

同济大学大学生创新训练项目结题报告

一、项目基本信息

项目名称	三维图像传感器信号增强网络的轻量化方法		
项目编号	X2024492		
起止时间 (年月)	2024 年 3 月 至 2025 年 3 月		
项目负责人	林继申	所在院系	计算机科学与技术学院
学号	2250758	专业	软件工程
手机号	15143305542	邮箱	2250758@tongji.edu.cn
指导老师	曾进	所在院系	计算机科学与技术学院

二、结题报告内容

1) 项目成员基本情况与指导教师基本情况				
1. 项目成员基本情况				
姓名	学号	年级	学院	专业
林继申	2250758	2022 级	计算机科学与技术学院	软件工程
刘垚	2253215	2022 级	计算机科学与技术学院	软件工程
刘淑仪	2251730	2022 级	计算机科学与技术学院	软件工程
梁斯凯	2253540	2022 级	计算机科学与技术学院	计算机科学与技术
杨宇琨	2252843	2022 级	计算机科学与技术学院	软件工程
2. 指导教师基本情况				



指导教师现任同济大学软件学院助理教授，香港科技大学博士，毕业后曾在商汤科技任高级研究员。主持国家自然科学基金青年科学基金、上海市启明星项目（扬帆专项）。主要研究方向为 3D 视觉，图信号处理，共发表 20 篇国际顶级期刊及会议，包括 IEEE TIP, IEEE TSP, CVPR, ECCV 等。

2) 本项目的选题背景、目的与意义

1. 项目选题背景

三维成像与传感技术是获取物理世界几何信息的重要手段，为实现高精度的重建、识别、定位奠定了基础。在众多三维传感技术中，基于飞行时间法（Time-of-Flight, ToF）的三维图像传感器得益于其成本优势和优越的实时三维感测能力，是目前主流的三维成像方式。

然而在已有研究中缺少平衡功耗和精度的三维成像硬件加速方案，无法满足传感器小型化需求。物联网、智能无人系统对传感器的小型化有着迫切需求，然而目前大量最新的三维图像处理算法，尤其是基于深度神经网络的算法，虽然能够达到较高的精度，但在设计过程中忽略算法复杂度，难以提供实时输出；抑或不满足硬件实现时的存储限制，导致无法部署在边缘设备运算芯片。因此，迫切需要为边缘设备设计低功耗高性能的三维图像处理算法，在算力有限的条件下保持算法输出精度，为“感算一体”三维图像传感器提供解决方案。

2. 研究目的

本研究旨在提升由 ToF 传感器采集的深度图和三维点云的成像质量，并致力于优化模型的推理效率，以满足轻量化的需求，使其适用于机器人、智能手机、自动驾驶等各种移动端应用。研究重点包括减少模型的计算复杂性，开发轻量级的算法和模型结构，并保证模型在不同应用场景下的适应性和泛化能力，这项工作的成功将大大推动智能设备在三维空间感知和理解方面的发展。

3. 研究意义

本研究通过开发低功耗、高性能的三维图像处理算法，推动三维成像技术的轻量化与智能化发展，满足边缘设备对实时性与低功耗的需求，促进“感算一体”技术的



进步。同时，提升 ToF 传感器的成像质量和算法效率，拓展三维成像技术在机器人、自动驾驶、AR/VR、智能安防等领域的应用，并为深度神经网络在边缘计算中的广泛应用提供参考，具有重要的理论价值和实践意义。

3) 项目的创新点与特色

1. 创新点与项目特色

(1) 内核范围的动态调整

对内核范围进行动态调整，允许网络高效捕捉从长距离到短距离的依赖关系。实施类似策略预计可以使网络更有效地处理不同细节的尺度，改善输出质量，提高模型性能。

(2) 改善模型大小和复杂度

减少层数和参数数量，同时通过智能设计（如使用更少但更有效的迭代）维持性能，预计可以实现适合移动或嵌入式应用的轻量级模型。

2. 项目的科学意义和应用价值

(1) 推动三维成像技术的轻量化与智能化

随着物联网、智能无人系统、智能手机、自动驾驶等领域的快速发展，对三维成像技术的需求日益增长。然而，现有技术往往在功耗、精度和实时性之间难以平衡，限制了其在边缘设备中的应用。本研究通过开发低功耗、高性能的三维图像处理算法，能够有效解决这一问题，推动三维成像技术的轻量化与智能化发展，为边缘设备提供更高效的三维感知能力。

(2) 满足边缘设备的实时性与低功耗需求

边缘设备通常具有有限的计算资源和存储能力，传统的高复杂度算法难以直接部署。本研究通过优化算法复杂度、设计轻量级模型结构，能够在保证精度的同时显著降低计算和存储需求，使三维成像技术能够在边缘设备上实现实时处理，满足低功耗需求，为智能设备的广泛应用提供技术支持。

(3) 促进“感算一体”技术的发展



“感算一体”是未来智能传感器发展的重要方向，其核心在于将感知与计算紧密结合，实现高效的数据处理。本研究通过设计适用于边缘设备的三维图像处理算法，为“感算一体”三维图像传感器的实现提供了可行的解决方案，有助于推动传感器技术的集成化与智能化发展。

(4) 拓展三维成像技术的应用场景

通过提升 ToF 传感器的成像质量和算法效率，本研究能够拓展三维成像技术在机器人、自动驾驶、增强现实（AR）、虚拟现实（VR）、智能安防等领域的应用。例如，在自动驾驶中，高精度的三维感知能力可以提升车辆对周围环境的理解；在 AR/VR 中，实时三维成像可以增强用户体验；在智能安防中，高效的三维识别技术可以提高监控系统的准确性。

(5) 为神经网络在边缘计算中的应用提供参考

本研究通过优化深度神经网络的计算复杂度和存储需求，为其他基于深度学习的边缘计算应用提供了参考和借鉴。研究成果不仅适用于三维成像领域，还可以推广到其他需要低功耗、高性能计算的场景，如语音识别、图像分类等。

4) 项目实施的收获和体会

在项目实施过程中，我们获得了以下几方面的收获和体会：

(1) 理论与实践的紧密结合

通过将理论研究与实际应用相结合，我们深刻认识到三维成像技术在边缘设备中部署的复杂性和挑战性。理论上的算法优化需要在实践中不断调整和验证，才能满足实际应用的需求。这种理论与实践的结合，不仅提升了我们的研究能力，也增强了解决实际问题的信心。

(2) 算法轻量化的挑战与突破

在算法轻量化设计过程中，我们面临了计算复杂度与精度之间的权衡问题。通过动态调整内核范围、减少模型参数、引入量化压缩等技术，我们成功实现了在保证精度的同时显著降低计算和存储需求。这一过程让我们深刻体会到算法优化的精细化和创新性。



(3) 边缘计算的实际应用价值

通过将优化后的算法部署到边缘设备中，我们验证了其在实时性和低功耗方面的优势。这不仅证明了本研究的实际应用价值，也让我们对边缘计算的未来发展充满信心。

(4) 团队协作与项目管理能力的提升

项目实施过程中，团队成员分工明确、协作高效，确保了项目按计划推进。同时，我们在项目管理、进度控制和资源调配方面积累了丰富的经验，为未来开展更大规模的研究奠定了基础。

5) 项目实施的进展情况及取得的创新成果

项目按如下计划进展并顺利完成。

序号	研究阶段	研究内容	完成情况
1	第一季度	文献调研	已完成
2	第二季度	分析现有方法，记录精度及复杂度	已完成
3	第三季度	学习 Burst Denoising with Kernel Prediction Networks 方法，配置边缘设备硬件	已完成
4	第四季度	完成边缘设备环境配置，在仿真数据集上训练，在真实数据集上测试，进行结果对比分析	已完成

成果简述：本项目通过四个季度的系统研究，完成了从文献调研到实际测试的全过程。首先，通过文献调研和现有方法分析，明确了三维成像技术在精度与复杂度上的不足；随后，学习并借鉴了相关去噪方法，配置了边缘设备硬件环境；最后，在仿真数据集上训练模型，并在真实数据集上进行了测试与对比分析。研究成功实现了三维图像处理算法的轻量化设计，显著提升了成像质量和计算效率，为边缘设备的三维感知应用提供了高效解决方案，推动了“感算一体”技术的发展。

论文发表情况：无

竞赛获奖情况：无

三、经费报销情况

名目	金额（元）	用途	备注
1. 业务费	1476.25		
（1）计算、分析、测试费	386.25	模型训练	GPU 服务器
（2）能源动力费	0	无	无
（3）会议、差旅费	1090.00	交通卡充值	交通费
（4）文献检索费	0	无	无
（5）论文出版费	0	无	无
2. 仪器设备购置费	1278.99	租赁服务器/购买设备	仪器设备购置
3. 实验装置试制费	0	无	无
4. 材料费	0	无	无

四、项目组成员签名

林继申 刘垚 刘淑仪 梁斯凯 杨宇琨

五、指导老师结题意见

导师签字：

年
月
日

六、院系结题意见

教学负责人（签章）：		
年	月	日

七、学校大学生创新创业训练计划专家组意见

负责人（签章）：		
年	月	日