

白内障患者眼底影像增强系统

李子南
12011517

高云舒
12010205

张霄天
12011715

I. 研究背景

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]。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，本项目拟结合无标签的白内障眼底图像的图像增强算法，开发白内障眼底图像增强系统，帮助医务人员进行更准确的疾病诊断。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 3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) 目前业界缺乏面向非计算机行业人员的，简单易用的增强系统。目前已有的眼底图像增强模型能够较好的增强白内障患者的眼底图像，将眼底图像增强模型实际应用到白内障患者的临床诊断中能够帮助医务人员进行更为准确的诊断程，降低手术的风险，增强临床的治疗效果。

II. 项目研究内容

A. 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

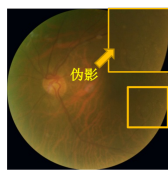


图 1. 术前

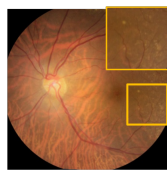


图 2. 术后

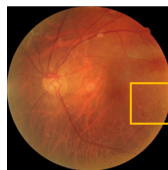


图 3. 术前算法增强

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：

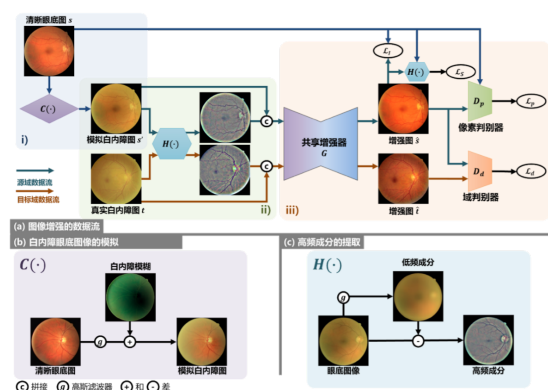


图 4. 无标签的白内障眼底图像的图像增强算法

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。

B. 白内障眼底图像增强系统



图 5. 系统界面示意图

基于上述模型，本项目计划将其进行整合优化并建立一个简单易用的白内障眼底图像增强系统，其用户界面如图 5 所示。通过无标签增强算法达成对白内障患者眼底图片的实时增强，用户可以根据需要调整模型及下载图片。系统包含实现图片批量增强，多层次对照等功能，同时在系统中提供医生反馈功能，医生可以根据自己的临床经验对眼底图片增强效果进行反馈，以便进一步优化系统。同时该系统可以在经过医生同意后采集眼底图像并上传，用于进一步的科研需求。

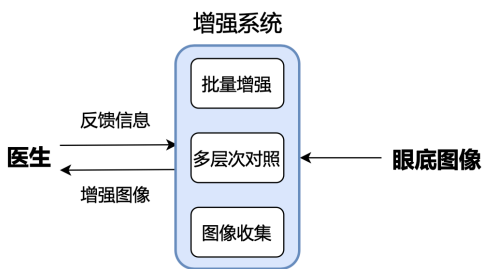


图 6. 系统功能示意图

III. 项目实施方案

A. 项目分工

李子南：眼底图像增强系统开发与模型对接
高云舒：眼底图像增强算法复现与实验
张霄天：眼底图像增强系统开发与测试

B. 项目预期成果

软件著作权一项

C. 项目研究进度安排

2022.8-2022.10: 调研课题
2022.10-2022.11: 复现无标签的白内障眼底图像的图像增强算法
2022.11-2022.12: 开发白内障眼底图像增强系统
2022.12-2023.1: 模型对接与系统调试

D. 数据集

avrrdb, chasedb, hrf, drive 等眼底图像数据集

参考文献

[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, Rohtchina 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.