人必须为全职在陕的个人**），且是“代表性论文专著”主要学术思想的提出者，并在“代表性论文专著”中有署名。应按表格要求逐项填写。附件所列验收、鉴定的专家组成员不能作为完成人。同一人同一年度只能作为一个提名项目的完成人参加陕西省科技奖的评审。附件所列验收、鉴定的专家组成员不能作为完成人。

工作单位：根据人事关系填写完成人现工作的单位，已退休的填写退休前的工作单位。

完成单位：填写完成人参与本项目主要研究工作时所在单位，应为国内法人单位。如涉及多个单位，应根据贡献大小填写一个单位。完成单位与奖励证书关联，请根据实际情况审慎填写。

对本项目贡献：不超过 300 字。应具体写明完成人对本项目做出的实质性贡献，并注明代表性论文专著编号。

填报时括号部分内容删除。）

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
夏勇	1	副院长	教授	西北工业大学	西北工业大学	夏勇教授是代表性论文 1-5 主要思想的提出者，在本项目中对发现点 1-3 的模型与算法提出与实现做出了实质性贡献。具体包括：提出了利用不完整多模态神经影像进行脑部疾病诊断的空间约束表示框架；提出了结合域自适应与内容自适应的动态卷积方法以实现多源域泛化医学图像分割；提出了一种用于肺结节良恶性诊断的基于知识的协同深度学习模型；参与完成了基于“检测一分割”的两阶段快速分割框架在多模态心脏图像分割中的应用；构建了基于嵌入融合的孪生网络用于多模态图像分割。

陈耿	2	无	教授	西北工业大学	西北工业大学	陈耿教授是代表性论文 5 的主要思想提出者，在本项目中对发现点 3 做出了核心贡献。在代表性论文 5 中，提出并实现了一种基于嵌入融合的孪生网络用于多模态图像分割，设计了注意力感知的图像适配模块和嵌入特征融合模块，开展了系统的实验研究，证实了所提方法在多模态图像分割任务中的优势，并通过消融实验验证了所提模块与整体网络架构的有效性。
崔恒飞	3	无	副教授	西北工业大学	西北工业大学	崔恒飞副教授是代表性论文 4 的主要思想提出者，在本项目中对发现点 3 做出了重要贡献。在代表性论文 4 中，提出了“检测一分割”的两阶段快速分割框架用于多模态心脏图像分割，设计了基于完整交并比的边界框损失与三维边界损失函数，主导开展了系统实验研究，并通过消融实验验证了所提损失函数和分割框架的有效性。相关实验结果充分证明了所提方法在多模态心脏图像分割中的优势。

潘永生	4	无	教授	西北工业大学	西北工业大学	<p>潘永生教授是代表性论文 1 的主要思想提出者，在本项目中对发现点 1 做出了重要贡献。在代表性论文 1 中，提出了利用不完整多模态神经影像进行脑部疾病诊断的空间约束表示框架，设计并主导了相关实验研究。研究表明，该方法能够在缺失模态下合成合理的神经影像，并在脑部疾病识别任务中取得了优于现有方法的效果，证明了所提框架的有效性与应用价值。</p>
胡诗帅	5	无	无	西北工业大学	西北工业大学	<p>胡诗帅是代表性论文 2 的主要思想提出者，在本项目中对发现点 1 做出了重要贡献。在代表性论文 2 中，提出了一种基于域自适应与内容自适应动态卷积的多源域泛化医学图像分割模型，设计并主导了相关实验研究。研究表明，该方法能够通过域编码建立源域与目标域之间的关系，并利用域自适应和内容自适应模块使模型动态适应目标域测试图像，在多个跨中心医学图像分割数据集上取得了优于现有多源域泛化方法的性能，验证了所提模型的有效性与创新性。</p>

廖泽慧	6	无	无	西北工业大学	西北工业大学	<p>廖泽慧是代表性论文 2 的主要思想提出者，在本项目中对发现点 1 做出了重要贡献。在代表性论文 2 中，提出了一种基于域自适应与内容自适应动态卷积的多源域泛化医学图像分割模型，设计并主导了相关实验研究。研究表明，该方法能够通过域编码建立源域与目标域之间的关系，并利用域自适应和内容自适应模块使模型动态适应目标域测试图像，在多个跨中心医学图像分割数据集上取得了优于现有多源域泛化方法的性能，验证了所提模型的有效性与创新性。</p>
-----	---	---	---	--------	--------	---

七、主要完成单位情况（不超过 3 个）

完成单位	排名	对本项目主要贡献（限 600 字）
西北工业大学	1	西北工业大学是本项目的主要完成单位，为项目组科研工作场地、科研人员配备等方面给予了大力的支持，确保了项目的顺利完成，其主要贡献如下： 1. 负责科研项目的管理和监督等工作；2. 提供人力、物力、财力等方面的支持；3. 对科研工作顺利开展提供协助。

八、完成人合作关系说明

作为项目第一完成人，本人是代表性论文 1-5 主要思想的提出者，对发现点 1-3 的模型与算法提出与实现做出了实质性贡献。具体包括：提出了利用不完整多模态神经影像进行脑部疾病诊断的空间约束表示框架；提出了结合域自适应与内容自适应的动态卷积方法以实现多源域泛化医学图像分割；提出了一种用于肺结节良恶性诊断的基于知识的协同深度学习模型；参与完成了基于“检测—分割”的两阶段快速分割框架在多模态心脏图像分割中的应用；构建了基于嵌入融合的孪生网络用于多模态图像分割。

本人和第二完成人陈耿教授合作完成了代表性论文 5，对发现点 3 做出了核心贡献。在代表性论文 5 中，提出并实现了一种基于嵌入融合的孪生网络用于多模态图像分割，设计了注意力感知的图像适配模块和嵌入特征融合模块，开展了系统的实验研究，证实了所提方法在多模态图像分割任务中的优势，并通过消融实验验证了所提模块与整体网络架构的有效性。

本人和第三完成人崔恒飞副教授合作完成了代表性论文 4，对发现点 3 做出了重要贡献。在代表性论文 4 中，提出了“检测—分割”的两阶段快速分割框架用于多模态心脏图像分割，设计了基于完整交并比的边界框损失与三维边界损失函数，主导开展了系统实验研究，并通过消融实验验证了所提损失函数和分割框架的有效性。相关实验结果充分证明了所提方法在多模态心脏图像分割中的优势。

本人和第四完成人潘永生教授合作完成了代表性论文 1，对发现点 1 做出了重要贡献。在代表性论文 1 中，提出了利用不完整多模态神经影像进行脑部疾病诊断的空间约束表示框架，设计并主导了相关实验研究。研究结果表明，该方法能够在缺失模态下合成合理的神经影像，并在脑部疾病识别任务中取得了优于现有方法的效果，证明了所提框架的有效性与应用价值。

本人和第五完成人胡诗帅、第六完成人廖泽慧合作完成了代表性论文 2，对发现点 1 做出了重要贡献。在代表性论文 2 中，提出了一种基于域自适应与内容自适应动态卷积的多源域泛化医学图像分割模型，设计并主导了相关实验研究。研究结果表明，该方法能够通过域编码建立源域与目标域之间的关系，并利用域自适应和内容自适应模块使模型动态适应目标域测试图像，在多个跨中心医学图像分割数据集上取得了优于现有多源域泛化方法的性能，验证了所提模型的有效性与创新性。