

同行专家业内评价意见书编号: 20250854367

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）
同行专家业内评价意见书

姓名: 王昱桢

学号: 22260307

申报工程师职称专业类别（领域）: 电子信息

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年03月13日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

围绕磁共振图像的深度学习重建工作，我在研究生学习和实践期间着重学习磁共振成像、优化方法和深度学习三方面的基础理论知识和专业技术。（1）首先，我学习《磁共振原理》课程与教材掌握了包括核磁共振现象、空间编码梯度磁场、磁共振傅里叶成像理论在内的磁共振成像基本原理。（2）随后，我通过《优化算法》课程学习了包括共轭梯度下降、阶段梯度下降、交替方向乘子法在内的凸优化理论，并掌握了将其应用于磁共振并行成像重建、压缩感知重建任务的方法。（3）最后，我借助线上平台与教材自学了卷积神经网络、基于模型展开网络等深度学习网络设计理论，使用TensorFlow及Pytorch框架实际搭建了多类磁共振图像重建网络，并成功在Linux分布计算平台进行了神经网络的训练和测试。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

宁波鑫高益公司是一家在永磁和超导型磁共振的设计和制造方面具有坚实的技术储备基础的医学仪器制造公司，此次工程实践通过联系鑫高益公司的朱剑锋导师，获得了以软件开发工程师职位研发磁共振图像重建算法的机会。该项目的主要目的是开发一种深度学习的化学交换饱和转移（CEST）图像重建方法，为了推进这一项目，我经历了初期文献调研与可行性分析、采集数据并研发大规模仿真数据集、研发深度学习重建模型并测试性能三个环节。

（1）我通过谷歌学术以及专利网站检索相关领域的现有技术，确定了使用仿真方法生成训练数据，并开发基于模型展开网络的技术路线。（2）针对缺失真实数据集的情况，我基于开源的其它数据集合成了所需的CEST图像数据以支撑网络训练。（3）作为项目核心，我开发了一种基于优化模型展开的磁共振图像重建网络，并招募志愿者对其可行性与有效性（包括回顾性和前瞻性的实验）进行了验证。在实践过程中，我不仅完成了两大核心技术的攻关和研发，还借助项目进展汇报与请教导师的机会，提升了我的工程进度管理和与人沟通的能力。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

（1）项目背景介绍

实践项目围绕化学交换饱和转移（CEST）磁共振成像技术展开，CEST成像需在多个化学位移频率点重复饱和和采集，导致单次检查耗时长达数十分钟，严重限制了其在动态监测和高分辨率场景中的应用。针对这一现状，我规划了“通过深度学习方法重建欠采样加速CEST图像”的总体方案，并综合运用医学影像处理、数值仿真和深度学习技术，提出了“基于开源数据的CEST数据集构建”与“基于ADMM模型展开网络设计”两项创新性解决方案，有效缩短了成像时间并提升了重建质量。相关的核心技术已经申请一项国家发明专利，目前进入实质审查阶段（基于模型展开的深度学习磁共振 CEST 图像重建方法及设备 CN118298054A）。由我设计构建的CEST图像深度学习网络训练与重建流程也已经在志愿者数据中得到了验证，初步实现了稳定、高质量的快速CEST图像采集目标。本文档将详细介绍项目中解决工程问题的技术与测试结果。

（2）核心技术一：基于开源数据的CEST图像仿真方法

面对真实采集CEST数据稀缺导致深度学习模型训练困难的现状，我主导开发了BraTS-CEST图像仿真系统。该系统通过整合BraTS脑肿瘤数据集、fastMRI多通道K空间数据和ImageNet自然图像纹理库，构建了高度拟真的CEST仿真数据生成流水线。具体实施过程中，我攻克了

三个关键技术难点：（1）首先，针对原始BraTS数据集缺失头骨与皮肤结构的问题，我设计了基于形态学运算的解剖结构补全算法。通过角点检测和自适应膨胀操作生成组织轮廓掩膜，结合ImageNet纹理库的灰度特征映射，成功重建了包含完整脑实质、颅骨及皮肤层的三维解剖模型。（2）其次，为解决传统仿真方法忽略弛豫时间影响的问题，我建立了六类组织特异性B-M数值模型库。通过解析T1/T2加权图像信号强度与弛豫时间的指数关系，实现了基于组织类型和弛豫参数的Z谱动态匹配机制。（3）最后，为确保仿真数据与真实采集的电磁特性一致，我引入fastMRI数据集的相位信息与线圈灵敏度分布，构建了符合傅里叶变换关系的复数域磁共振信号模型。

在项目验收的测试中，该仿真系统生成了较大规模的BraTS-CEST数据集（含7800例样本），经主成分分析验证，其合成数据在高维特征空间中的分布与真实CEST数据的测地距离较先前领域内先进方法（fastMRI-CEST）缩短了40%以上，具有更小的系统性分布偏差。在应用测试中，使用该数据集训练的深度学习模型在真实四倍加速数据上的重建误差（nRMSE）较基线方法降低了30%，显著地提升了模型泛化能力。

（3）核心技术二：ADMM模型展开网络设计

为实现高信噪比和稳定性的欠采样CEST重建，我创新性地交替方向乘子法（ADMM）与深度学习相结合，设计了MoDL-ADMM模型展开网络。该网络将传统优化迭代过程转化为可学习的神经网络模块，在保持数学可解释性的同时增强了特征提取能力。网络架构设计上，我构建了“降噪+稀疏”双正则优化模型，通过ADMM算法将原始问题分解为数据保真、隐变量更新和拉格朗日乘子调整三个子问题。其中，数据保真模块采用多通道灵敏度编码实现K空间一致性约束，降噪模块引入通道自注意力机制增强感知野扩张速度与组织边界识别能力，稀疏变换层则采用可学习离散余弦变换函数提升特征稀疏性。

项目通过志愿者数据验证网络的性能，结果表明MoDL-ADMM网络在六倍加速重建任务中取得了0.9以上的SSIM值和6%以下的nRMSE，较传统压缩感知方法提升约60%，亦优于此前领域内先进的其它展开网络重建方法。前瞻性实验数据显示，该技术将单层CEST成像时间从21.5分钟缩短至5.8分钟，有效地提升了高分辨率CEST成像的临床应用价值。

（4）项目成果总结

通过本项目实践，我深刻体会到复杂工程问题的解决需要多学科知识的深度融合。从数值仿真中的Bloch方程求解到深度学习中的流形分析，从图像处理中的形态学运算到优化理论中的ADMM算法，每个技术环节都需精准把握理论本质并创造性地进行工程化转化。目前所实现的预研产品仍存在部分不足之处，未来我将继续深化CEST快速成像技术研究，改进仿真数据流程细节、提升网络重建图像的效率，进一步推动所研发框架的产品化和临床推广应用。

(二) 取得的业绩(代表作)【限填3项, 须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实, 并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申请时间等	刊物名称/ 专利授权或申请号等	本人 排名/ 总人数	备注
基于模型展开的深度学习磁共振CEST图像重建方法及设备	发明专利申请	2024年04月10日	申请号: 202410428844X	2/3	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 88 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 85 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！	
申报人签名： 王昱松	

22260307

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： ☒ 优秀 ☐ 良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：  年 月 日
申报材料 审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： ☐ 通过 ☐ 不通过（具体原因： 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日

浙 江 大 学 研 究 生 院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260307		姓名：王昱桢		性别：男		学院：工程师学院		专业：电子信息				学制：2.5年			
毕业时最低应获：24.0学分				已获得：28.0学分				入学年月：2022-09				毕业年月：			
学位证书号：						毕业证书号：						授予学位：			
学习时间		课程名称		备注	学分	成绩	课程性质	学习时间		课程名称		备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期		现代信号处理技术与应用			1.0	94	专业学位课	2022-2023学年春季学期		磁共振图像重建原理及算法			2.0	93	专业选修课
2022-2023学年秋季学期		工程技术创新前沿			1.5	86	专业学位课	2022-2023学年春季学期		智能医疗技术应用案例分析			1.0	93	专业学位课
2022-2023学年冬季学期		新时代中国特色社会主义思想理论与实践			2.0	93	公共学位课	2022-2023学年春夏学期		工程伦理			2.0	93	公共学位课
2022-2023学年冬季学期		生物医学工程方法学			1.0	91	专业学位课	2022-2023学年夏季学期		研究生英语基础技能			1.0	免修	公共学位课
2022-2023学年冬季学期		生理系统仿真与建模			2.0	86	专业选修课	2022-2023学年夏季学期		自然辩证法概论			1.0	75	公共学位课
2022-2023学年冬季学期		产业技术发展前沿			1.5	86	专业学位课	2022-2023学年春夏学期		优化算法			3.0	95	专业选修课
2022-2023学年秋冬学期		研究生论文写作指导			1.0	83	专业学位课	2022-2023学年夏季学期		研究生英语			2.0	免修	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期		高阶工程认知实践			3.0	89	专业学位课			硕士生读书报告			2.0	通过	
2022-2023学年冬季学期		智能化仪器软硬件系统设计与应用			1.0	83	专业学位课								

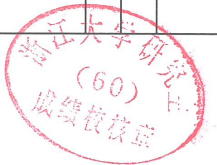
说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：

成绩校核人：张梦依

打印日期：2025-03-20





(21) 申请号 202410428844.X

(22) 申请日 2024.04.10

(71) 申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 张祎 王昱棧 徐健平

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200

专利代理师 傅朝栋 张法高

(51) Int. Cl.

G06T 11/00 (2006.01)

G06N 3/04 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

权利要求书3页 说明书15页 附图4页

(54) 发明名称

基于模型展开的深度学习磁共振CEST图像重建方法及设备

(57) 摘要

本发明公开了一种基于模型展开的深度学习磁共振CEST图像重建方法及设备。该方法包括：获取待成像对象的磁共振CEST降采样k空间数据；获取经训练的深度神经网络，该网络由若干迭代模块组成；利用神经网络进行CEST源图像的重建。本方法使用了基于模型展开的深度学习网络，通过在传统重建方法中引入了神经网络先验的方式，取得了传统方法的可解释性和深度学习方法的灵活性之间的平衡。本方法可以在保证图像质量的前提下，提高CEST成像速度。此外，本发明还提出了一种高拟真度CEST图像数据仿真方法，降低了前述深度学习网络训练环节对大量真实采集CEST数据的依赖程度。

