

附件 1:

南方科技大学

大学生创新创业训练计划项目 申请书

项目名称: 白内障眼底图像增强的研究

项目负责人: 李子南

所在院系: 计算机科学与工程系

专业班级: 20 计算机科学与技术

联系电话: 18520844655

E - mail: 12011517@mail.sustech.edu.cn

指导教师: 刘江 职称 教授

申请日期: 2022 年 月 日

南方科技大学教学工作部 制

填 表 说 明

一、请严格按照表中要求填写各项。要求实事求是，表达明确、严谨。

二、项目只能由全日制本科生提出申请，原则上以二、三年级学生为主。申请者要品学兼优、学有余力，有较强的独立思考能力和创新意识，对科学研究、科技活动或社会实践有浓厚的兴趣。

三、“项目类别”指 A--创新训练项目；B--创业训练项目；C--创业实践项目。

四、申请书中第一次出现外文名词时，要写清全称和缩写，再出现同一词时可以使用缩写。

五、申请书用 A4 纸双面打印，于左侧装订成册。由指导教师和所在院系审查并签署意见后报送教学工作部，同时提交电子文档。

六、如表格不够，可以加附页。

项目 简 况	项目名称	白内障眼底图像增强的研究							
	项目类别	(A) A--创新训练项目；B--创业训练项目；C--创业实践项目							
	申请资助 经费	元			项目起止时间				
项目 负 责 人	姓 名	李子南		性别	男		出生年月	2002 年 4 月 23 日	
	专业年级	大二				学院（系、 部）		计算机系	
	学分绩点 及专业排 名	3.49 (73/116)				电 话		18520844655	
项目 组 主 要 成 员	姓 名	性 别	出生 年月	专业年 级	所在学院 (系、部)		项目分工		签 字
	陈建宇	男		大二	计算机系				
	杨子德	男		大二	计算机系				
	高云舒	男		大二	计算机系				
指 导 教 师	姓 名	性 别		出生年 月	职 称		最高学历	最后学位	研究方向
	刘江	男		1968.03	教授		博士	博士	人工智能
	电 话	18758319186			E-mail		liuj@sustech.edu.cn		

一、 立项依据（包括项目的意义，国内外研究现状与存在的问题，自身具备的知识条件,自己的特长、兴趣，相关经历，开展研究的前期准备工作等）

1.项目的意义

白内障是由于晶状体浑浊而导致视力下降的致盲疾病，全球约有 2000 万人因白内障而失明^[1]。白内障是与年龄相关的疾病，随着我国人口老龄化趋势不断加剧，我国的白内障发病人数也呈上升的趋势^[2]。由于白内障患者的年龄偏大，超过 30%的白内障患者往往会遭受其他的视网膜疾病^[3]，即患有白内障合并眼底病，因此白内障患者需要进行全面的眼底病筛查，保证诊断的准确性和治疗方案的合理性。由于目前尚无药物可以治疗白内障，而手术是治疗白内障的唯一方式，因此我国防盲治盲的当务之急是提升白内障手术率^[4]。

白内障患者的健康状态是手术效果的决定性因素，因此白内障手术前对患者进行全面的健康检查是保证手术成功的关键^[2]。患者的白内障手术效果会受到健康状态的影响，若患者患有白内障合并眼底病，手术不当会引起术后的不良反应，甚至会造成永久性失明^[5]。白内障术前眼压和角膜等检查已应用了自动化的检查设备，然而在眼底检查上仍然依赖人工进行。由于白内障患者的晶状体浑浊造成光的散射，会使得白内障患者的眼底图像质量低下，影响医生观察眼底的健康状况并做出准确的临床诊断^[6]。医生根据低质量眼底图像难以进行准确的诊断，这不仅会增加医务人员的压力，还会提高手术治疗的风险^[7]。

我国医疗资源总体不足的现状，以及白内障眼底疾病诊断的困难，是我国防盲治盲的巨大挑战^[8]。利用人工智能技术加快扩大白内障手术覆盖面，规范化白内障手术的流程，降低手术的风险，增强临床的治疗效果，对我国的防盲致盲具有重要的社会价值。针对上述情况，本项目拟开发白内障眼底图像辅助分析算法，提高白内障眼底图像的可视化效果和眼底血管分割效果。在研究的过程中，需要解决下列问题：

（1）白内障患者配对的术前眼底图像和术后清晰眼底图像难以采集，开发辅助分析算法缺乏有监督学习和评价的依据。如图 1 左图所示，由于白内障患者的晶状体浑浊，成像时会因散射而导致眼底图像质量下降，常会有伪影和无法清晰观察眼底结构的情况；图 1 右图是对应白内障患者术后的眼底彩照，拍摄得到的眼底图像质量较高，能清晰观察眼底状况。采集这样配对的图像对在临床上十分困难，但是利用基于监督学习的图像增强算法的训练和评价均需要配对的眼底图像对，因此数据对采集困难严重阻碍了人工智能辅助分析和诊断算法的开发。

(2) 已有研究中提出使用模型合成模拟白内障训练数据对, 可能会导致在临床上表现不佳。利用模型合成模拟训练数据对的增强模型往往没有结合真实白内障的图像特点, 因此训练时输入的源域数据和测试时输入的目标域数据, 它们在分布上不一致, 会导致模型在目标域数据上表现不佳。因此, 在利用合成模型开发增强算法时, 算法需要具有从模拟图像迁移到真实图像的能力。

(3) 在临床场景下, 不同的环境拍摄的眼底图像会存在一定的差异, 而这种差异会严重地限制辅助分析算法的性能。具有不同经验的操作员拍摄的眼底图像在质量上有很大的差异, 并且所拍摄的眼底图像与拍照环境密切相关, 这样的差异要求带来的质量偏差会影响辅助分析算法的性能。因此, 所提出的算法需要减少此类差异带来的影响, 通过提取白内障眼底图像中的领域不变特征, 以提升模型在增强和血管分割上的泛化性能。

2. 国内外研究现状与存在的问题

眼底图像可以用于诊断多种疾病, 如青光眼、糖尿病视网膜病变、年龄相关性黄斑变性、白内障等^[9]。然而, 在拍摄眼底图像时, 有可能因为操作不当和眼部疾病如白内障, 从而导致眼底图像不清晰, 会出现如模糊、亮斑和伪影等噪声^[10], 因此近年来, 科研工作者对眼底图像增强做了大量研究。

(1) 国外研究现状

眼底图像质量评估控制眼底图像成像质量和保证医生诊断以及辅助诊断系统的可靠性具有重要意义。文献^[11]基于眼底图像质量评价数据集构建眼底图像质量评估模型, 并利用该模型证明了自动诊断系统的性能高度依赖于图像质量。文献^[12] ^[13]基于多种因素构建眼底图像质量数据集, 并利用数据集构建眼底图像质量评价模型。眼底图像质量对白内障分级具有重要意义, 文献^[14]引入图像质量选择模块, 通过迁移学习构建白内障眼底图像的分级模型。

眼底图像的质量低下可能是由于病人患有眼部疾病或者操作者的操作不当, 研究者对此类图像的增强做了大量的研究。白内障是由于人眼中晶状体浑浊而造成类似于有雾的视觉效果, 文献^[6]对白内障的视网膜成像建立了光学模型, 并根据该模型设计了同态维纳滤波器来对白内障眼底图像进行增强。文献^[15]基于白内障光学模型提出一种减少模糊和提升对比度的图像增强算法, 能提升非均匀照明的白内障眼底图像的质量。由于眼底图像照明不均匀导致局部亮度不均可能会严重影响诊断的结果, 文献^[16]

提出一种方法来规范化眼底图像的亮度和对比度。由于对比度受限的自适应直方图均衡化 (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) ^[17] 在图像去噪中性能突出, 文献^[18] 通过在彩色眼底图像的绿色通道进行对比度受限自适应直方图均衡化, 以增强图像的质量。文献^[10] 基于造成眼底图像低质量的主要因素构建了眼底图像退化模型, 并基于该退化模型提出了面向临床眼底彩照的增强网络。针对眼底图像质量退化中的光照不均匀问题, 文献^[19] 提出利用非局部自动编码器去除眼底图像的非均匀光照。由于基于条件对抗网络的图像到图像翻译的应用广泛^[20], 文献^[21] 使用该技术进行眼底图像增强, 在网络训练时自动生成低质量和高质量图像对, 增强后的结果在图像质量上明显提升。随着生成对抗神经网络 (Generative Adversarial Networks, GAN) 和无需配对数据的图像翻译模型 Cycle GAN^[22] 的提出, 文献^[23] 利用 Cycle GAN 非配对的图像翻译网络, 开发出可以去除眼底图像伪影的算法。

眼底图像质量增强有助于计算机辅助诊断算法性能的提高。文献^[10] 将低质量图像增强网络应用到辅助分析中, 提升了眼底血管分析和视杯视盘检测的效果; 文献^[19] 所提出的图像增强算法提升了视网膜血管分割的精度。

(2) 国内研究现状

国内研究者对图像质量评估和白内障分级进行了研究。文献^[24] 利用眼底图像中大尺寸的突出结构和微小结构作为结构先验, 以评价眼底图像的成像质量。根据眼底图像的模糊程度和成像质量可以推测出白内障的分级, 文献^[25] 开发出一种基于白内障眼底图像进行分类和分级的算法。

低质量眼底图像存在着亮度不均衡、对比度低和模糊等问题, 国内在此类图像的增强上做了大量研究。文献^[26] 提出基于还原模型的图像增强算法, 解决低质量眼底图像的亮度不均和对比度低的问题。针对白内障的成像模型是类似于有雾的场景, 文献^[27] 提出一种结构保护型视网膜图像滤波方法来恢复模糊眼底图像。为了将模糊的眼底图像增强到高质量眼底图像, 文献^[28] 提出了一种在频域空间上去噪的方法。基于非配对图像翻译模型 Cycle GAN, 文献^[29] 利用该技术和注意力机制模块, 提升了生成后的眼底图像质量; 文献^[30] 使用大量的非配对的模糊和清晰的眼底图像数据, 通过弱监督的方式改善由眼部疾病引起的眼底图像模糊的情况; 文献^[31, 32] 针对医学图像中的亮度不均问题, 提出利用非配对图像翻译模型来提升低质量图像的照明和增强局部细节。文献^[33] 提出利用非配对的图像翻译模型合成白内障眼底图像, 然后基于配对的图像翻

译模型构建白内障眼底图像增强模型。随着对比学习在图像翻译领域中的广泛应用^[34]，文献^[35,36]结合了无监督的对比学习和有监督对抗学习来构建眼底图像增强的模型，有效地增强了眼底图像中的结构特征。

基于眼底图像增强算法，研究人员将其作为预处理开发了多种计算机辅助分析的应用算法。文献^[27]利用眼底图像增强算法提升了视杯视盘分割任务和视杯视盘比计算的性能；文献^[29]利用增强算法提升了糖尿病视网膜病变的分级性能；文献^[33]利用增强算法提升了视杯视盘分割的效果。

（3）国内外研究现状简述

低质量眼底图像增强算法难以直接应用在白内障眼底图像的增强上。眼底图像低质量的表现较多，如模糊、伪影和亮斑，而白内障造成眼底图像模糊的原因主要是因为晶状体浑浊导致散射，从而使成像模糊不清^[10]。研究人员在设计低质量眼底图像增强算法时是基于眼底图像退化机制的，并不是针对白内障模糊眼底图像而设计的，白内障眼底图像的低质量具有其特异性。因此，文献^[6, 15, 27, 33]基于白内障眼底图像的噪声设计了针对性的增强算法。

白内障模糊的眼底图像和术后清晰的眼底图像对难以获取，开发增强算法时缺乏模型建立和模型评价的依据，研究人员往往利用模型合成的数据对，以进行配对的训练来获取图像增强模型^[20]，但这可能会导致模型在临床上表现不佳。文献^[10]针对低质量眼底图像提出眼底图像退化模型，并利用退化模型构造低质量和高质量眼底图像对；由于非配对图像翻译模型的提出^[37]，文献^[23]提出利用非配对的图像翻译模型来构建低质量眼底图像合成模型。

在临床场景下，不同的环境拍摄的眼底图像会存在一定的差异，而这种差异会严重地限制算法的性能。具有不同经验的操作员拍摄的眼底图像在质量上有很大差异，并且所拍摄的眼底图像与拍照环境的影响^[10]。因此，所提出的算法需要减少此类差异带来的影响，通过提取白内障眼底图像中的领域不变特征，以提升模型的泛化性能。

保留眼底的重要结构信息对白内障合并眼底病的诊断尤为关键。眼科医生可以通过观察眼底图像的血管信息分布和形态对患者进行诊断，可以确定患者是否有青光眼和糖尿病视网膜病变等视网膜疾病^[38]。文献^[10]利用眼底图像增强模型提升低质量眼底血管分割的效果，因此在白内障眼底图像中也可应用图像增强算法提升血管分割效果，以提升眼底疾病的诊断准确率。

在本课题中，为了克服上述的难点，拟构建白内障眼底图像质量衰退模型，提供监督学习的依据；引入领域自适应技术，克服算法在临床上表现不佳的问题；引入领域泛化技术，提升算法的泛化性能，克服拍摄环境不同造成的不良影响；拟基于白内障图像增强模型，构建眼底血管分割模型，辅助白内障合并眼底病的诊断。

3. 自身具备的知识条件、特长、兴趣、相关经历

我们创新实践项目组四人都是南方科技大学计算机科学与工程系的一员，专业课程成绩优异，很好的掌握了专业知识与技能，了解 java, C++, python, matlab 等多种机器语言，为我们进行研究打下了很好的基础。我们都对 AI 医疗这个富有挑战的有意思的领域充满好奇心，于是加入了刘江教授课题组进行科研活动。在李衡老师的指导下，我们学习了深度学习的相关知识，学习了神经网络框架 pytorch，我们对白内障这一眼底疾病的病理知识也有了充分的了解，阅读了大量的深度学习的文献并在组内讨论研究，为这次科研活动做了大量的准备工作。项目组中的同学有参加建模大赛等比赛的经验，有着团结协作，刻苦钻研的优良品质，我们已经对白内障患者眼底图像的辅助分析算法研究有了自己的思考，日常的学习让我们已经有了研究的清晰思路。在我们研究的过程中，课题组可以提供优秀的数据资源和计算资源进行辅助。

4. 开展研究的前期准备工作

经过课题以及技术方法上的调研，并且基于已调研的相关技术方法进行了三个算法的设计及其实验。已完成的研究工作分为无标签的白内障眼底图像的图像增强算法、白内障眼底图像增强的领域泛化算法和基于先验知识的白内障眼底图像的血管分割算法三个部分。

(1) 无标签的白内障眼底图像的图像增强算法的已完成工作

目前已经对无标签的白内障眼底图像的图像增强算法的背景、相关工作和方法完成详细的调研，并利用开源数据集 DRIVE 和 Kaggle 上的一个多疾病眼底数据集制作模拟白内障数据，将在北京大学第三医院采集的私有数据集进行配准。利用准备好的数据集构建验证在构建无标签的白内障眼底图像的图像增强模型，并完成相关的消融实验和对比实验。

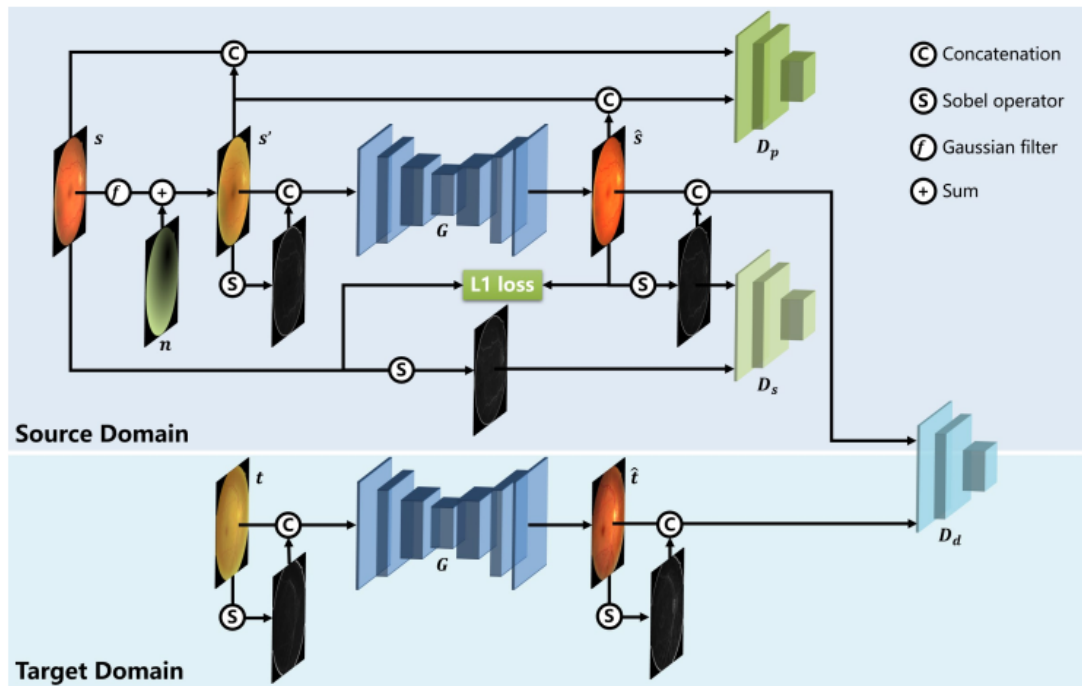


图 1: 基于无监督域自适应的白内障眼底图像增强的网络结构图

图 1 是发表论文的网络结构图，文章中提出了白内障眼底图像退化模型，并结合条件对抗生成网络的图像翻译模型、Sobel 滤波器和领域自适应技术，构建了无标签的白内障眼底图像增强模型。

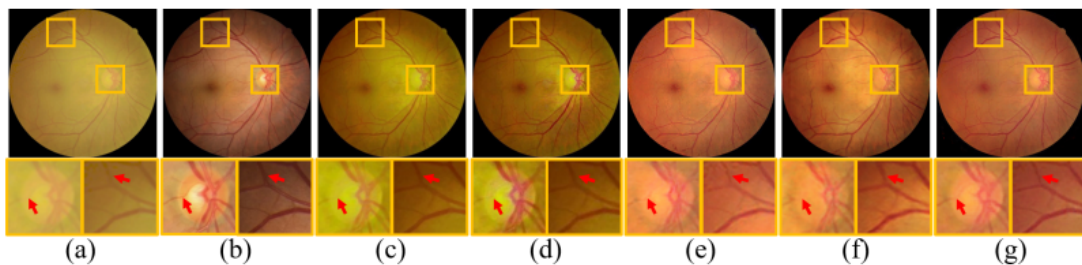


图 2: 基于无监督域自适应的白内障眼底图像增强的对比实验可视化图像

图 6 是论文中的增强算法对比图，其中(a)是白内障图像，(b)是清晰眼底图，(c)暗通道先验^[40]的结果，(d)是文献^[27]的结果，(e)是文献^[20]的结果，(f)是文献^[37]的结果，(g)是提出的算法。所提出的算法在结构保持和颜色色彩上对比其他算法具有优势。

(2) 白内障眼底图像增强的领域泛化算法的已完成工作

无标签的白内障眼底图像的图像增强算法使用了领域自适应技术，因此需要在训练时将目标域数据输入到模型中。然而在临床场景下，基于当前场景收集白内障眼底图像数据并训练十分繁琐，因此引入领域泛化来简化模型并增强模型的泛化性能。目

前已完成了对领域泛化的调研，并正在实验当中。

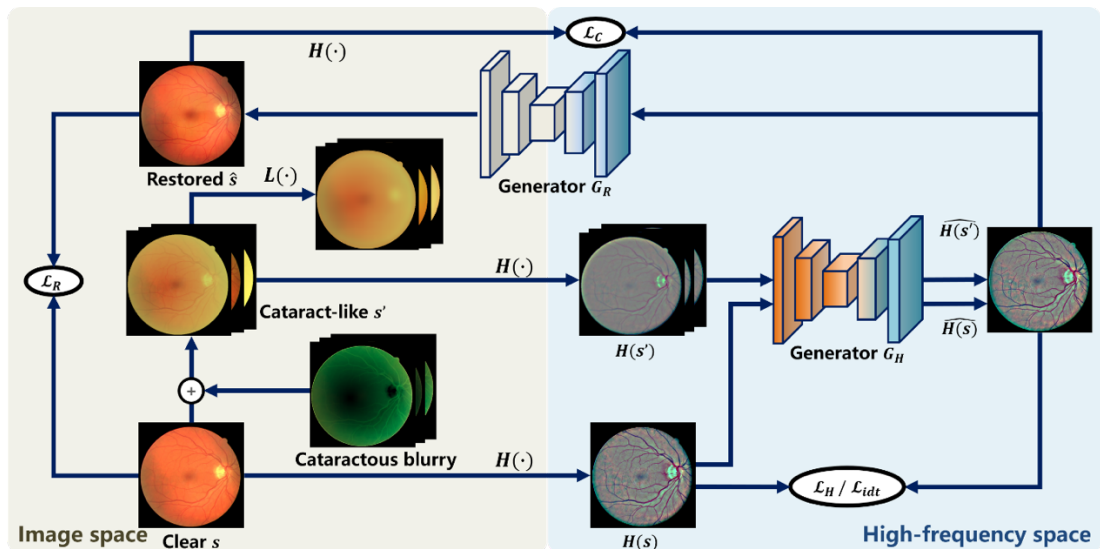


图 3: 白内障眼底图像增强的领域泛化算法网络结构

图 3 是投稿论文的思想和网络结构图，文章中提出了白内障眼底图像退化模型和高频成分提取器，利用高频成分提取器提取白内障眼底图像的领域不变特征，之后使用卷积神经网络对齐高频成分的领域特征，最后使用卷积神经网络将对齐后的高频成分重建到清晰眼底图像。

(3) 基于先验知识的白内障眼底图像的血管分割算法的已完成工作

眼底图像分割利用了图像分割中的语义分割技术，目前已完成对图像分割算法的调研，完成了图像分割算法调研一篇，并设计了白内障眼底图像分割的初步思路。在实验上已完成了利用基础分割网络和 DRIVE 数据集分割的基准实验，并且已经收集了多个眼底图像分割的数据集，以备未来使用的使用。

二、项目研究内容（包括 1.具体研究内容；2.拟解决的关键问题；3.项目可行性分析）

1.具体研究内容

在白内障眼底图像的辅助诊断中，由于白内障患者的眼底图像质量低下，医生难以进行有效的观察和分析。本研究针对此难题，拟提出无标签的白内障眼底图像增强算法、白内障眼底图像增强的领域泛化算法和基于先验知识的白内障眼底图像的血管分割算法。

1.1 无标签的白内障眼底图像的图像增强算法

在构建白内障增强模型时，由于配对的白内障眼底图像和术后的清晰眼底图像数据难以采集，缺乏配对的数据进行训练和评价；白内障眼底图像十分模糊，然而诊断眼底病变则需要清晰的眼底结构和病变区域；利用模型合成的数据与真实图像具有较大差异，会影响增强模型的性能。基于以上难点，拟提出如图 4 的无标签的白内障眼底图像的图像增强算法：

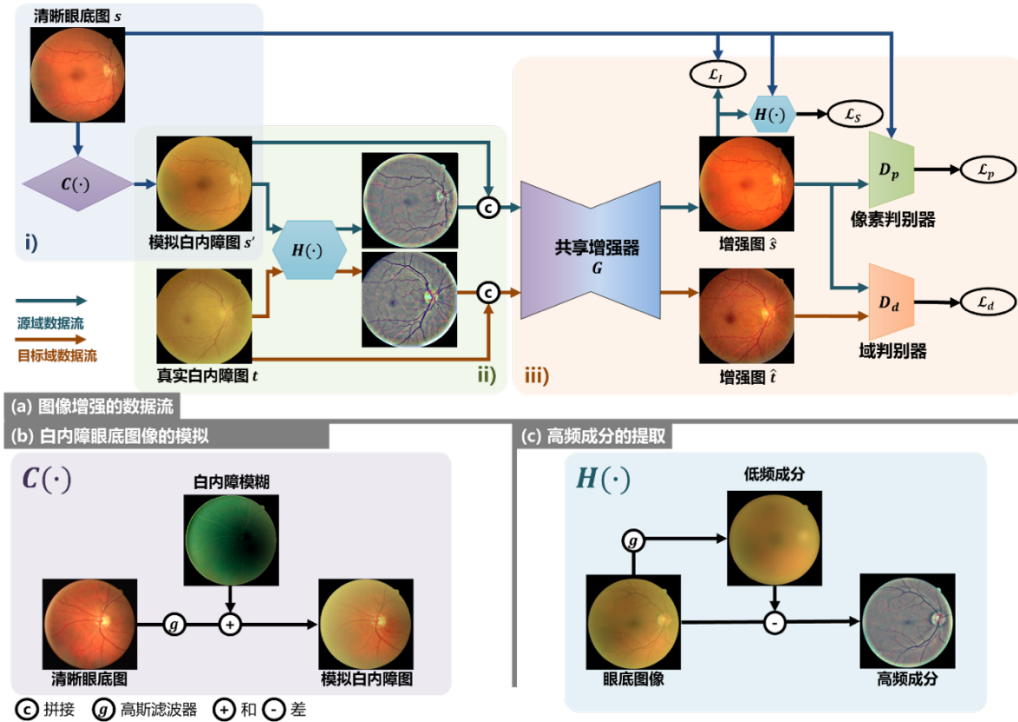


图 4：无标签的白内障眼底图像的图像增强算法

该模型主要由三个部分组成：

- (1) 白内障眼底图像质量衰退模型 $C(\cdot)$ ：由于模型的训练需要配对的白内障和清晰眼底数据对标签，因此利用白内障光学模型构建白内障眼底图像质量衰退模型，以生成模拟标签对来训练；
- (2) 高频成分提取器 $H(\cdot)$ ：为了提取眼底图像中眼底结构和病变区域，构建高频提取器提取领域不变特征；
- (3) 基于领域自适应和生成对抗网络的白内障眼底图像增强模型：利用领域自适应技术减少域差异带来的模型性能下降，利用对抗训练以提升增强后图像的真实性。

1.2 白内障眼底图像增强的领域泛化算法

为了使白内障眼底图像增强模型适用于临床场景，模型需要减少对临床数据的依赖；模型需要提取不同白内障眼底图像的领域不变性并进行领域对齐，提升模型的泛化性能；模型需要基于增强的高频成分重构眼底图像的能力，并将其推广至低质量眼底图像中。根据以上要求，拟开发白内障眼底图像增强的领域泛化算法，其大致结构如图 5 所示：

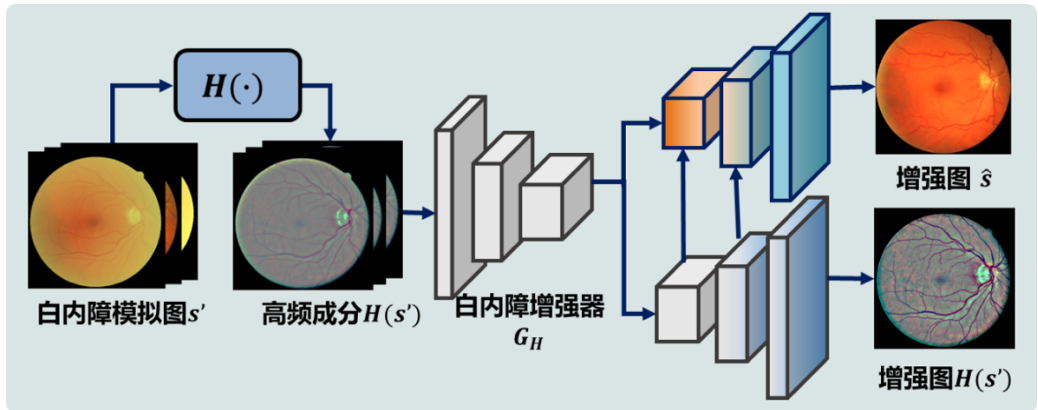


图 5：白内障眼底图像增强的领域泛化算法

该模型将由以下的部分组成：

- （1）结合领域随机化的白内障眼底图像质量衰退模型 $C(\cdot)$ 和高频成分提取器 $H(\cdot)$ ：利用衰退模型的随机性构造数据对，再利用高频成分提取器提取领域不变特征；
- （2）高频空间上的增强模块：在高频成分上进行领域对齐，提高模型提取领域不变特征的能力以提高鲁棒性；
- （3）端对端的白内障眼底图像重构模块：结合增强的高频特征，重构图像至清晰眼底的图像风格。

1.3 基于先验知识的白内障眼底图像的血管分割算法

为了实现白内障的临床辅助分析，需要将白内障眼底图像增强算法应用在计算机辅助诊断算法设计中，因此拟将图像增强算法应用在白内障眼底图像的血管分割中，开发基于先验知识的白内障眼底图像的血管分割算法，大致的框架如图 6 所示：

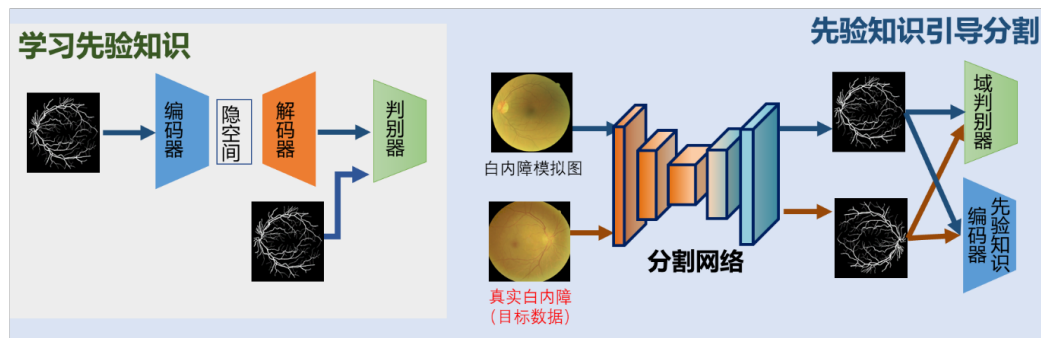


图 6：基于先验知识的白内障眼底图像的血管分割算法

该模型将由以下的部分组成：

- （1）引入眼底解剖结构先验信息结构，引导白内障眼底图像分割模型进行有效的血管分割；
- （2）基于领域自适应技术的对抗训练，对齐模拟白内障眼底图像和真实白内障眼底图像，提升算法在真实白内障眼底图像上的性能；
- （3）结合白内障模拟模型和白内障分割模型，辅助医生对白内障患者进行更有效的临床分析。

1.4 白内障眼底图像增强系统

基于以上三种模型，本项目拟建立一个简单易用的白内障眼底图像增强系统，能够快速并实时的对眼底图像进行增强，并可以实现图片批量增强，多层次对照等功能，协助医务人员进行更加准确的临床诊断。

2.拟解决的关键问题

（1）白内障患者配对的术前模糊眼底图像和术后清晰眼底图像难以获得，如何在数据量小的情况开发合适的去噪算法是本项目要解决的关键问题。

（2）已有的研究提出的白内障噪声模拟算法合成的模拟噪声与真实的白内障噪声有一定的差距，可能导致模型在实际应用中性能不佳，如何解决这一问题为本项目要解决的难点之一。

（3）在获得患者的眼底图像时，由于拍摄角度，环境光，镜头灰尘附着，操作人员的操作经验与能力等因素的影响，拍摄出的图像质量有明显的差异。如何降低上述因素对去噪结果的影响，提高模型的泛化性能是本项目突破的技术难点之

一。

3.项目可行性分析

首先，白内障眼底图像去噪在本质上仍属于图像去噪问题，在该问题的研究上存在众多的场景及其对应的大量模型，本项目中的遇到的关键问题在其他场景下有相关的解决思路和方法。本项目将立足于合适的去噪模型，适应白内障去噪的特定场景并加以改进，因此具有科学上的可行性。

其次，本项目的项目组成员均属于刘江教授 IMED 团队，就科研条件而言，IMED 团队一直致力于人工智能在眼科辅助治疗方面的研究，积累了大量的眼科图像处理经验，拥有本项目研究所需的相关仪器设备，且与国内多所医院开展了合作，有大量优质的眼科图像数据；就项目组的成员个人而言，项目成员均属于同一课题小组，对白内障去噪问题进行了持续的学习和研究，掌握了白内障去噪问题的一般方法，具备完成本项目的条件和能力。

三、项目实施方案（包括 1.项目人员组成及分工；2. 项目研究进度安排：包括查阅资料、选题、自主设计项目研究方案、开题报告、实验研究、数据统计、处理与分析、研制开发、填写结题表、撰写研究论文和总结报告、参加结题答辩和成果推广；3.配套条件要求：包括仪器设备、场地、材料、资料、实验课时及指导教师要求等）

1. 项目人员

（1）组成：

李子南 陈建宇 杨子德 高云舒

（2）分工：

李子南：

陈建宇：

杨子德：

高云舒：

2. 项目研究进度安排

3. 配套条件要求

资料:

- [1] Lee C M, Afshari N A. The Global State of Cataract Blindness[J]. Current Opinion in Ophthalmology, 2017, 28(1): 98–103.
- [2] 何鲜桂, 张睿, 李亚, 等 我国消除白内障盲的回顾和方向[J]. 中华医学杂志, 2018, 098(022): 1731 – 1733.
- [3] Quoc T, Wang J J, Rochtchina E, et al. Systemic and Ocular Comorbidity of Cataract Surgical Patients in a Western Sydney Public Hospital[J]. Clinical and Experimental Ophthalmology, 2004, 32(4): 383–387.
- [4] 赵家良. 提高白内障手术率是我国防盲治盲的当务之急[J]. 中华医学杂志, 2013, 93(047): 3729 – 3730.
- [5] Kumar B V, Phillips R P, Prasad S. Multifocal Intraocular Lenses in the Setting of Glaucoma[J]. Current Opinion in Ophthalmology, 2007, 18(1): 62–66.
- [6] Peli E, Peli T. Restoration of Retinal Images Obtained Through Cataracts[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1989, 8(4): 401–406.
- [7] 赵连凯. 中老年白内障合并眼底病临床分析[J]. 当代医学, 2015, 21(19): 2.
- [8] 赵家良. 我国眼健康事业的回顾与展望[J]. 中华眼科杂志, 2018, 54(008): 561 – 564.
- [9] Li T, Bo W, Hu C, et al. Applications of Deep Learning in Fundus Images: A Review[J/OL]. Medical Image Analysis, 2021, 69: 101971.
- [10] Shen Z, Fu H, Shen J, et al. Modeling and Enhancing Low-Quality Retinal Fundus Images[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2021, 40(3): 996–1006.
- [11] Fu H, Wang B, Shen J, et al. Evaluation of Retinal Image Quality Assessment Networks in Different Color-Spaces[C]//International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. Springer, Cham, 2019: 48–56.
- [12] Raj A, Shah N A, Tiwari A K, et al. Multivariate Regression-Based Convolutional Neural Network Model for Fundus Image Quality Assessment[J]. IEEE Access, 2020, 8: 57810–57821.

- [13]Muddamsetty S M, Moeslund T B. Multi-Level Quality Assessment of Retinal Fundus Images Using Deep Convolution Neural Networks[C]//16th International Joint Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP-2021). SCITEPRESS Digital Library, 2021: 661–668.
- [14]Pratap T, Kokil P. Computer-Aided Diagnosis of Cataract Using Deep Transfer Learning[J/OL]. Biomedical Signal Processing and Control, 2019, 53: 101533.
- [15]Mitra A, Roy S, Roy S, et al. Enhancement and Restoration of Non-Uniform Illuminated Fundus Image of Retina Obtained through Thin Layer of Cataract[J/OL]. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2018, 156: 169–178.
- [16]Foracchia M, Grisan E, Ruggeri A. Luminosity and Contrast Normalization in Retinal Images[J]. Medical Image Analysis, 2005, 9(3): 179–190.
- [17]K. Z. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization[J/OL]. Graphics Gems, 1994: 474–485.
- [18]Setiawan A W, Mengko T R, Santoso O S, et al. Color Retinal Image Enhancement Using CLAHE[C]//Proceedings - International Conference on ICT for Smart Society 2013: ‘Think Ecosystem Act Convergence’, ICISS 2013. IEEE, 2013: 215–217.
- [19]Li C, Fu H, Cong R, et al. NuI-Go: Recursive Non-Local Encoder-Decoder Network for Retinal Image Non-Uniform Illumination Removal[C]//Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia. ACM, 2020: 1478–1487.
- [20]Isola P, Zhu J Y, Zhou T, et al. Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks[C]//2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). IEEE, 2017: 5967–5976.
- [21]Pérez A D, Perdomo O, Rios H, et al. A Conditional Generative Adversarial Network-Based Method for Eye Fundus Image Quality Enhancement[C]//International Workshop on Ophthalmic Medical Image Analysis. Springer, Cham, 2020: 185–194.
- [22]Manakov I, Rohm M, Kern C, et al. Noise as Domain Shift: Denoising Medical Images by Unpaired Image Translation[M]//Domain Adaptation and Representation Transfer and Medical Image Learning with Less Labels and Imperfect Data. Springer, Cham, 2019: 3–10.

- [23] Yoo T K, Choi J Y, Kim H K. CycleGAN-Based Deep Learning Technique for Artifact Reduction in Fundus Photography[J]. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology, 2020, 258(8): 1631–1637.
- [24] Xu Z, Zou B, Liu Q. A Deep Retinal Image Quality Assessment Network with Salient Structure Priors[C/OL]//ICASSP 2020 - 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). SCITEPRESS Digital Library, 2020: 1–27.
- [25] Guo L, Yang J J, Peng L, et al. A Computer-Aided Healthcare System for Cataract Classification and Grading Based on Fundus Image Analysis[J/OL]. Computers in Industry, 2015, 69: 72–80.
- [26] Xiong L, Li H, Xu L. An Enhancement Method for Color Retinal Images Based on Image Formation Model[J/OL]. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2017, 143: 137–150.
- [27] Cheng J, Li Z, Gu Z, et al. Structure-Preserving Guided Retinal Image Filtering and Its Application for Optic Disk Analysis[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2018, 37(11): 2536–2546.
- [28] Cao L, Li H, Zhang Y. Retinal Image Enhancement Using Low-Pass Filtering and α -Rooting[J/OL]. Signal Processing, 2020, 170: 107445.
- [29] You Q, Wan C, Sun J, et al. Fundus Image Enhancement Method Based on CycleGAN[C]//Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS. IEEE, 2019: 4500–4503.
- [30] Zhao H, Yang B, Cao L, et al. Data-Driven Enhancement of Blurry Retinal Images via Generative Adversarial Networks[C/OL]//International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. Springer, 2019: 75–83.
- [31] Ma Y, Liu J, Liu Y, et al. Structure and Illumination Constrained GAN for Medical Image Enhancement[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2021: 667–677.
- [32] Ma Y, Liu J, Liu Y, et al. Structure and Illumination Constrained GAN for Medical Image Enhancement[J/OL]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2021: 667–677.
- [33] Luo Y, Chen K, Liu L, et al. Dehaze of Cataractous Retinal Images Using an

Unpaired Generative Adversarial Network[J]. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 2020, 24(12): 3374–3383.

[34]Park T, Efros A A, Zhang R, et al. Contrastive Learning for Unpaired Image-to-Image Translation[C]//European Conference on Computer Vision. Springer, Cham, 2020: 319–345.

[35]Cheng P, Lin L, Huang Y, et al. Prior Guided Fundus Image Quality Enhancement Via Contrastive Learning[C]//2021 IEEE 18th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). IEEE, 2021: 521–525.

[36]Cheng P, Lin L, Huang Y, et al. I-SECRET: Importance-Guided Fundus Image Enhancement via Semi-Supervised Contrastive Constraining[C]//International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. Springer, Cham, 2021: 87–96.

[37]Jay F, Renou J-P, Voinnet O, et al. Unpaired Image-to-Image Translation Using Cycle-Consistent Adversarial Networks Jun-Yan[C/OL]//Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. IEEE, 2017: 183–202.

[38]M.L. B, P.J. H, J.J. W, et al. Retinal Signs and Stroke: Revisiting the Link between the Eye and Brain[J/OL]. Stroke, 2008, 39(4): 1371–1379.

[39]Li H, Liu H, Hu Y, et al. Restoration of Cataract Fundus Images via Unsupervised Domain Adaptation[C]//Proceedings - International Symposium on Biomedical Imaging. IEEE, 2021: 516–520.

[40]He K, Sun J, Tang X. Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011, 33(12): 2341–2353.

四、项目经费预算（包括大概支出科目、金额、计算根据及理由）

序号	支出科目	预算金额	计算根据及理由
1	调研	0	
2	资料、复印	1000	硒鼓、墨盒、打印、复印费

			等
3	实验材料	2000	购买硬盘等
4	加工测试	0	
5	上机机时费	1000	购买云计算服务器
6	发表论文	6000	版面费
7			
8			
合计		10000	

五、预期成果（研究论文、专著、调研报告、设计方案、专利、软件、产品、成果鉴定等）

- 1. 建立白内障眼底图像增强系统，实时增强图像质量
- 2. 发表 1 篇学术论文

六、本项目的创新之处

- 1. 提出了无标签的白内障眼底图像的图像增强算法，解决了有效数据量少，难以采集的问题，使模型能有效的进行无监督学习。
- 2. 对白内障眼底图像增强进行了领域泛化，减少了模型对临床数据的依赖，使得模型在真实使用场景中也能进行准确的分割。
- 3. 在多种模型的支持下，本项目拟设计一个人机交互系统，能够实时地对临床眼底图像进行增强，并提供多种辅助功能和说明，帮助医务人员进行更加准确的判断，降低医务人员的诊断难度。

七、项目诚信承诺

本项目负责人和全体成员郑重承诺，该项目研究不抄袭他人成果，不弄虚作假；按项目研究进度保质保量完成各项研究任务。

项目负责人签名：

项目组成员签名：

年 月 日

年 月 日

八、指导教师意见（包括项目研究的选题意义及研究方案的科学性、可行性等）

指导教师签字：

年 月 日

九、院、系初审意见
<div>负责人签字：年 月 日</div>
十、学校意见
<div>负责人签字：（盖 章） 年 月 日</div>