

公示内容

项目名称：全流程全系统医学影像人工智能应用平台关键技术研发及临床转化

主要完成单位（含排序）：南京大学医学院附属鼓楼医院；中日友好医院；东南大学；南京大学；上海联影智能科技有限公司；上海联影医疗科技股份有限公司、杭州深睿博联科技有限公司

主要完成人（含排序）：张冰；马国林；张鑫；李铁香；陆加明；李武军；高耀宗；石峰；陈夫涛

项目简介（须与《申报推荐书》“项目简介”一致）：

医学影像人工智能是临床诊疗数智化转型的核心，但在实际应用中普遍面临以下瓶颈：1）底层算法缺乏深层数学理论支撑，难以解析病灶高维异质性，导致预测高阶临床信息稳健性差；2）影像 AI 长期停留在“单病种、单任务、单环节”的碎片化应用层面，缺乏贯穿“采集-质控-诊断”的全流程支撑能力；3）优质 AI 资源配置失衡，基层缺乏数智化工具与平台，区域诊疗难以同质化。

针对上述问题，本项目在国家基金委、发改委及工信部等支持下，围绕 AI 算法突破、全流程硬件控制及区域协同平台开展持续攻关。项目发表研究论文百余篇，牵头制定团体标准 1 项，获授权专利 10 余项，取得了显著的社会与经济效益。具体成果如下：

一、基于 OMT+APC 数学模型创新影像人工智能核心算法，并开展全系统多病种大规模应用。

团队创新提出基于最优传输理论 (OMT) 与张量奇异值分解 (Tensor SVD) 的深度学习模型，率先实现脑胶质瘤病灶超精细分割及遗传标记物的无创预测。经 3565 例多中心数据验证，病灶分割准确度达 88.0%，肿瘤恶性程度、关键基因突变及染色体缺失预测准确率分别为 85.5%、91.7% 和 80.9% ((PNAS 2025, 发明专利: CN112991355A; CN114219775A))。为解除算法对特定疾病的依赖，团队构建了基于对抗协同训练的半监督多任务框架，赋予模型跨器官普适性 (发明专利 CN110097131A)。该通用架构已成功拓展至全身多系统：呼吸系统肺部感染分类准确率达 86.4% (Ann Palliat Med. 2021; Chinese Journal of Academic Radiology 2024)；心血管系统冠脉钙化风险分层加权 Kappa 值达 0.94 (Radiology 2022)；泌尿系统靶区空间重叠准确率达 90% (Med Image Anal 2021; IEEE Trans Med Imaging 2021)。

二、首次提出影像 AI 全流程创新应用的理念，并在诊断前、诊断中、诊断后流程中应用转化。

团队将人工智能深度嵌入影像采集、质量控制及辅助诊断的全流程环节。在诊断前阶段，联合联影智能医疗公司研发具备硬件感知能力的智能 CT 系统，实现全自动定位扫描，误差仅 2.23 ± 0.10 像素，成功率 100% (EBioMedicine 2020,

发明专利 CN113706548A;CN110310257A;CN114724016A, 实用新型专利 CN201922438657)。该系统在疫情期间服务千万人次,通过无接触操作有效降低感染风险并减少辐射剂量,显著提高了重大公共事件应急能力。在诊断中阶段,联合推想医疗公司开发自动阅片质控系统,并建立 DR 质控模块,实现 80%的异物识别准确率,已在全国 400 余家医院日均辅助检查 6.1 万例。在诊断后阶段,研发智能排版系统(IILS),将操作点击量由 14.45 ± 0.38 次骤减至 2 次,耗时缩短 58.9%,关键病灶遗漏率由 46.8%降至 0%(EBioMedicine 2019)。此外,团队率先系统阐述了 AI 赋能影像科全流程管理的创新路径(《中华放射学杂志》2023),并牵头发布《医学影像科服务流程管理规范》团体标准,实现了从学术研究向行业标准的有效转化。

三、构建数智化协同平台赋能基层医学影像高质量发展

项目首创“鼓楼云”影像数智协同云平台,在云端集中部署了 50 余种全流程全系统影像 AI 应用,彻底打破了物理地域壁垒。依托该平台,由鼓楼医院牵头的面向基层远程影像会诊服务累计超过 4 万余例,让基层群众在家门口就能享受到与三甲医院同质化的影像诊断服务;成立专科联盟,吸纳 120 余家成员单位,覆盖全国 27 个省、自治区及直辖市,构建了包含 1077 例教学病例、455 个精品课件及 446 个高清回放视频的线上教学矩阵,每日吸引超 1 万人次专业人员

在线学习。通过该平台的持续深度运营，项目精准帮扶了 11 家社区卫生服务中心，圆满完成 104 例复杂疑难病例的远程会诊。这一系列举措成功破解了基层就医难、人才断层等难题，为构建智慧化、均质化的区域医学影像协同网络提供了极具推广价值的示范范式。

代表性论文（专著）列表：（至少包含论文名称、刊名、年卷页码和作者）

1. 朱正阳，王瀚，李铁香，黄聪明，杨惠泉，陶震楠，谭忠恒，周佳南，陈思璇，叶梅萍，张志强，李凤，刘东明，王茂雪，陆加明，张雯，李欣，陈钱，蒋卓儒，陈夫涛，张鑫，林文伟，丘成桐，张冰.OMT and tensor SVD-based deep learning model for segmentation and predicting genetic markers of glioma: A multicenter study. Proc Natl Acad Sci U S A. 2025 Jul 15;122(28):e2500004122
2. Wang Y, Yan F, Lu X, Zheng G, Zhang X, Wang C, Zhou K, Zhang Y, Li H, Zhao Q, Zhu H, Chen F, Gao C, Qing Z, Ye J, Li A, Xin X, Li D, Wang H, Yu H, Cao L, Zhao C, Deng R, Tan L, Chen Y, Yuan L, Zhou Z, Yang W, Shao M, Dou X, Zhou N, Zhou F, Zhu Y, Lu G, Zhang B. IILS: Intelligent imaging layout system for automatic imaging report standardization and intra-interdisciplinary clinical workflow optimization. EBioMedicine. 2019 Jun;44:162-181

3. Wang Y, Lu X, Zhang Y, Zhang X, Wang K, Liu J, Li X, Hu R, Meng X, Dou S, Hao H, Zhao X, Hu W, Li C, Gao Y, Wang Z, Lu G, Yan F, Zhang B. Precise pulmonary scanning and reducing medical radiation exposure by developing a clinically applicable intelligent CT system: Toward improving patient care. *EBioMedicine*. 2020 Apr;54:102724
4. 牡丹, 白军杰, 陈文萍, 余鸿鸣, 梁静, 尹克杰, 李辉, 青钊, 何克磊, 杨皓宇, 张今尧, 尹游兵, Hunter W McLellan, U Joseph Schoepf, 张冰. Calcium Scoring at Coronary CT Angiography Using Deep Learning. *Radiology*. 2022 Feb;302(2):309-316
5. Zhou J, Duan S, Zhu Z, Wang H, Tian C, Yang H, Chen S, Ye M, Zhang X, Zhang B. Identification of intrinsic imaging subtypes using clustering analysis based on dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging radiomics features for gliomas: preliminary associations with gene expression profiles. *Quant Imaging Med Surg*. 2025 May 1;15(5):4734-4747
6. Wang M, Luo S, Xiao C, Qi W, Chen X, Xu L, Yang M, Liu Y, Liang Z, Xiang C, Peng C, Li F, Zhang X, Mu D, Chen J, Chen J, Zhang L, Zheng J, Lu G, Zhang B. Deep learning for the detection of moyamoya angiopathy using T2-weighted

images: a multicenter study. Quant Imaging Med Surg. 2025 Feb 1;15(2):1346-1357

7. Zhu, Z., Xue, X., Tang, T., Luo, C., Li, Y., Chen, J., Xu, B., Lin, Z., Zhang, X., Wang, Z., Chen, J., Lu, J., Zhang, W., Li, X., Chen, Q., Jiang, Z., Wang, J., Hu, Q., Haller, S., Li, M., ... Zhang, B. (2025). Improving Image Quality and Decreasing SAR With High Dielectric Constant Pads in 3 T Fetal MRI. Journal of magnetic resonance imaging : JMRI, 61(6), 2505–2515.
8. 张鑫,陈夫涛,陆加明,等.人工智能在医学影像科全流程管理应用场景中的研究进展 [J]. 中华放射学杂志,2023,57(10):1042-1046.
9. 金嘉轩,青钊,张鑫,等.机器学习在脑肿瘤 MRI 中的发展及应用[J].中华放射学杂志,2021,55(1):78-81.

主要知识产权证明目录:

1. 发明专利 静息态功能脑网络的图像处理方法及装置 中国 ZL 2023 1 0919584.1 2023-10-13 第 6396336 号 中日友好医院(中日友好临床医学研究所) 马国林、刘冰、杨晁偲、吕宽、胡翩翩、韩小伟、张冰 已授权
2. 发明专利 医学图像处理方法、装置、计算机设备和存储介质 中国 ZL 2019 1 0471556.1 2022-03-01 第

4962881 号 上海联影智能科技股份有限公司 辛阳、石峰 已授

3. 发明专利 图像分类方法、计算机设备和存储介质 中国 ZL 2019 1 1068736.1 2023-10-31 第 6451079 号 上海联影智能科技股份有限公司 邢潇丹、石峰 已授权
4. 发明专利 一种基于对抗协同训练的半监督医疗图像分割方法 中国 CN 110097131 B 2023-04-28 第 5922031 号 南京大学 李武军、房康、陈龙意、周嵩 已授权
5. 发明专利 一种基于上下文信息融合的三维医疗图像分割方法 中国 ZL 2022 1 0501553.X 2025-05-27 第 7960085 号 南京大学 李武军、许丽军 已授权
6. 发明专利 一种基于扰动协同训练的半监督医学图像分割方法 中国 ZL 2023 1 0333322.7 2023-03-31 第 8275986 号 南京大学 李武军、何峰彬 已授权
7. 发明专利 图像分割处理方法、装置、计算机设备和存储介质 中国 CN 110569083 B 2022-11-25 第 5609014 号 上海联影智能医疗科技有限公司 杨燕平、高耀宗、詹翊强 已授权
8. 标准规范 《医学影像科服务流程管理规范》 中国 T/CSBME089-2025 2025-06-30 中国生物医学工程学会 南京鼓楼医院、中日友好医院、厦门大学附属第一医院、南京明基医院、东南大学附属中大医院、东部战区总医

院、南京市第一医院、镇江市第一人民医院、安徽医科大学第一附属医院、江苏省医疗器械检验所 张冰、胡晴、张鑫、窦鑫、马国林、汪建华、王茂雪、季长风、李澄、居胜红、张龙江、殷信道、卢铃铨、周丹、单秀红、李小虎、缪佳、王玉丽、刘海燕 已公布

9. 发明专利 基于能量最小化准则的椭球参数化算法及应用 丘成桐，李铁香，王瀚，谭忠恒 南京应用数学中心 已授权
10. 外观设计 用于显示屏幕面板的教学管理系统图形用户界面 辛小燕、张冰、张鑫、李丹燕、周飞、张艳秋 2023 南京鼓楼医院
11. 实用新型 一种自助式 CT 检测系统 汪洋、张冰、张鑫、言芳荣、陆晓凡 2020 南京鼓楼医院
12. 颅内出血 CT 影像辅助分诊软件，2022 年，三类国械注准 20223210309
13. 肺结节 CT 影像辅助检测软件，2021 年，AI 三类医疗器械

推广应用情况：

本项目围绕医学影像 AI 核心算法、全流程智能化应用和区域协同服务三大方向实现了系统性推广应用：在临床诊疗层面，相关算法已从脑胶质瘤精细分割和分子标志物预测拓

展至肺部感染、冠脉钙化、泌尿系统肿瘤等多系统多病种场景，支撑病灶精准识别、疾病分级、风险评估和疗效随访等高阶临床应用；在影像业务流程层面，研发的智能 CT 系统、图像与报告质控系统、智能影像排版系统等已嵌入诊断前采集、诊断中质控和诊断后展示环节，其中智能 CT 系统在疫情期间累计服务患者千万人次，质控与辅助诊断系统已在全国 400 余家医院部署，每日完成约 6.1 万例胸部 CT 肺结节辅助检查，显著提升了检查规范性、诊断效率和医疗安全性；在区域推广方面，项目依托“鼓楼云”影像数智协同云平台，云端部署 50 余种全流程、全系统影像 AI 应用，覆盖全国 27 个省、自治区及直辖市，吸纳 120 余家联盟单位，累计完成基层远程影像会诊 4 万余例，并通过 1077 例教学病例、455 个精品课件、446 个高清回放视频等线上教学资源实现每日超 1 万人次专业人员学习培训，精准帮扶 11 家社区卫生服务中心，完成 104 例复杂疑难病例远程会诊。