

项目情况简介（省自然科学奖）

1、项目名称

多模态光学分子断层成像理论与智能分析方法研究

2、主要完成人

贺小伟、郭红波、赵凤军、余景景、易黄建、何雪磊

3、提名单位

陕西省教育厅

4、提名意见

在恶性肿瘤诊疗中，早期检测与个性化治疗是提升患者生存率的关键，先进成像技术是重要支撑。传统成像技术虽助力临床诊疗，但在肿瘤早期微小病灶精准检测与定性定量分析上存在局限。多模态光学分子断层成像技术为解决此难题带来可能，但因复杂生物组织光传输、逆问题求解及多模数据智能化分析等挑战，制约临床应用准确性与稳定性，构建完整理论体系与智能化方法迫在眉睫。

在国家及地方多项基金支持下，该成果团队围绕光学分子断层成像技术深入研究，成功攻克复杂生物组织光传输模型、有限数据下光源重建、多模态成像智能分析等关键技术难题，为技术发展和应用奠定基础。

学术上，成果在多领域权威期刊发表多篇 SCI 检索论文，单篇引用率高，获国家发明专利授权，部分成果获领域高度认可，学术影响力显著。

应用方面，其成像方法已被推广至多种分子影像模态，获国内外同行关注及权威平台报道，且在医院与企业完成应用验证，实践效果良好，具备推广价值。

综上，该成果在相关领域突破显著，兼具学术价值、创新性与应用前景，对推动肿瘤诊疗技术发展意义重大。提名单位一致推荐其参与相关评选，助力技术推广以改善患者诊疗效果。

5、项目简介

肿瘤早期检测和个性化治疗是提高恶性肿瘤患者生存率的重要途径，传统的临床诊断中凭借 CT、MRI、PET 等成像技术、为检测微小病灶和疾病诊疗提供了有效的技术手段。除此之外，新兴的多模态分子影像技术利用特异性分子探针，在活体状态下为肿瘤早期检测提供了定性和定量分析的有效工具，已成为肿瘤早期检测和治疗研究热点。但目前多模态光学分子断层成像涉及复杂生物组织中的光传输问题、高度不适定逆问题的有效求解问题、以及多模数据的智能化量化分析等挑战性问题，使得其临床、预临床应用的准确性、稳定性和可靠性仍然面临着巨大的挑战。构建完整的多模态光学分子断层成像理论体系和智能化分析方法是其走向应用的必要条件。

6、客观评价

本成果在国家自然科学基金、陕西省自然基金、博士后基金等项目支持下，解决了复杂生物组织中的光传输模型、有限测量数据下的准确光源重建、多模态成像智能分析等关键技术难题。

本成果围绕光学分子断层成像技术及其应用研究，相关成果发表在

Multimedia Systems、International Journal of Approximate Reasoning、Computer methods and programs in biomedicine 等工程类期刊, Multimedia Systems、European Radiology 等医学应用类期刊单篇最高引用达 106 次(Google Scholar), 代表性 SCI 检索论文 5 篇; 专著 1 项。2020、2021 年发表在 Journal of biophotonics 的两篇论文入选封面论文。本项目提出的多种成像方法已经成功被该领域其他研究团队成功应用于 X 射线发光断层成像、荧光分子断层成像、契伦科夫荧光断层成像等不同的分子影像模态中。研究成果得到德国耶拿莱布尼兹光子技术研究所所长 Jürgen Popp, Opt Soc Am 主编 P. Scott Carney, IEEE、AIBME、SPIE Fellow 田捷, 谷歌健康团队工程师、柏林夏里特大学博士 Michelle Livne, 东北大学教授、东软数字医疗系统股份有限公司软件部部长康雁, 帝国理工学院 Aleksandra Wingert 教授, 阿姆斯特丹大学 QurAI 团队研究员 Nils Hampe 等国内外同行的广泛关注, 相关成果在 Medical Physics、OSA 等网站也进行了报道。经过长期的合作相关研究成果在西安交通大学第二附属医院(西北医院)、微智医疗器械有限公司得到了充分的应用验证。

7、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)	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
1	Segmentation of blood vessels using rule-based and machine-learning-based methods: a review	Multimedia Systems	Fengjun Zhao, Yanrong Chen, Yuqing Hou & Xiaowei He	2019 年 25 卷 109-118 页	2019	Xiao wei He	Fengjun Zhao	赵凤军、陈雁蓉、侯榆青、贺小伟	52	66	是

2	Three-way conflict analysis based on hesitant fuzzy information systems	International Journal of Approximate Reasoning	Huangjian Yi, Huimin Zhang, Xiaonan Li, Yanpo Yang	2021 年 139 卷 12-27 页	2021	Xiaonan Li	Huangjian Yi	易黄建, 张慧敏, 李小南, 杨彦坡	30	36	是
3	A deep learning model combining multimodal radiomics, clinical and imaging features for differentiating ocular adnexal lymphoma from idiopathic orbital inflammation	EUROPEAN RADIOLOGY	Xiaoyang Xie, Lijuan Yang, Xiaowei He, Yuging Hou, Fengjun Zhao, Dong Wang, Hui Zhang, Xuele He, Xin Cao, Huangjian Yi	2022 年 32 卷 10 期 6922-6932 页	2022	Lijuan Yang、Fengjun Zhao、Yuqing Hou	Xiaoyang Xie	谢小洋、杨丽娟、赵凤军、王东、张慧、何雪磊、曹欣、易黄建、贺小伟、侯榆青	24	26	是

4	Half Thresholding Pursuit Algorithm for Fluorescence Molecular Tomography	IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING	Xuele i He; Jingjing Yu; Xiaodong Wang; Huangjian Yi; Yanrong Chen; Xiaolei Song	2019 年 66 卷 5 期 1468-1476 页	2018	Xiao wei He	Xuele i He	何雪磊、余景景、王晓东、易黄建、陈雁蓉、宋小磊、贺小伟	11	12	是
5	Robust transformed l1 metric for fluorescence molecular tomography	Computer methods and programs in biomedicine	Yating Yuan, Huangjian Yi, Dizhen Kang, Jingjing Yu, Hongbo Guo, Xuele i He, Xiaowei He	2023 年 234 卷 107503 页	2023 年 06 月 01 日	Xiao wei He	Yating Yuan	袁娅婷、易黄建、康弟真、余景景、郭红波、何雪磊、贺小伟	9	4	是

6	从二维到三维—医学影像分析及器官三维重建	科学出版社	冯筠, 崔磊, 贺小伟, 孙霞, 康宝生等	2016 年 8 月	2016 年 8 月	/	冯筠	冯筠, 崔磊, 贺小伟, 孙霞, 康宝生等	/	/	是
---	----------------------	-------	-----------------------	------------	------------	---	----	-----------------------	---	---	---

8、主要完成人情况

排序	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	贺小伟	西北大学网络与数据中心主任	教授	西北大学	西北大学	(1) 指导完成基于血管规则和机器学习方法的血管分割综述(论文专著 1) (2) 参与完成基于多模态深度学习的眼眶淋巴瘤和特发炎症鉴别模型(论文专著 3) (3) 指导完成基于半阈值追踪法的荧光分子断层重建研究(论文专著 4) (4) 指导完成基于鲁棒 L1 转换的荧光分子断层重建方法研究(论文专著 5) (5) 参与完成专著《从二维到三维—医学影像分析及器官三维重建》(论文专著 6)
2	郭红波	无	副教授	西北大学	西北大学	(1) 指导完成基于鲁棒 L1 转换的荧光分子断层重建方法研究(论文专著 5)
3	赵凤军	无	副教授	西北大学	西北大学	(1) 参与完成基于血管规则和机器学习方法的血管分割综述(论文专著 1) (2) 指导完成基于多模态深度学习的眼眶淋巴瘤和特发炎症鉴别模型(论文专著 3)
4	余景景	无	教授	陕西师范大学	陕西师范大学	(1) 指导完成基于半阈值追踪法的荧光分子断层重建研究(论文专著 4) (2) 指导完成基于鲁棒 L1 转换的荧光分子断层重建方法研究(论文专著 5)
5	易黄建	无	讲师	西北大学	西北大学	(1) 提出基于由于模糊信息系统的三向冲突分析(论文专著 2) (2) 参与完成基于多模态深度学习的眼眶淋巴瘤和

						特发炎症鉴别模型(论文专著 3) (3)参与完成基于半阈值追踪法的荧光分子断层重建研究(论文专著 4) (4)参与完成基于鲁棒 L1 转换的荧光分子断层重建方法研究(论文专著 5)
5	何雪磊	无	讲师	西北大学	西北大学	(1)参与完成基于多模态深度学习的眼眶淋巴瘤和特发炎症鉴别模型(论文专著 3) (2)设计一种基于半阈值追踪法的荧光分子断层重建方法(论文专著 4) (3)参与完成基于鲁棒 L1 转换的荧光分子断层重建方法研究(论文专著 5)

9、主要完成单位情况

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	西北大学	代表论文专著 1, 3, 4, 5, 6 的主要完成单位, 获得成果相关 2 项国家自然科学基金支持。是多模态光学分子断层成像逆向求解算法设计、光传输模型构建、由于模糊系统冲突分析以及多模数据的智能化量化分析等关键技术的主要完成单位，引导实践发展及最终的应用。
2	陕西师范大学	代表论文专著 4, 5 的主要参与单位, 获得相关成果 1 项国家自然科学基金支持，是光学断层扫描稀疏图算法设计，光传输理论模型构建等关键技术的主要完成单位。

10、完成人合作关系说明

项目完成人贺小伟、郭红波、何雪磊、易黄建、赵凤军均为西北大学信息科学与技术学院西安市影像组学与智能感知重点实验室成员，已进行了长期合作；项目完成人余景景为陕西师范大学物理学院教授，长期从事光学分子影像研究，自 2010 年起与贺小伟教授进行长期合作。

第一完成人贺小伟与余景景、郭红波、何雪磊、易黄建在 IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Computer methods and programs in biomedicine 合作发表相关论文。第一完成人贺小伟与赵凤军、何雪磊在 Multimedia Systems、European Radiology 期刊发表相关论文。