

项目编号 (必填) : X20_240759_



安徽大学

大学生创新创业训练计划项目 中期检查报告

院 系: 人工智能学院

项目名称: 基于学习的脑 PET 图像重建方法及可解释性研究

项目类型: 创新训练项目

负 责 人: 杨跃浙

指导教师: 董兴波 金哲

安徽大学教务处

二〇二四年 五月二十五日

填 表 预 知

- 一、《安徽大学大学生创新创业训练计划项目中期检查报告》
须按顺序逐项填写，内容须实事求是，表达明确、严谨，空缺项填
“无”。
- 二、项目负责人填写完本表后，及时上传电子档至实践系统，
由项目指导教师和所在学院在线审核。
- 三、本报告将作为项目结项评审的参考材料之一，请认真填写。

项目名称		基于学习的脑 PET 图像重建方法及可解释性研究			
项目起止时间		24 年 01 月 至 25 年 02 月			
负责人	姓 名	学号	所在院系年级专业	手机	E-mail
	杨跃浙	WA221401 4	22 级 人工智能学院 人工智能	13345959676	wa2214014@stu.ahu.edu.cn
项目组成员	魏冉	R32114080	21 级 纽约石溪学院 数字媒体技术	13137033697	2212056512@qq.com
	陈诺	R32114044	21 级 纽约石溪学院 数字媒体技术	19956628218	r32114044@stu.ahu.edu.cn
	冯瑞晞	R32114009	21 级 纽约石溪学院 数字媒体技术	13584811499	r32114009@stu.ahu.edu.cn
	朱凯文	R32114012	21 级 纽约石溪学院 数字媒体技术	13735854791	r32114012@stu.ahu.edu.cn
指导教师	姓 名	董兴波		职务/职称	讲师
	所在单位	人工智能学院			
	手 机	15527456680		E-mail	xingbo.dong@ahu.edu.cn
	姓 名	金哲		职务/职称	教授
	所在单位	人工智能学院			
	手 机	13215655737		E-mail	jinzhe@ahu.edu.cn
项目经费	资助经费 1000 元；实际使用 2781.5 元；已报销 0 元。				

一、项目当前进展情况

1. 项目介绍：

基于学习的脑 PET 图像重建方法及可解释性研究是一项旨在提升 PET 成像质量的创新研究项目，该项目由安徽大学人工智能学院主导，项目组成员来自人工智能学院和纽约石溪学院。该项目不仅针对传统 PET 成像技术的局限性进行改进，还引入了先进的深度学习技术，以便增强图像重建的质量和可解释性。

同时，该项目不仅限于 PET 成像，而已经扩展到所有医学成像技术，包括 CT、超声、MRI、PET 和皮肤镜等。通过整合深度学习与传统成像技术，本项目促使深度学习在医学图像重建、分类、分割、生成及配准等多个方面的应用，进而促进精确诊断和治疗，提高医疗成像技术的应用效果，进一步为医疗健康领域带来革命性变革。

2. 项目成果：

1) 受深度学习的神经辐射场 (Neural Radiance Fields, NeRF) 技术的影响，我们开发了适应 PET 图像特点的基于先验图像的 PET 图像重建方法及 PET 图像 3D 感知方法。该方法不仅能够通过稀疏数据生成高质量的 PET 图像，还可以高效地获得 PET 3D 感知，为精准医疗提供重要的辅助诊断功能。

并将该技术申请发明专利“基于先验图像的 PET 图像重建方法及 PET 图像 3D 感知方法”保护。



国家知识产权局

230001

安徽省合肥市蜀山区潜山路 320 号新华金融广场 A 框 1511 合肥市
泽信专利代理事务所(普通合伙)
潘飞(18756966961 (13739282605))

发文日：

2024 年 04 月 12 日



申请号：202410439671.1

发文序号：2024041201281200

专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 43 条、第 44 条的规定，申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下：

申请号：2024104396711

申请日：2024 年 04 月 12 日

申请人：安徽大学

发明人：董兴波,杨跃浙,吕兴国,王立稳,张慧,陈永麟,章戴磊,金哲

发明创造名称：基于先验图像的 PET 图像重建方法及 PET 图像 3D 感知方法

经核实，国家知识产权局确认收到文件如下：

权利要求书 1 份 5 页,权利要求项数：10 项

说明书 1 份 17 页

说明书附图 1 份 9 页

说明书摘要 1 份 1 页

专利代理委托书 1 份 2 页

发明专利请求书 1 份 5 页

实质审查请求书 文件份数：1 份

申请方案卷号：20241127CN

提示：

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后，认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时，可以向国家知识产权局请求更正。

2. 申请人收到专利申请受理通知书之后，再向国家知识产权局办理各种手续时，均应当准确、清晰地写明申请号。



审查员：自动受理

联系电话：010-62356655

审查部门：初审及流程管理部

专利审查业务章

200101
2023.03

纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请，应当通过专利业务办理系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的
文件视为未提交。

说明书摘要

本发明属于 PET 成像领域，具体涉及一种基于先验图像的 PET 图像重建方法及 PET 图像 3D 感知方法。该方案将深度学习算法与既有的 PET 图像重建算法相结合，并将用户之前 PET 检查得到 PET 图像作为先验信息嵌入到神经网络中。最后，在受试者每次检查时，同时采用神经网络和 PET 图像重建算法根据传感器数据生成融合后的重建结果。本发明的 3D 感知方案利用 NeRF 中的点云采样技术获得 PET 图像对应的点云数据；然后通过自定义的编码方式将五维的点云数据转换为 2 维的新数据；最后训练生成对抗网络实现图像重建，进而利用生成的图像进行体积渲染得到 3D 感知。本发明可以解决现有 PET 成像的质量过度依赖探测器几何排列以及检测过程的数据规模的问题，并支持减少扫描时间和剂量。

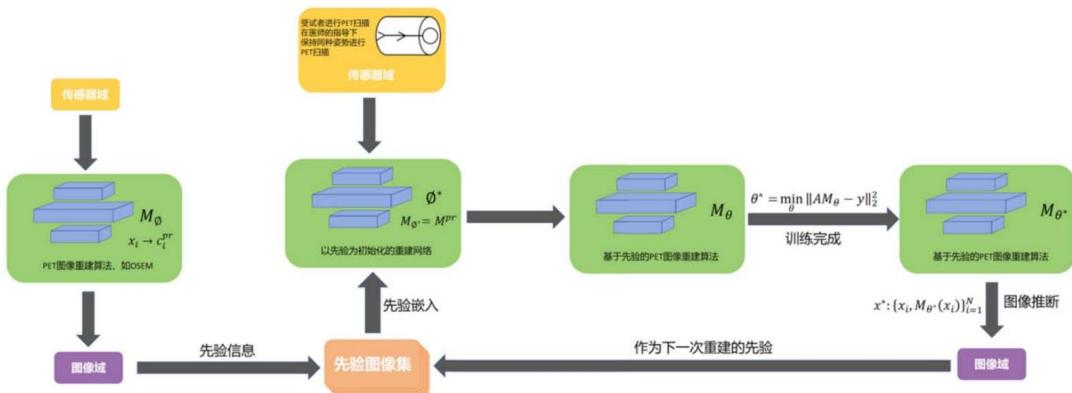
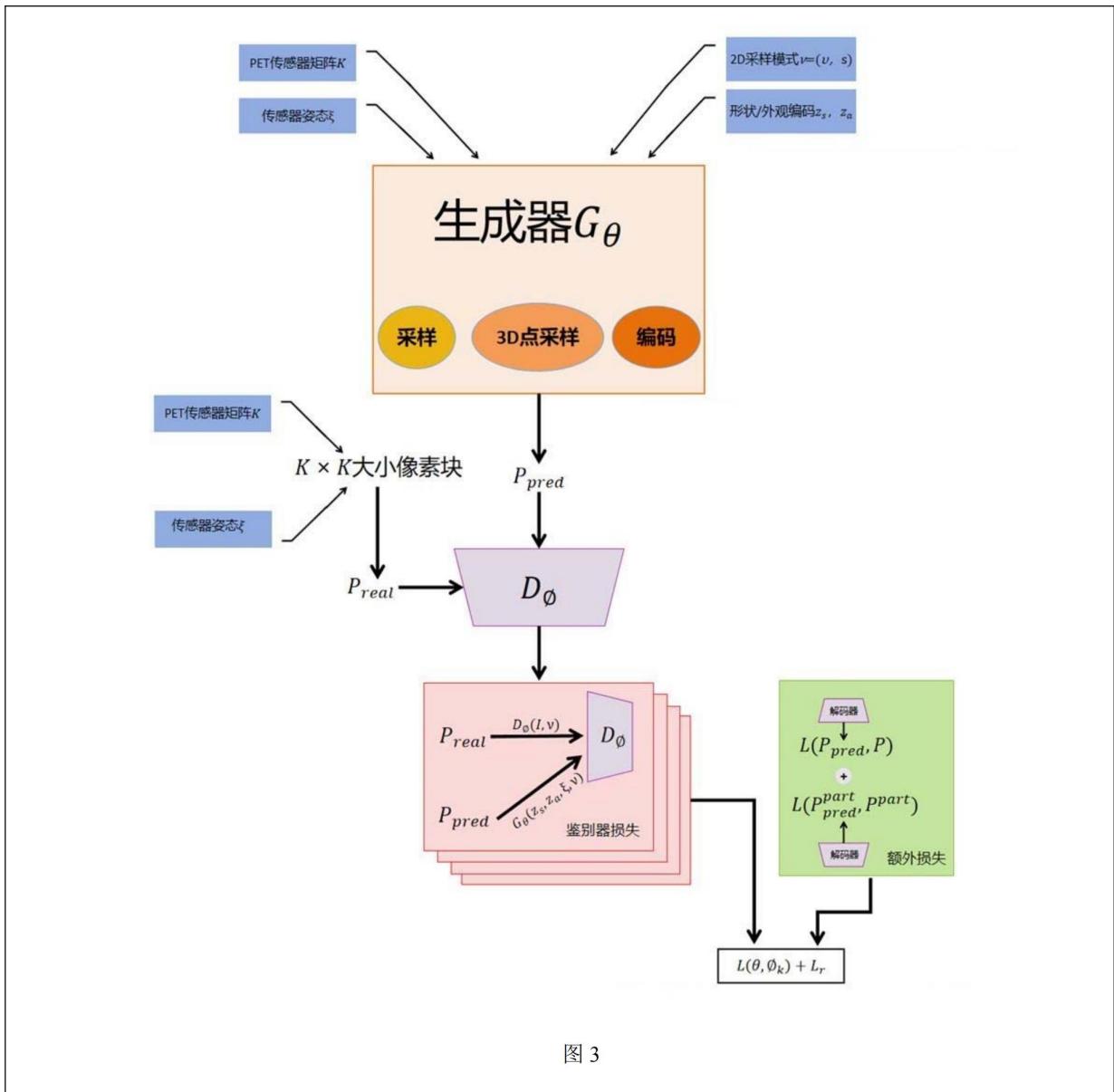
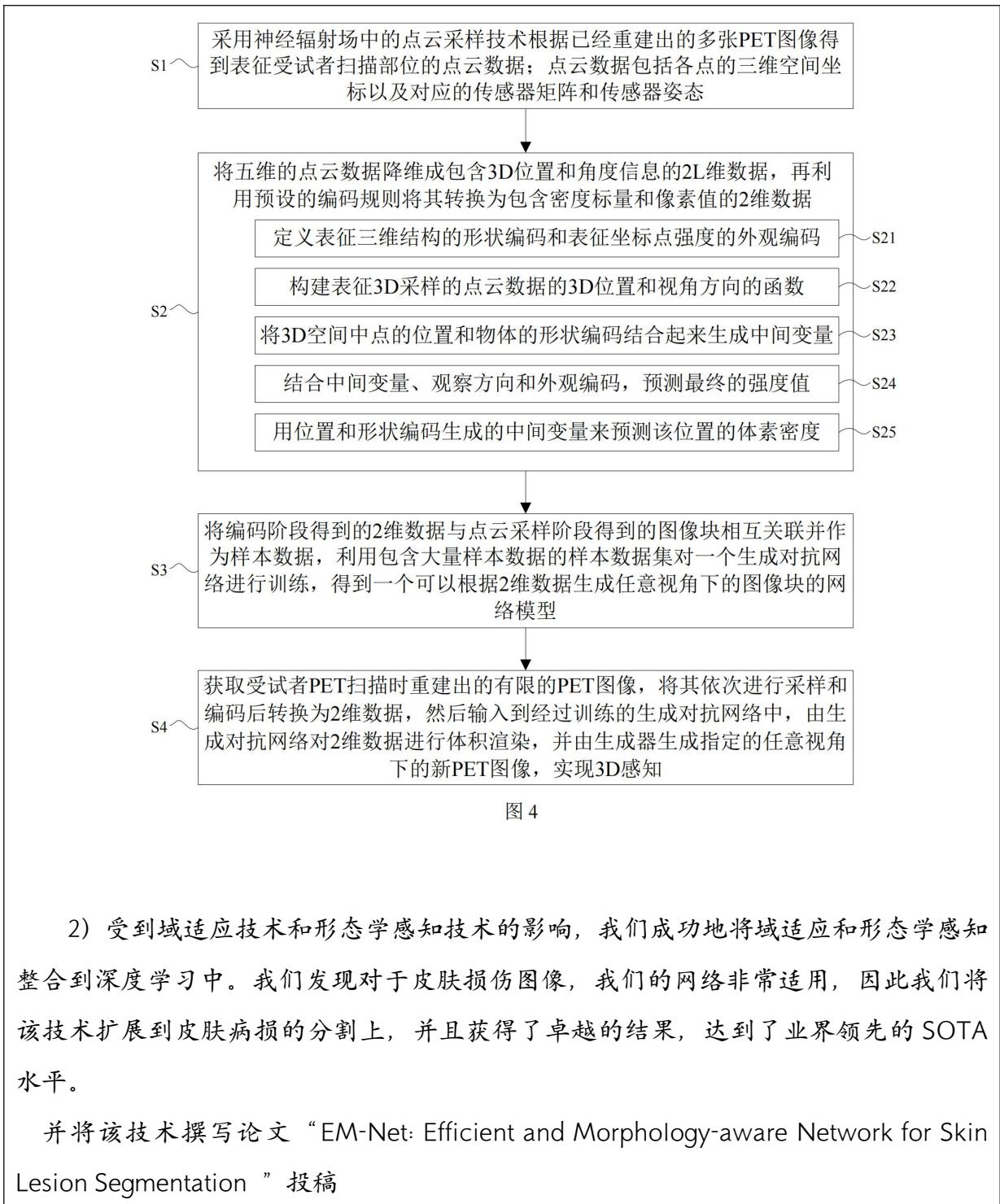


图 2





The screenshot shows the IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems Author Portal. At the top, there are logos for IEEE and the IEEE Computational Intelligence Society, followed by the journal title. Below the header, there are navigation links: Home, Author (selected), and Review. The main content area is titled "Submitted Manuscripts". A message to authors states: "ATTENTION AUTHORS! This site is no longer used for new submissions, please visit the [IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems Author Portal](#) to submit your manuscript." On the left, a sidebar titled "Author Dashboard" lists "1 Submitted Manuscripts", "Legacy Instructions", and "5 Most Recent E-mails". The main table displays one manuscript entry:

STATUS	ID	TITLE	CREATED	SUBMITTED
Contact Journal EIC: Not Assigned ADM: Liu, Haiwei	TNNLS-2024-P-33910 (REX-PROD-2-402BFF95-E77F-48F5-B2F1-16C060383747-22441B84-C56D-439F-886B-74D3F7B00D32-01163)	EM-Net: Efficient and Morphology-aware Network for Skin Lesion Segmentation View Submission	23-May-2024	23-May-2024
Under Review				



Submission Overview

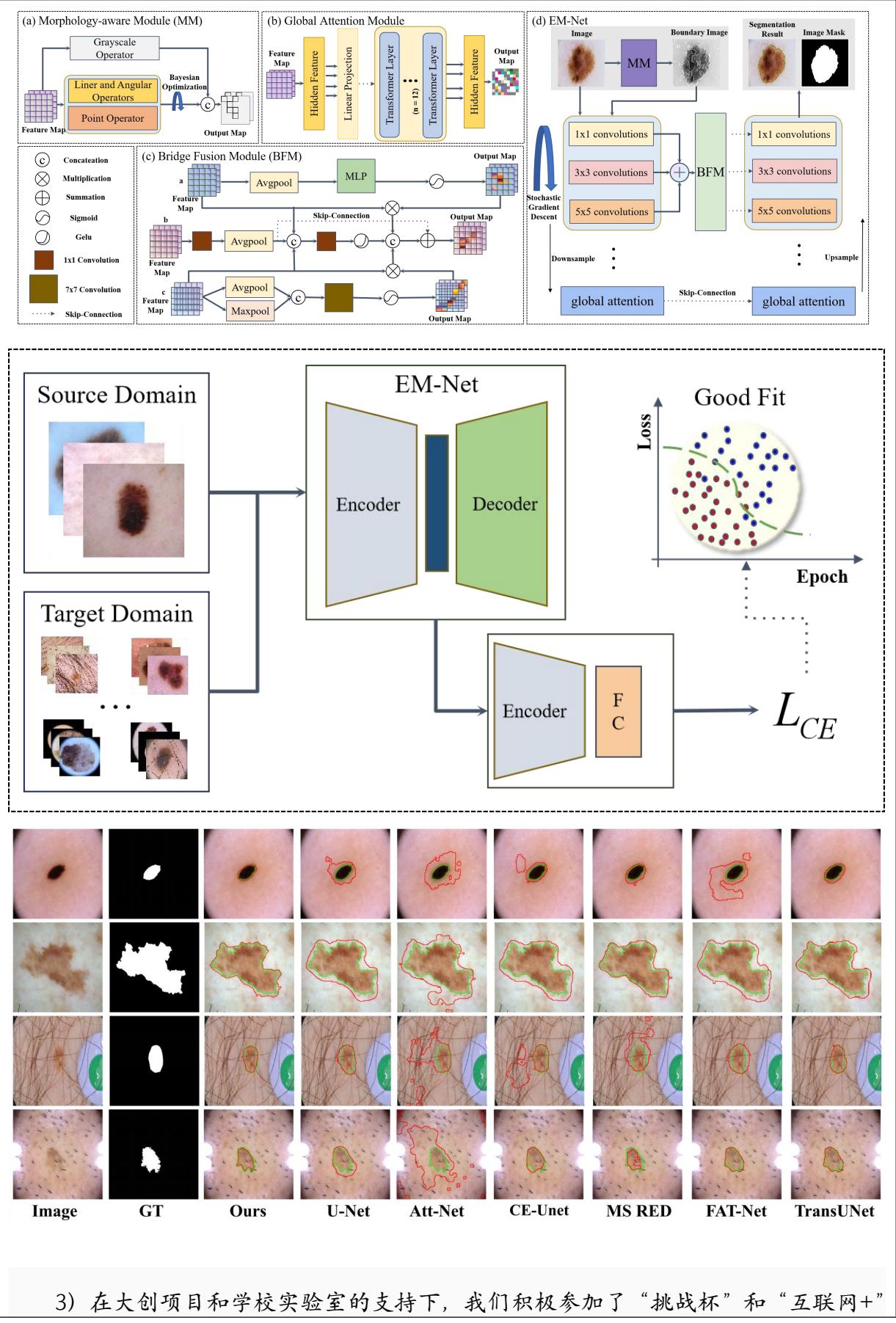
Initial Submission

This manuscript has been submitted to the editorial office for review. Changes cannot be made during editorial review, but you can view the information and files you submitted, below.

Article Type	Regular Paper		
Title	EM-Net: Efficient and Morphology-aware Network for Skin Lesion Segmentation		
Manuscript Files	Name	Type of File	Size
	EM-Net.zip	Anonymized Main Document - LaTeX File	15.2 MB
	EM_Net.pdf	Anonymized Main Document - PDF	16.3 MB
	Title page.docx	Title Page	11.5 KB
	cover_letter.p df	Cover letter / Comments	51.1 KB
Abstract	Dermoscopic images are essential for diagnosing various skin diseases, as they enable physicians to observe subepidermal structures, dermal papillae, and deeper tissues otherwise invisible to the naked eye. However, segmenting lesions in these images is challenging due to their irregular boundaries and the significant		

variability in lesion characteristics. To address these challenges, we propose a high-precision model that utilizes a hybrid feature extractor combining CNN and ViT architectures. This extractor captures both spatial and local information effectively. Our model includes a boundary-delineation component that uses a nonconvex optimization function to adaptively learn and precisely delineate lesion boundaries, enhancing detail extraction. We integrate these texture features with other raw features, enriching the feature information and preserving high-resolution details in shallow feature maps. Additionally, we introduce a domain-adaptive adversarial learning strategy to improve the model's generalization across different datasets. This strategy involves a discriminator that distinguishes between samples from varied datasets, optimizing target domain data processing and enhancing adaptability. We validated our model on multiple publicly available dermoscopic image datasets, such as ISIC, PH², PAD-UFES-20, and the University of Waterloo skin cancer database. The results confirm that our method achieves state-of-the-art performance and demonstrates robust generalization capabilities. The code: https://github.com/****/***/.

Authors	Title	Name	Email	Country/Locat
	Ms.	Kaiwen Zhu ²	zhukaiwen2003@126.com	China
	Mr.	Yuezhe Yang ³	yangyuezhe@gmail.com	China
	Dr.	Yonglin Chen ¹ Corresponding Author Submitting Author	chenyonglin@ahjzu.edu.cn	China
		 0009-0008-7419-4481		
	Ms.	Ruixi Feng ²	freshalways1024@163.com	China
	Mr.	Dongping Chen ³	wa2214134@stu.ahu.edu.cn	China
	Mr.	Bingzhi Fan ³	wa2214130@stu.ahu.edu.cn	China
	Ms.	Nan Liu ³	wa2214138@stu.ahu.edu.cn	China
	Ms.	Ying Li ⁴	22118173@zju.edu.cn	China
	Ms.	Xuewen Wang ⁴	wangxuewen@zju.edu.cn	China



等大学生创新创业大赛。在挑战杯中，“DeepPET：基于深度学习的脑 PET 图像重建算法及设备”的队伍作为新兴队伍从 308 支队伍中脱颖而出，被选为 65 支进入复赛的队伍。我们也积极参与互联网+比赛，并已完成“DeepPET：低放射高成像质量的智能脑 PET 设备”项目的申报工作。





DeepPET



安徽大学

安徽大学第十四届挑战杯大学生 创业计划竞赛参赛项目 计划书

院 系： 人工智能学院
项目名称： DeepPET: 基于深度学习的脑PET图像重建算
法及设备
项目类型： 创业训练项目
负责 人： 杨跃浙
指导教师： 董兴波 金哲 王华彬



DeepPET:低放射高成像质量的智能脑PET设备

安徽省 合肥市

信息技术服务业 科学技术服务业 医疗和商务工作

参赛信息 项目信息 团队信息 专利情况 论文发表 项目所获奖项 软件著作权 作品著作权 注册商标

参赛信息

参赛赛道: 高教主赛道
参赛状态: 报名成功, 等待学校审核
参赛组别: 本科生创意组
参赛类别: 人工智能+
报名时间: 2024/05/20

项目信息

项目概述

PET技术(正电子发射断层成像)是核医学领域的关键成像技术之一, 利用正电子释放来观察生物体的活动情况。在医学诊断和治疗方面, PET技术扮演着不可或缺的角色, 尤其在早期疾病的诊断和治疗效果评估方面具有重要价值。然而, PET技术目前面临着多方面的挑战, 包括成像质量的提高、辐射剂量的降低以及扫描时间的缩短。这些挑战限制了PET技术在临床应用中的广泛使用。为了解决这些问题, 当前的研究主要集中在硬件改进和图像重建算法优化上。

本项目的愿景是提出一种创新的PET图像重建方法, 结合物理模型和深度学习技术, 以提高成像的准确性和效率, 同时降低辐射剂量。

本项目的优势在于综合考虑了多方面的因素, 包括成本、成像质量、成像速度和辐射剂量, 以提供更优秀的PET图像重建解决方案。首先, 我们的方法将结合物理模型和深度学习技术, 以实现高效的PET图像重建。相比传统方法, 我们的方法只需要更少的传感器和更精细的设备, 因此具有更低的成本。其次, 我们的方法能够实现更快的图像重建速度。深度学习技术在图像处理方面表现出色, 可以大大加快图像重建的速度, 从而节省时间成本。最重要的是, 我们的方法还能够降低辐射剂量。通过优化图像重建算法, 我们可以在保证成像质量的前提下减少所需的辐射剂量, 从而减轻患者的辐射风险。

具体来说, 本项目将聚焦于两个方面的研究。首先, 我们将探索基于模型和数据的高效PET图像重建算法。这一部分将结合迭代重建算法、衰减校正和深度学习技术, 以实现高质量的PET图像重建。其次, 我们将研究基于生成模型增强的去伪影方法, 通过条件生成模型将低计数PET图像转换为高计数图像, 从而提高后续配准的性能, 实现无伪影的PET图像。这些研究将为PET技术的进步和应用提供新的可能性, 为医疗健康领域的发展做出贡献。

本项目的目标用户群体主要包括设备制造商和大型医院。我们的愿景是通过提供更优秀的PET图像重建解决方案, 为用户提供更准确、更可靠的帮助, 从而促进医疗健康领域的进步。

在PET图像重建领域存在一些竞争对手, 包括其他研究团队、医疗设备制造商和科研机构等, 但我们相信通过独特的方法和技术, 能够在这一领域保持竞争优势。我们将致力于为医疗健康领域的发展做出贡献, 提高PET成像的质量和效率, 促进早期疾病的发现和治疗。

4) 通过大创项目的实施, 我们与老师积极讨论和学习。通过召开学术研讨会和学生汇报会等多种形式, 我们不仅分享了各自的研究进展, 还深入探讨了学术问题和实验技术, 从而极大地提高了同学们的批判性思维和问题解决能力。这种持续的学术交流和实践活动显著提升了同学们的综合能力。因此, 我们积极参与各类学科竞赛, 这些竞赛为我们提供了展示创新思维和技术应用的平台。特别是组员们在“第十五届蓝桥杯大赛软件赛”, “2024年国际大学生数学建模竞赛”以及“计算机设计大赛”中展示了出色的技术技能, 最终取得了优异成绩。

第十五届蓝桥杯大赛软件赛省赛比赛结果

姓名： 杨跃浙
证件号码： 330281200408142515
比赛科目： C/C++程序设计-大学A组
指导老师： 纪霞
比赛奖项： 二等奖
是否进入决赛： 否

第十五届蓝桥杯大赛软件赛省赛比赛结果

姓名： 魏冉
证件号码： 411422200305116615
比赛科目： Python程序设计-大学A组
指导老师： 纪霞
比赛奖项： 三等奖
是否进入决赛： 否

5) 在大创项目的推动下，老师积极组织了学生的学术汇报，我们深入了解了当今最前沿的技术和方法，如“深度学习视频处理”、“PET 图像重建的降噪技术”、“Diffusion 模型在医学图像生成中的应用”、“深度学习暗光环境增强技术”以及“3D Gaussian Splatting 技术”等。这些学习经历不仅开拓了我们的视野，也为未来的研究奠定了坚实的基础，激发了我们对创新和科学探索的热情。此外，我们还积极收集了专属数据集，为开展创新性研究提供了宝贵的数据资源，这将极大地有助于我们的后续研究，并有助于在学术界和实际应用中产生显著影响。

Open-Vocabulary Video Relation Extraction (O V R E)

演讲人：杨跃渐

Learning to See Low-Light Images via Feature Domain Adaptation

汇报人：魏冉

Spach Transformer: 用于PET图像降噪的基于局部和全局自注意力的空间和通道Transformer



IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, VOL. XX, NO. XX, XXXX 2020

**Spach Transformer: Spatial and Channel-wise
Transformer Based on Local and Global
Self-attentions for PET Image Denoising**

Se-In Jang, Tinsu Pan, Ye Li, Pedram Heidari, Junyu Chen, Quanzheng Li, and Kuang Gong

• 汇报人：陈诺

• 2024.1.17

**Enlighten-Your-Voice: When
Multimodal Meets Zero-shot Low-
light Image
Enhancement**

汇报人：魏冉

医疗图像 数据集Demo

制作人：杨跃浙

主要成果

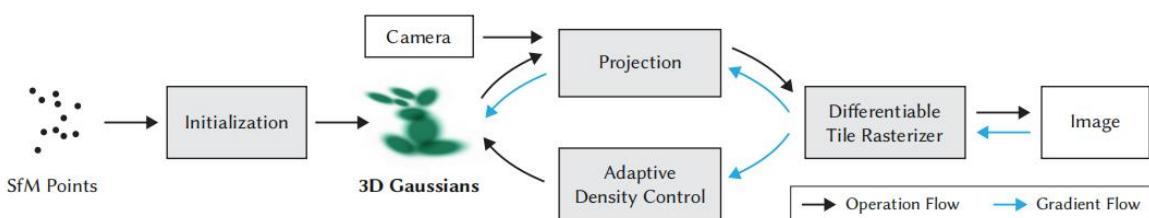
成果名称	形式	发表（出版）情况			
		发表时间	发表刊物/组织部门	作者 (按照 排名顺 序填 写)	排名
基于先验图像的 PET 图像重建方法及 PET 图像 3D 感知方法	发明专利	2024 年 04 月 12 日 (受理)	国家知识产权局	杨跃浙	2
EM-Net: Efficient and Morphology-aware Network for Skin Lesion Segmentation	论文	2024 年 05 月 23 日 (Under Review)	IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems	朱凯文 杨跃浙 冯瑞晞	1, 共同一作

第十五届蓝桥杯 大赛软件赛	竞赛	2024 年 04 月 29 日	中华人民共和国工业和 信息化部人 才交流中心	杨跃浙 陈诺 魏冉	二等奖 三等奖 三等奖
国际大学生数学 建模竞赛	竞赛	2024 年 05 月 08 日	美国数学及 其应用联合 会	陈诺	1,Honorabl e Mention
计算机设计大赛	竞赛	2024 年 05 月 24 日	教育部计算 机类教指委	陈诺	1,三等奖

二、项目下一步计划安排

1) 结合 3D Gaussian Splatting (3DGS) 的 Real-time 医学成像技术

在近年来，辐射场的渲染技术已成为计算机图形学中的热门研究领域，尤其是在实时渲染和新视角合成方面。Kerbl 等人提出了一种基于 3D 高斯散射的方法^[1]，该方法在提高渲染速度的同时保证了高质量的图像输出，尤其适用于需要实时处理的场景。此外，该方法优化了高斯模型的各向异性协方差，并开发了一种感知可见性的渲染算法，使其在保持较低计算成本的同时，实现了 1080p 分辨率下超过 100 帧每秒的实时视角合成。



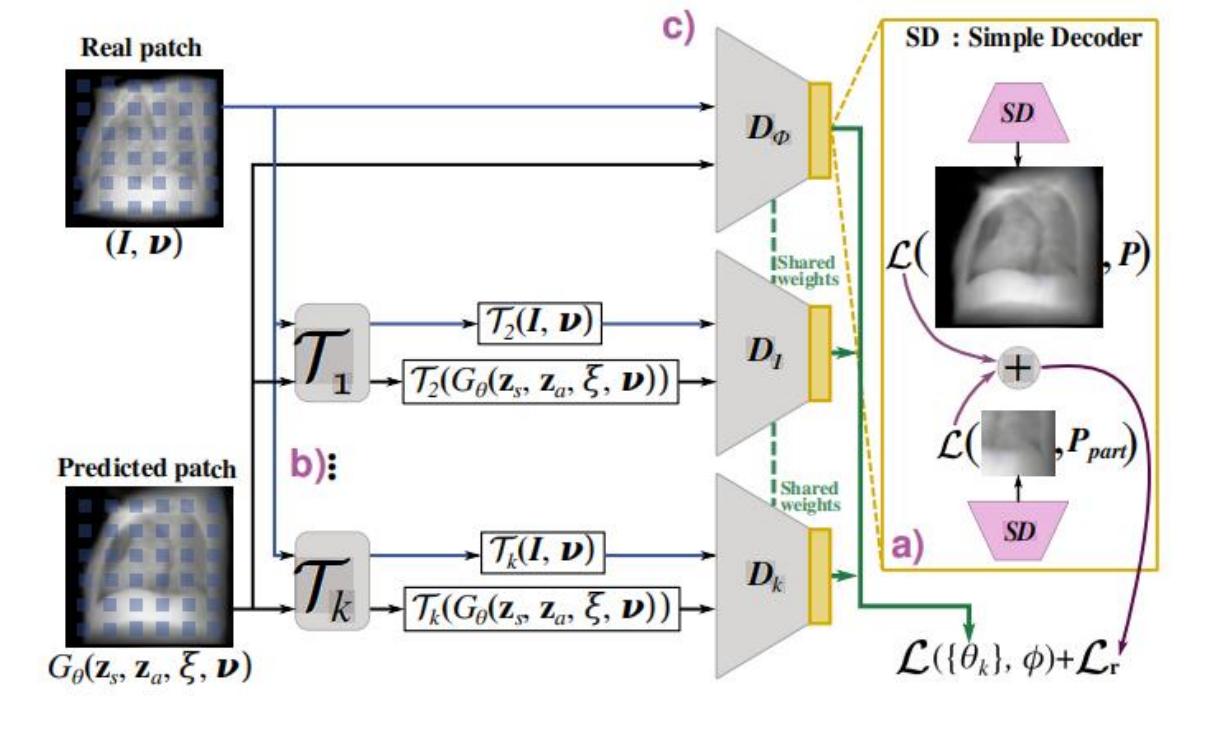
3DGS 技术简图

3D Gaussian Splatting 自 23 年 08 月提出以来，该技术就备受关注，在实时渲染和三维视图合成领域取得了显著进展^[2]。23 年 11 月 Yu 等人引入了 Mip-Splatting 技术，该技术通过在 3D 空间中应用平滑滤波器以及在 2D 屏幕空间应用 Mip 滤波器，有效地解决了由于视角变换导致的图像走样问题，改进了图像的质量和一致性^[4]。此外，Chen 等人提出了 SuGaR 技术，通过对高斯模型进行表面对齐优化，提高了 3D 网格重建的效率及渲染质量，使其在动态场景下的表现更为出色^[5]。Zhang 等人利用 3D Gaussian Splatting 开发了 GS-IR 技术，该技术能够从多视角图像中重建场景的几何结构、表面材质及环境光照，尤其适用于未知光照条件下的逆渲染任务^[6]。24 年 4 月，Li 等人通过开发 RTG-SLAM，显著提升了大规模实时三维重建的性能和效率，这项技术特别适

用于复杂场景的快速渲染^[3]。这些研究成果表明，3D Gaussian Splatting 技术在图形学领域的应用前景广阔，为未来的技术发展提供了新的可能性和方向。

同时，近段时间以来，3DGS 技术开始被运用于医学实时成像和新视角合成中。Nikolakakis 等人提出了 GaSpCT，通过利用 3D Gaussian Splatting 技术，从有限的 2D 图像投影中生成新的 CT 视图，显著减少了扫描时间和辐射剂量，表现出比其他隐式 3D 场景表示方法更优的图像质量和效率^[7]。在最新的研究中，Zhang 等人开发了一种用于四维数字减影血管造影 (Four-dimensional Digital Subtraction Angiography, 4D DSA) 的渲染技术，通过时间的不透明度偏移改进了图像的渲染质量和速度，有效处理了稀疏视图中的渲染挑战，并减少了存储需求，使得实时渲染成为可能^[8]。香港大学团队提出了一种名为 EndoGaussians 的方法，首次将 3DGS 技术应用于动态内窥镜 3D 重建，利用高斯散射从内窥镜视频自动重建外科手术场景。这种方法通过深度监督和各向异性正则化确保几何正确性，同时应用物质点方法增强物理真实性，提高了外科教育和机器人学习模拟器的实用性和效率，为医疗专业人员提供了一种可靠且高效的工具，并用于实际的医疗应用中^{[9][10][11]}。

对于深度学习技术在 3D 医学成像中的应用，在之前的研究中，已经有了广泛的基础。Corona-Figueroa 等人提出了一种深度学习模型 MedNeRF，能够从少量甚至单一视角的 X 射线图像中重建 CT 投影^[12]。该模型通过神经辐射场的新架构学习 CT 扫描的连续表示，从 2D 图像中分离出表面和内部解剖结构的形状与体积深度。Iddrisu 等人采用了神经辐射场 (NeRF) 技术，结合 3D 卷积神经网络，从 MRI 扫描的 2D 切片重建出 3D 投影，有效应对了切片厚度变化带来的挑战^[13]。该方法通过整合多种 MRI 模态和切片插值，能够更全面和准确地重建表面及内部解剖结构，展现出在临床应用中的巨大潜力，可能减少扫描时间及由患者运动引发的问题。



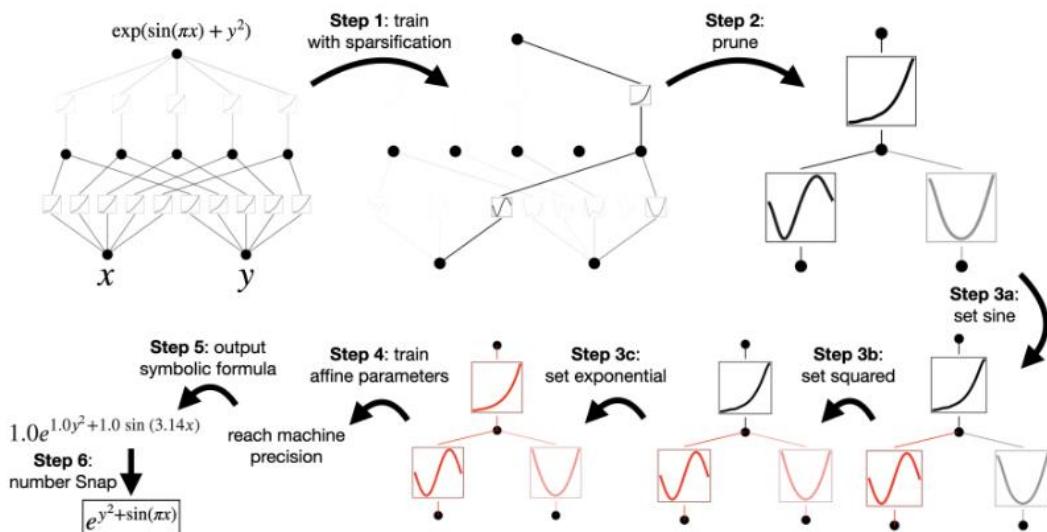
MedNeRF 技术简图

基于以上研究成果，我们下一步的计划是将 3D Gaussian Splatting (3DGS) 技术应用于实时医学成像，并计划在 CT、MRI、PET 成像领域进行广泛的实验验证。我们期望这项技术能够显著减少成像时间和扫描成本，同时降低受试者的辐射暴露。通过这些实验，我们希望验证 3DGS 技术在提高成像速度和质量方面的效果，并探索其在临床应用中的潜力。此外，降低辐射暴露的特性可能会使得这种新技术对于长期或重复成像的患者特别有益，如癌症监测患者。我们的目标是通过这些创新措施，推动医学成像技术的进一步发展，为医疗服务提供更安全、高效的解决方案。

- [1] Kerbl, Bernhard, Georgios Kopanas, Thomas Leimkühler, and George Drettakis. "3d gaussian splatting for real-time radiance field rendering." ACM Transactions on Graphics 42, no. 4 (2023): 1-14.
- [2] Chen, Guikun, and Wenguan Wang. "A survey on 3d gaussian splatting." arXiv preprint arXiv:2401.03890 (2024).
- [3] Peng, Zhexi, Tianjia Shao, Yong Liu, Jingke Zhou, Yin Yang, Jingdong Wang, and Kun Zhou. "RTG-SLAM: Real-time 3D Reconstruction at Scale using Gaussian Splatting." arXiv preprint arXiv:2404.19706 (2024).
- [4] Yu, Zehao, Anpei Chen, Binbin Huang, Torsten Sattler, and Andreas Geiger. "Mip-splatting: Alias-free 3d gaussian splatting." arXiv preprint arXiv:2311.16493 (2023).
- [5] Guédon, Antoine, and Vincent Lepetit. "Sugar: Surface-aligned gaussian splatting for efficient 3d mesh reconstruction and high-quality mesh rendering." arXiv preprint arXiv:2311.12775 (2023).
- [6] Liang, Zhihao, Qi Zhang, Ying Feng, Ying Shan, and Kui Jia. "Gs-ir: 3d gaussian splatting for inverse rendering." arXiv preprint arXiv:2311.16473 (2023).
- [7] Nikolakakis, Emmanouil, Utkarsh Gupta, Jonathan Vengosh, Justin Bui, and Razvan Marinescu. "GaSpCT: Gaussian Splatting for Novel CT Projection View Synthesis." arXiv preprint arXiv:2404.03126 (2024).
- [8] Zhang, Shuai, Huangxuan Zhao, Zhenghong Zhou, Guanjun Wu, Chuansheng Zheng, Xinggang Wang, and Wenyu Liu. "TOGS: Gaussian Splatting with Temporal Opacity Offset for Real-Time 4D DSA Rendering." arXiv preprint arXiv:2403.19586 (2024).
- [9] Chen, Yangsen, and Hao Wang. "EndoGaussians: Single View Dynamic Gaussian Splatting for Deformable Endoscopic Tissues Reconstruction." arXiv preprint arXiv:2401.13352 (2024).
- [10] Liu, Yifan, Chenxin Li, Chen Yang, and Yixuan Yuan. "EndoGaussian: Gaussian Splatting for Deformable Surgical Scene Reconstruction." arXiv preprint arXiv:2401.12561 (2024).
- [11] Yang, Zhenya, Kai Chen, Yonghao Long, and Qi Dou. "Efficient Data-driven Scene Simulation using Robotic Surgery Videos via Physics-embedded 3D Gaussians." arXiv preprint arXiv:2405.00956 (2024).
- [12] Corona-Figueroa, Abril, Jonathan Frawley, Sam Bond-Taylor, Sarath Bethapudi, Hubert PH Shum, and Chris G. Willcocks. "Mednerf: Medical neural radiance fields for reconstructing 3d-aware ct-projections from a single x-ray." In 2022 44th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), pp. 3843-3848. IEEE, 2022.
- [13] Iddrisu, Khadija, Sylwia Malec, and Alessandro Crimi. "3D reconstructions of brain from MRI scans using neural radiance fields." In International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing, pp. 207-218. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023.

2) 结合 KAN 架构的可解释性 PET 图像重建技术

Kolmogorov-Arnold 网络 (KAN) 是一类基于 Kolmogorov-Arnold 表征定理的神经网络模型，该理论指出在特定条件下，任何多变量的连续函数都可以表示为一系列单变量函数的组合^[1]。KAN 网络利用这一理论，通过将高维输入分解为若干低维子函数，简化问题的复杂度，从而降低计算复杂性并优化处理高维数据的性能。具体来说，网络由多个单变量函数组成，能逼近任意复杂的高维函数。此外，其模块化结构不仅增强了模型的可解释性，使得每个模块可以独立分析，还提高了效率，使得计算过程更直观，便于跟踪和理解数据流动。KAN 的理论基础和独特的架构设计使其在机器学习和数据挖掘领域展现出显著效果，特别是在处理复杂非线性关系的任务中，提供了稳固的数学支持，确保了模型的高性能与透明度。



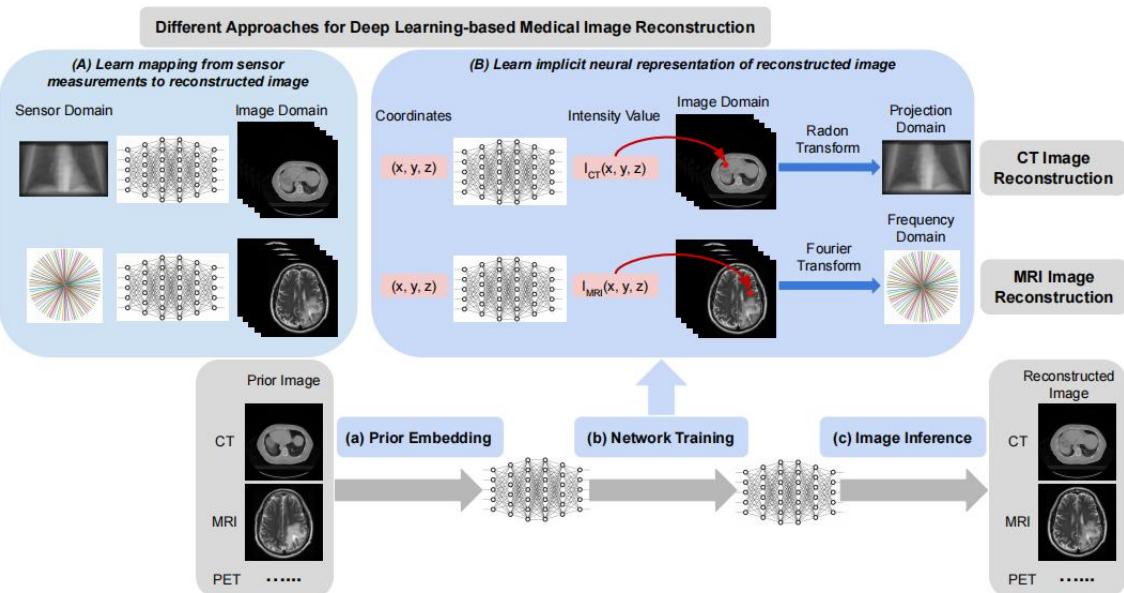
如何使用 KAN 进行符号回归的示例

最近，安徽大学团队提出了名为 KAN2CD 的新型神经认知诊断模型，该模型通过使用 Kolmogorov-Arnold 网络 (KANs) 增强了模型的解释能力^[2]。KAN2CD 通过两种方式使用 KANs，一种是直接替换现有神经认知诊断模型中的多层感知器 (MLP)，另一种是通过多个 KANs 处理学生嵌入、练习嵌入和概念嵌入以提高预测的一致性和准确性。这种方法不仅提升了性能，还保持了与传统模型相比的可解释性，显示出其在智能教育领域的应用潜力。Bozorgasl 等人提出了 Wav-KAN，一种创新的神经网络架构，利用小波函数和 Kolmogorov-Arnold 网络 (Wav-KAN) 增强模型的解释性和性能。该架构通过整合小波函数以高效捕获输入数据的高频和低频成分，提高了网络的计算效率和训练速度，同时维持了对输入数据结构的精确表达，避免了过度拟合。Wav-KAN 的提出为高性能神经网络的开发提供了新的可能性，适用于多个领域的应用^[3]。

同时，在讨论隐式神经表示 (INRs) 在医学成像中的应用时，Molaei 等人强调了其在场景重建和计算机图形中所展现出的显著成果^[4]。综述探讨了 INRs 在医学成像任务中的多种应用，包括图像重建、分割、配准、新视角合成和数据压缩。INRs 通过利用神经网络参数化数据，避免了局部性偏见，提供了分辨率不相关性和内存效率，使其在处理医学成像数据时具备适应不同任务的灵活性。2022 年，Shen 等人开发了一种

名为 NeRP 的隐式神经表示学习方法^[5]。这种方法使用多层感知器 (MLP) 从稀疏采样的图像数据中重建图像。NeRP 通过结合图像先验和物理信息，有效利用有限的测量数据。与传统的基于深度学习的图像重建方法相比，NeRP 展示了更高的效率和适应性，尤其是在处理多种成像模式，如 CT 和 MRI 时的通用性。

基于以上研究，我们的未来工作将聚焦于结合 Kolmogorov-Arnold 网络 (KAN) 的架构，设计一种具有高度可解释性的医学图像重建技术。此技术将利用 KAN 的能力，通过将复杂的多变量医学图像数据分解为简单的单变量函数，不仅简化计算过程，还增强模型的透明度和可解释性。这一方法预期将改进现有的医学图像处理方法，特别是在提高图像重建的准确性和降低运算成本方面。我们计划将此技术应用于多种医学成像模式，包括但不限于 CT、MRI 和 PET 扫描，以期达到更高的诊断效率和更佳的图像质量。此外，通过这种创新的方法，我们期望在医学图像分析的领域推动技术的前沿，为医疗诊断提供更加精确且可靠的支持。



NeRP 技术简图

- [1] Liu, Ziming, Yixuan Wang, Sachin Vaidya, Fabian Ruehle, James Halverson, Marin Soljačić, Thomas Y. Hou, and Max Tegmark. "Kan: Kolmogorov-arnold networks." arXiv preprint arXiv:2404.19756 (2024).
- [2] Yang, Shangshang, Linrui Qin, and Xiaoshan Yu. "Endowing Interpretability for Neural Cognitive Diagnosis by Efficient Kolmogorov-Arnold Networks." arXiv preprint arXiv:2405.14399 (2024).
- [3] Bozorgasl, Zavareh, and Hao Chen. "Wav-KAN: Wavelet Kolmogorov-Arnold Networks." arXiv preprint arXiv:2405.12832 (2024).
- [4] Molaei, Amirali, Amirhossein Aminimehr, Armin Tavakoli, Amirhossein Kazerouni, Bobby Azad, Reza Azad, and Dorit Merhof. "Implicit neural representation in medical imaging: A comparative survey." In Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, pp. 2381-2391. 2023.
- [5] Shen, Liyue, John Pauly, and Lei Xing. "NeRP: implicit neural representation learning with prior embedding for sparsely sampled image reconstruction." IEEE Transactions on Neural Networks and

3) 各类任务在私有的医疗图像数据集上的验证以及改进

关于深度学习技术在医疗图像中的应用，已有大量研究探索其在各种医学成像领域中的潜力和挑战^[1]。在医学影像信息学方面，深度学习技术正逐步改变传统的图像处理和分析方法。

首先，深度学习在医学图像分类、分割和诊断中显示出了卓越的性能^[2]。通过利用卷积神经网络（CNN）等先进的深度学习模型，研究人员能够实现高精度的自动化图像分析。例如，在疾病检测方面，深度学习模型已经被成功应用于检测肺炎^[3]、糖尿病视网膜病变^[4]、脑肿瘤^[5]等多种疾病。这些模型通过学习大量标注图像数据，能够准确地识别和分类病变区域，从而辅助医生进行快速诊断。

此外，深度学习在医学图像分割任务中也取得了显著进展。准确的图像分割对于手术规划和治疗方案制定至关重要。通过使用深度卷积网络，如 U-Net^[6]和其变体^[7]，研究人员可以实现对复杂医学图像的精确分割。这些方法不仅提高了分割的准确性，还大大减少了医生的手动工作量，提高了临床工作的效率。

然而，尽管深度学习在医学图像分析中展现出巨大的潜力，仍然面临诸多挑战。首先，深度学习模型的训练依赖于大量高质量的标注数据，而获取这些数据在医学领域往往困难且昂贵^[8]。其次，模型的泛化能力和解释性仍然是研究中的难题^[9]。由于医疗图像的多样性和复杂性，模型在实际临床应用中可能表现不佳^[10]。

基于上述问题和挑战，我们计划在复杂且具有挑战性的私有化数据集上广泛开展研究，以提高深度学习模型在医学图像分析中的准确性和实用性。这些私有数据集通常包含从实际临床环境中收集的多样化医学图像，这些图像涵盖了从常见疾病到罕见病例的广泛情况。通过这种方式，我们希望能够训练出能够更好地适应真实世界变异性的模型。



介绍

本数据集主要包含了常见的四种医疗图像：**X光**, **CT**, **MR**, **B超**

数据量大，各种图像都有大量的样本

数据来源丰富，分布在全国各地

标签丰富，涉及众多疾病，包括一些罕见病 如：听神经纤维瘤病（**NF**）、线粒体脑肌病（**ME**）等

标签内容详细，对于部分标签，除了简单说明病种之外，还包含了患者性别，年龄，基本情况，医生诊断理由等充分的信息，对于有争议的标注也有给予说明



主要内容（演示）



休门氏病

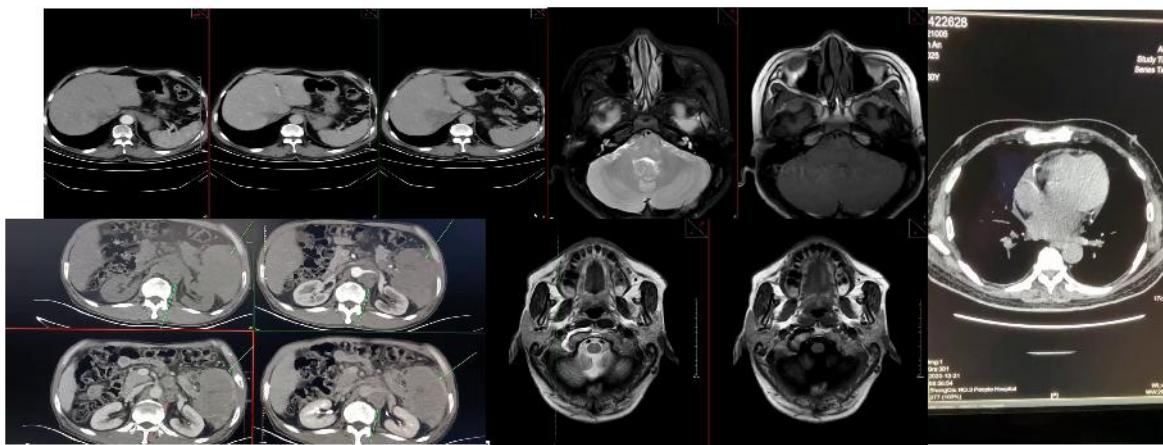
主要内容（演示）

线粒体脑肌病钙化（注：罕见病）



主要内容（演示）

淋巴瘤（注：对于许多常见病症，我们有大量标注的样本）



私有化数据集介绍

此外，我们也计划利用这些数据集来测试和优化现有的深度学习算法，从而在保证图像分析质量的同时，探索减少对大量标注数据依赖的可能性。这不仅有助于减轻医学专家在数据标注过程中的工作负担，还可能通过改进算法来提高模型的泛化能力。

最终，通过这些研究，我们希望能够解决深度学习在医学图像处理中面临的关键问题，如模型的泛化问题。通过开展这些研究，我们不仅期望推动医学图像分析技术的发展，还希望这些成果能够被广泛应用于实际的医疗诊断和治疗过程中，从而提高

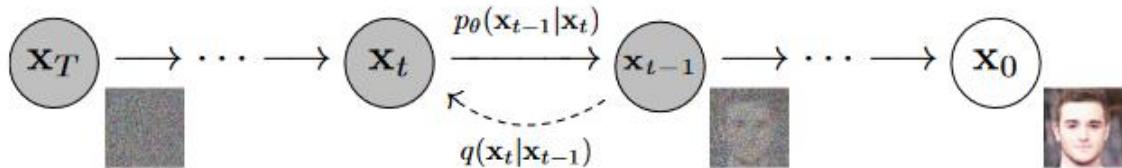
临床决策的效率和准确性。

- [1] Panayides, Andreas S., Amir Amini, Nenad D. Filipovic, Ashish Sharma, Sotirios A. Tsaftaris, Alistair Young, David Foran et al. "AI in medical imaging informatics: current challenges and future directions." *IEEE journal of biomedical and health informatics* 24, no. 7 (2020): 1837-1857.
- [2] Razzak, Muhammad Imran, Saeeda Naz, and Ahmad Zaib. "Deep learning for medical image processing: Overview, challenges and the future." *Classification in BioApps: Automation of decision making* (2018): 323-350.
- [3] Gabruseva, Tatiana, Dmytro Poplavskiy, and Alexandr Kalinin. "Deep learning for automatic pneumonia detection." In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition workshops*, pp. 350-351. 2020.
- [4] Ai, Zhuang, Xuan Huang, Yuan Fan, Jing Feng, Fanxin Zeng, and Yaping Lu. "DR-IIXRN: detection algorithm of diabetic retinopathy based on deep ensemble learning and attention mechanism." *Frontiers in Neuroinformatics* 15 (2021): 778552.
- [5] Siar, Masoumeh, and Mohammad Teshnehlab. "Brain tumor detection using deep neural network and machine learning algorithm." In *2019 9th international conference on computer and knowledge engineering (ICCKE)*, pp. 363-368. IEEE, 2019.
- [6] Ronneberger, Olaf, Philipp Fischer, and Thomas Brox. "U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." In *Medical image computing and computer-assisted intervention – MICCAI 2015: 18th international conference, Munich, Germany, October 5-9, 2015, proceedings, part III* 18, pp. 234-241. Springer International Publishing, 2015.
- [7] Zhou, Zongwei, Md Mahfuzur Rahman Siddiquee, Nima Tajbakhsh, and Jianming Liang. "Unet++: A nested u-net architecture for medical image segmentation." In *Deep Learning in Medical Image Analysis and Multimodal Learning for Clinical Decision Support: 4th International Workshop, DLMIA 2018, and 8th International Workshop, ML-CDS 2018, Held in Conjunction with MICCAI 2018, Granada, Spain, September 20, 2018, Proceedings* 4, pp. 3-11. Springer International Publishing, 2018.
- [8] Hu, Mingzhe, Shaoyan Pan, Yuheng Li, and Xiaofeng Yang. "Advancing medical imaging with language models: A journey from n-grams to chatgpt." *arXiv preprint arXiv:2304.04920* (2023).
- [9] Shah, Pratik, Jenna Lester, Jana G. Deflino, and Vinay Pai. "Responsible Deep Learning for Software as a Medical Device." *arXiv preprint arXiv:2312.13333* (2023).
- [10] Wang, Tonghe, Yang Lei, Yabo Fu, Walter J. Curran, Tian Liu, and Xiaofeng Yang. "Medical imaging synthesis using deep learning and its clinical applications: A review." *arXiv preprint arXiv:2004.10322* (2020).

4) 基于 Diffusion 模型的医学图像加密技术

医学图像加密技术在保护患者隐私和数据安全方面发挥着至关重要的作用，尤其在远程医疗和医疗数据共享中更为关键。随着数字医疗技术的发展，如何有效地加密和保护敏感的医学图像成为一个重要的研究课题^[1]。Mirsky 等人揭示了通过深度学习技术，特别是条件生成对抗网络（CT-GAN），操纵 3D 医学扫描数据的可能性^[6]。这项研究展示了攻击者如何能够在医疗影像中添加或移除疾病迹象，例如肺癌，这可能被用来进行保险欺诈、政治干预或其他恶意活动。通过潜入医院网络并操纵 CT 扫描数据，研究表明即使是最先进的医学 AI 和放射科专家也可能无法识别这些精细操作的图像，突显了当前医疗数据安全的脆弱性。

扩散模型 (Diffusion Model) 是一类生成模型，通过模拟数据逐渐被噪声破坏的过程，然后训练反向过程来生成数据。这些模型在图像生成和修复领域已经取得了显著成果^{[2][3][4]}。扩散模型的随机性和生成能力使其在图像处理任务中表现出色。



扩散模型中的有向图形模型

最近的研究开始探索将扩散模型应用于医学图像加密。通过利用扩散模型的随机性和复杂的生成过程，这些研究实现了高效且安全的医学图像加密方案^[5]。Sun 等人设计了一种基于通量控制超忆阻器和混沌序列的医学图像加密方案^[7]。该方案利用了一种全连接神经网络模型 (MFNN)，结合 Fibonacci Q-矩阵和混沌扩散技术，有效增强了图像的加密强度和安全性。通过数值模拟，证明了该加密算法在处理医学图像时不仅保持了高效性，还具有很高的安全性，对抗统计攻击能力强，为医学图像的保密传输提供了一种新的解决方案。这些创新性的应用为医学图像加密技术提供了新的思路和方法，为进一步保护医疗数据安全打下了坚实的基础。

基于以上研究，我们计划下一步开发一种基于扩散模型 (Diffusion Model) 的医学图像加密技术。这种技术将利用扩散模型的随机性和复杂的生成过程，创建一个安全的图像加密框架，以确保医学数据在存储和传输过程中的保密性和完整性。

我们的目标是开发一个加密系统，该系统能够对医学图像进行高效且不可逆的加密处理。通过模拟扩散过程，加密后的图像将逐步与原始图像不可区分，从而在不损失图像质量的前提下，有效阻止未授权访问和数据泄露。此外，通过训练反向过程，我们能够确保只有持有适当密钥的授权用户才能解密和恢复原始图像。

我们还计划集成先进的机器学习技术，如混沌序列和神经网络模型，来增强加密算法的随机性和安全性。这将提高算法对于各种攻击，包括统计攻击和图像分析攻击的抵抗力。

此外，为了验证该加密技术的实际应用价值，我们希望与医疗行业合作，进行实际医学图像的加密测试。这不仅将帮助我们优化算法和处理流程，还将展示该技术在现实世界中的有效性和可行性。

通过这些创新性的探索，我们希望能够为医学图像的保密性提供一个强有力的技术保障，进一步增强医疗数据的安全性，为全球医疗信息安全贡献一份力量。

[1] Pavithra, V., and C. Jeyamala. "A survey on the techniques of medical image encryption." In 2018 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), pp. 1-8.

IEEE, 2018.

- [2] Sohl-Dickstein, Jascha, Eric Weiss, Niru Maheswaranathan, and Surya Ganguli. "Deep unsupervised learning using nonequilibrium thermodynamics." In International conference on machine learning, pp. 2256-2265. PMLR, 2015.
- [3] Ho, Jonathan, Ajay Jain, and Pieter Abbeel. "Denoising diffusion probabilistic models." Advances in neural information processing systems 33 (2020): 6840-6851.
- [4] Nichol, Alexander Quinn, and Prafulla Dhariwal. "Improved denoising diffusion probabilistic models." In International conference on machine learning, pp. 8162-8171. PMLR, 2021.
- [5] Hua, Zhongyun, Shuang Yi, and Yicong Zhou. "Medical image encryption using high-speed scrambling and pixel adaptive diffusion." Signal Processing 144 (2018): 134-144.
- [6] Mirsky, Yisroel, Tom Mahler, Ilan Shelef, and Yuval Elovici. "{CT-GAN}: Malicious tampering of 3d medical imagery using deep learning." In 28th USENIX Security Symposium (USENIX Security 19), pp. 461-478. 2019.
- [7] Sun, Junwei, Chuangchuang Li, Zicheng Wang, and Yanfeng Wang. "A memristive fully connect neural network and application of medical image encryption based on central diffusion algorithm." IEEE Transactions on Industrial Informatics (2023).

总结

项目的下一步计划将继续在上面提到的四个关键方向上有序推进，旨在加深研究的广度和深度，同时在学术和实践领域均取得显著成就。首先，团队将着手撰写相关的学术论文，并计划在国内外重要的学术期刊上发表，以扩大项目影响力和学术价值。此外，为保护我们的创新成果，团队将积极准备并提交相关的发明专利申请，确保技术成果的独特性和应用的先导性得到法律保护。

同时，本项目还将充分利用学校实验室资源和大创平台的支持，积极参与各类大学生创新创业大赛及专业技能竞赛。通过这些竞赛，团队成员不仅可以验证和展示自己的研究成果，还能与来自不同学术和文化背景的同行进行交流和学习，进一步提升团队的研发能力和创新水平。

为了确保团队协作的高效性和项目目标的顺利实现，我们将加强师生之间的直接沟通和交流。通过定期的会议、研讨和工作坊，团队将形成一个互信互助的合作环境，促进知识和技能的共享，加速问题解决和创新思维的发展。

项目的下一步计划应该是一个全面而系统的战略布局，通过高质量的研究输出、知识产权保护、实战技能锻炼和团队能力建设，推动项目向更高层次的发展。

三、指导老师意见

签字: _____

日期: ____年____月____日

四、学院意见

负责人签字 (盖章) : _____

日期: ____年____月____日