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： 多模态图像下白内障疾病智能分级的研究

项目负责人： 赵 宇 航

所在院系： 计算机科学与工程系

专业班级： 19计算机科学与技术

联系电话： 13633866862

E - mail： 11910711@mail.sustech.edu.cn

指导教师: 刘江 职称 教授

申请日期： 2021 年 4 月 25 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 | 多模态图像下白内障疾病智能分级的研究 | | | | | | | | | | | |
| 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 | 10000元 | | | | | | 项目起止时间 | | 2021年3月至2022年7月 | | | |
| 项  目  负  责  人 | 姓 名 | 赵宇航 | | | 性别 | 男 | | 出生年月 | | 2001年8月11日 | | | |
| 专业年级 | 大二 | | | | | | 学院（系、部） | | 计算机系 | | | |
| 学分绩点及专业排名 | 3.72（29/87） | | | | | | 电 话 | | 13633866862 | | | |
| 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 | |
| 巫晓 | 男 | 2001年3月 | 大二 | | | 计算机系 | | 诊断平台系统设计与搭建等 | | |  | |
| 徐格蕾 | 女 | 2001年6月 | 大二 | | | 计算机系 | | 白内障分级数据处理与统计计算等 | | |  | |
|  |  |  |  | | |  | |  | | |  | |
|  |  |  |  | | |  | |  | | |  | |
| 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 | |
| 章晓庆 | 男 | | 1993.10 | | | 助教 | | 硕士 | | 硕士 | 人工智能 | |
| 电 话 | 18758319186 | | | | | E-mail | | liuj@sustech.edu.cn | | | | |
| 1. 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**  眼睛是人类接受和感知外界信息的重要器官。随着电子产品使用频率的增加，眼睛疾病的产生正在趋于年轻化。白内障作为一种最主要的眼科疾病，正严重损伤着很多人的视域与视力，甚至致盲。世界卫生组织在2019 年发布的《世界视力报告》指出，全球视力损伤或失明人数高达 22 亿人以上，其中至少 10 亿人的视力损伤问题可预防或尚待解决。而我国是全世界盲人数量最多的国家，约有 500 万盲人，占全世界的 18%，且这一数量以每年 45 万人增加。而根据柳叶刀最新的视觉健康研究综述，由于白内障的发病率随着年龄增长而上升，随着社会人口的老龄化，白内障在2035年将会成为导致视觉损伤和致盲的首要疾病。  在临床上，白内障表现为眼睛的晶状体结构发生浑浊，与老化，遗传、局部营养障碍、免疫与代谢异常，外伤、中毒、辐射等因素有关。依据晶状体形成混浊的位置不同，从内到外可分为：皮质性白内障（cortical cataract, CC）、核性白内障（nuclear cataract, NC）、后囊性白内障（posterior subcapsular cataract, PSC）。白内障导致的视力损伤可以通过白内障手术来改善视力和通过药物来缓解病情发展。但由于医生患者数量的不均衡，以及不同地区医疗条件的不同；据统计，我国只有百分之三十的白内障患者可以接受早期诊断并接受有效的治疗，医生与患者的比例紧张。在《“十三五”全国眼健康规划》中也有着重提到：在经济条件较为落后的农村地区，能够得到及时诊断治疗的患者更加微乎其微，农村贫困人口白内障致盲仍是一个重要问题。因此，我国亟需一种高效便捷的白内障图像筛查算法，在短时间内对大量图像进行白内障的诊断与分类、分级，以便于患者在最短的时间得到诊断结果并及时治疗。  **2.** **国内外研究现状与存在的问题**  为了提高白内障诊断效率，已有不少学者提出计算机辅助诊断方法。研究学者已经在多种眼科图像模态下提出了不少机器学习和深度学习方法用于白内障自动分类和筛查。文献[1,2]基于裂隙灯图像提出了一个核性白内障自动诊断系统，由晶状体核性区域检测、像素特征提取、和分级预测算法三部分组成，在ACHIKO-NC数据集的结果表明，提出的核性白内障自动分级系统取得0.36的平均误差。Xu等人[3]也在ACHIKO-NC裂隙灯数据集进行核性白内障分类，使用群稀疏回归算法并取得了83.4%准确率。文献[4]在超声图像上利用支持向量机进行核性白内障分类并达到95%的准确率，但所用的超声图像数据集来自动物且样本量较小。国内学者李慧琪等人[5]在眼底图像上通过改进Haar小波变换算法实现白内障精准筛查。  近年来，研究学者在眼科图像模态下逐渐采用深度学习方法进行白内障分类。相比于机器学习方法，深度学习方法能自动和更有效地提取特征表达信息。Gao等人[6]基于裂隙灯图像提出卷积神经网络（convolutional neural network, CNN）和循环神经网络（recurrent neural network，RNN）混合模型用于核性白内障分类并取得了82.5%准确率。文献[7]利用Faster RCNN网络框架实现端对端的核性区域自动检测和核性白内障分级，并取得83.5%准确率。中山大学刘志宏团队[8]基于裂隙灯图像提出了一个基于深度学习的先天性白内障筛查平台，并取得了不错的筛查结果。Xu等人[9]在眼底图像下提出了一个总体局部混合卷积神经网络，通过融合不同部分病理信息，实验结果表明总体局部混合卷积神经网络的筛查结果优于以前的方法。杨志强等人[10]同样在眼底图像下提出了深度神经网络用于白内障筛查并取得不错的结果。    图1：不同类型白内障的病理特点  虽然国内外已经有很多算法可以获得很高的诊断率，但目前的计算机辅助诊断方法都基于单模态眼科图像，得出的结果具有较强的主观性和不确定性，且无法准确识别出不同白内障的类型。这使得现实中在不清楚白内障类型的情况下，诊断的过程较为繁琐，且不确定因素增大。为了解决以上缺点，本项目拟基于多模态眼科图像采用人工智能方法对白内障进行自动诊断。多模态眼科图像可以结合眼底图像、裂隙灯图像、OCT图像等特征提取的优势，从不同的角全方位分析病人的病理特征。因此多模态眼科图像往往能更精确的对图像进行白内障的种类判断与分级。  **3.** **自身具备的知识条件、特长、兴趣、相关经历**  我们三人目前皆就读于南方科技大学计算机科学与工程系，有着良好的计算机基础，熟悉Java、C++、Python、Matlab等多种语言以及机器学习的诸多基础算法。我们都对AI医疗这个富有未知与挑战的领域充满兴趣，目前在刘江教授课题组进行科研活动。在加入课题组的一年里，我们对白内障这一眼科疾病的病理知识有了充分的了解、阅读了大量白内障分级算法的文献、做了充足的白内障图像的数据处理工作，熟悉白内障的各类眼科图像。我们在日常的学习与思考中也产生了基于多模态图像对白内障进行分类分级的一个较为清晰的思路。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**  面对白内障疾病诊断的困难、中老年人群中的白内障的高发率以及眼科医生资源的缺失，我们查阅了相关文献和资料，认为在近年来机器学习和深度学习的飞速发展的情况下，使用计算机优秀的计算资源来辅助诊断是可行的。  传统方式下，白内障分级是仅通过裂隙灯产生的图像——即单模态判断的，但是裂隙灯产生的图像成像片面，判断人员的主观性会对结果产生较大影响。我们尝试使用光学相干断层扫描技术 （Optical Coherence Tomography，简称 OCT），一种非接触式可以安全快速获取轴向和横向空间高分辨率信息的成像技术来辅助裂隙灯图像。使用AS-OCT(前节OCT)可以获取眼部的三维信息，消除裂隙灯图像的劣势，使医生能够更加客观地判断患者白内障的等级以及病灶区域。但目前并没有太多基于OCT图像的白内障的人工智能分级的研究。  由于单模态数据具有主观性、不确定性等因素，本项目计划使用包括AS-OCT在内的多模态图像进行白内障分级模型的训练，设计一种能够快速、准确对患者白内障等级进行评级的人工智能算法模型。  刘江教授课题组将会为我们提供数据和技术支持，最终开发一种白内障疾病人工智能智能分级算法来辅助医生诊断白内障疾病辅助医生诊断并评级白内障疾病，为白内障治疗做出贡献。在获得有效的智能分级算法后，我们也计划开发一个线上诊断平台，将研究结果与专家知识库相结合，搭建一个医学人员“可用的”白内障诊断系统。 | | | | | | | | | | | | | |
| 二、项目研究内容（包括1.具体研究内容和技术考核指标；2.拟解决的关键问题；3.项目可行性分析）  **1.****具体研究内容和技术考核指标**  （1）多模态眼科影像数据采集系统  从合作医院采集白内障不同影像模态数据，并由经验丰富的眼科医生基于临床诊断金标准给出每个受试者眼科图像的白内障严重程度等级。对采集的数据进行整理，并对图像质量进行评估，剔除质量较差的图像，并构建白内障多模态眼科图像数据库。搭建白内障多模态眼科图像标注系统，方便医生进行快速标注和对数据进行整理。    图2：多模态眼科影像数据采集系统结构图  （2）多模态白内障AI诊断模型  本项目拟构建一个多模态白内障AI诊断模型，由基于临床特征的机器学习预测模型和多区域融合注意力深度神经网络构成，使预测结果既有较高的准确率，又有较好的可解释性。在基于临床特征的机器学习预测模型中，参考白内障临床基础研究工作，本项目拟提取晶状体的宽度和厚度、图像像素均值和密度等临床特征。基于这些提取到的临床特征，本项目拟采用皮尔逊相关系数进行特征重要性和相关性分析，剔除不重要特征并保留重要特征，再将其放入支持向量机中进行学习，得到预测结果。    图3：多模态白内障AI诊断模型结构图  本项目还拟构建一个多区域融合注意力网络模型（multi-region fusion attention network，MRA-Net），在这个模型中设计一个区域融合注意力模块（multi-region fusion attention block， MRA），来动态地学习和融合白内障图像的不同部分特征表达信息。多区域融合注意力机制模块由2个部分组成：多区域融合结构和全连接层（Fully-connected layer，FC）。图3给出了一个区域融合注意力机制模块示例图，融合区域为特征图的上半部分（U\_top）和下半部分（U\_bottom），分别代表了核性区域上下两部分的特征表达信息。在多区域融合结构中，本项目先将每个特征图像分为上下两部分，然后通过全局平均池化层对特征图像的上下两部分分别进行压缩操作，从而得到两个部分的全局特征表达值，其定义如下：  , （1）  , （2）  其中，H和W表示特征图的高和宽， 分别表示特征图上半部分（top half）和下半部分（bottom half ）的特征表达信息。  在进行完压缩操作之后，是区域融合操作。本项目通过设计相加操作进行区域融合。相加操作是对特征图上下两部分的特征表达值进行相加，其定义如下：  , （3）  全连接层结构包含两个全连接层：第一个全连接层的作用是构建不同特征图像之间的依赖关系；第二个全连接层是用来激励，赋予特征图像的不同重要程度，重要程度 s 可以通过以下公式计算：  , （4）  其中，Fex 表示激励操作，和分别表示两个全连接层的权重矩阵；和表示Relu和sigmoid激活函数；s 是该操作刻画的特征图像的重要程度与每个特征图像相乘，得到加权以后的特征图像的特征表达信息。  为了验证相加操作的区域融合效果，本项目还采用了拼接（Concatenation）融合操作。拼接是指将特征图像的上下部分当做两个不同特征图像，并通过以下公式进行拼接：  , （5）  本项目提出的多区域融合注意力机制模型以残差卷积神经网络（residual convolutional neural network，ResNet）模型为基础网络框架，因为 ResNet 在很多分类任务中取得了不错的预测结果。本项目将多区域融合注意力模块与残差连接模块进行融合，形成多区域融合残差模块，不仅能自动地学习和调整特征图像不同部分的特征表达信息，还能缓解网络退化问题。图3也给出了一个多区域融合残差模块，由一个残差和一个多区域融合注意力机制模块构成。与现有 CNN 模型相比，MRA-Net 采用全局池化层（global average pooling，GAP）替代全连接层，GAP 与全连接层相比能取得相近的分类结果，并且不需要参数；分类器是已经被广泛地应用在深度神经网络模型作为分类器 softmax 函数，预测不同严重程度的白内障。  最后将基于临床特征的机器学习预测结果和多区域融合注意力深度神经网络的预测结果集成，得到最终的白内障疾病诊断预测结果，用于辅助医生进行诊断。  （3）人机协同诊断平台  本项目拟采用人机协同诊断平台，主要分为两个部分：交互反馈系统以及诊断系统。交互反馈系统提供结果可视化和医生反馈功能。医生基于规则驱动和数据驱动在功能显示界面上选择相应的命令功能，并通过可视化界面返回查询结果，供医生参考和选择，并且医生可以结合自己的临床经验，输入反馈信息，算法将根据医生的反馈进行优化输出结果。诊断系统中，专家知识库提供一些疾病诊断资料和解决方案，根据疾病诊断系统的预测结果和医生的诊断结果，推荐合适治疗方案。AI分析模块基于算法模型提供疾病诊断预测功能，根据不同命令，调用不同疾病分析算法和计算服务功能。    图4：诊断平台结构图  **2.拟解决的关键问题**  （1）参考相关医学数据存储标准如何制定多模态白内障图像数据采集和存储规范，如何构建一个多模态白内障眼科图像数据库并实现白内障数据的动态管理和扩展，这是本项目需要解决的难点之一。  （2）研究白内障的病理信息和多模态的成像特点，如何基于不同模态图像的白内障病理成像信息构建一个准确率高且具有可解释性的白内障AI诊断模型是本项目需要突破的技术难点之一。  （3）基于实际临床诊断场景和医生的需求，如何设计一个具有交互式的人机协同诊断平台以提高医生的诊断效率是本项目需要解决的第三个难点问题。  **3.项目可行性分析**  项目成员隶属于刘江教授领导的南方科技大学IMED团队，深耕眼科图像和人工智能方向十多年，是国际上处理眼科图像的一流团队。刘江教授为南方科技大学计算机科学与工程系教授。IMED团队有着六十多名研究人员，在眼科疾病医疗方面发表过三百余篇论文，拥有着六十余项技术专利，并且与医院有着密切合作，有着大量的优质眼科医疗影像数据。而研究团队成员既有计算机工程师，也有医生，其知识结构具有互补性。  项目成员所在的刘江教授IMED团队小组是国际上最早开始研究白内障智能诊断领域的团队之一，可为本项目的研究提供技术和临床指导。  本项目的研究方法都可以使用数学模型来解释。从医学的角度上看，白内障病理特征会使得晶状体变浑浊，体现在眼科图像中就是亮度变高，且其平均亮度与患病等级存在某种关系。从算法角度上来说，本项目可以结合多模态眼科图像，融入基于临床特征的机器学习方法和多区域融合注意力机制深度神经网络，对图像进行分级处理。 | | | | | | | | | | | | | |
| 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：  赵宇航 巫晓 徐格蕾  （2）分工：  赵宇航：白内障多模态影像采集与预处理、诊断算法设计  巫晓：诊断算法设计、诊断平台系统设计与搭建  徐格蕾：诊断算法设计、白内障分级数据处理与统计计算  **2. 项目研究进度安排**  2021.3-2021.4：背景资料查阅以及论题确定  2021.4-2021.6：规划研究路线与具体研究方案  2021.9：项目开题报告  2021.9-2021.10：白内障多模态图像的采集与预处理  2021.10-2021.12：白内障诊断算法设计与结果检验，进行数理统计  2022.2-2022.5：通过前期算法的实验结果进行白内障诊断平台的搭建  2022.6：撰写结题报告与研究论文  2022.7：参加结题答辩  **3. 配套条件要求**  白内障多模态图像数据：与刘江老师课题组共用数据集  资料：  [1]  Li H , Lim J H , Liu J , et al. Towards automatic grading of nuclear cataract.[C]// International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society. IEEE, 2006.  [2]  Li H , Lim J , Liu J , et al. A Computer-Aided Diagnosis System of Nuclear Cataract[J]. IEEE transactions on bio-medical engineering, 2010, 57(7):1690.  [3]  Xu Y , Gao X , Lin S , et al. Automatic Grading of Nuclear Cataracts from Slit-Lamp Lens Images Using Group Sparsity Regression[C]// International Conference on Medical Image Computing & Computer-assisted Intervention. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.  [4]  Caixinha, Miguel, Amaro, et al. In-Vivo Automatic Nuclear Cataract Detection and Classification in an Animal Model by Ultrasounds.[J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2016, 63(11):2326-2335.  [5]  Cao L , Li H , Zhang Y , et al. Hierarchical method for cataract grading based on retinal images using improved Haar wavelet[J]. Information Fusion, 2019.  [6]  Gao X , Lin S , Wong T Y . Automatic Feature Learning to Grade Nuclear Cataracts Based on Deep Learning[J]. IEEE transactions on bio-medical engineering, 2015, 62(11):2693-2701.  [7]  Xu C , Zhu X , He W , et al. Fully Deep Learning for Slit-Lamp Photo Based Nuclear Cataract Grading[C]// MICCAI. 2019.  [8]  Long E , Lin H , Liu Z , et al. An artificial intelligence platform for the multihospital collaborative management of congenital cataracts[J]. Nature Biomedical Engineering, 2017.  [9]  Xu X , Zhang L , Li J , et al. A Hybrid Global-Local Representation CNN Model for Automatic Cataract Grading[J]. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 2020, 24(2):556-567.  [10]  Li J, Zhang L, Zhang L, Yang J, Wang Q. Cataract recognition and classification based on deep learning [J]. Journal of the Second Milit  [11] X.Q.Zhang, J.S.Fang and Z.J.Xiao, "Research on classification algorithms of nuclear cataract based on anterior segment coherence tomography image,"[J] Computer Science,2020  [12] Penny A Asbell, Ivo Dualan, Joel Mindel, Dan Brocks, Mehdi Ahmad, Seth Epstein,"Age-related cataract,"[J],Thelancet,2005  [13] Xiao C M, MA H. Nursing cooperation of posterior chamber phacoemulsification and intraocular lens implantation [J].Practical blind prevention technology,2019,14(03):131-132+112.  [14] Alex Krizhevsky, IIya Sutskever, Geoffrey Hinton. Imagenet classification with deep convolutional neural networks//Proceedings of Advances in Neural Information Processing Systems, Lake Tahoe, USA , 2012:1097-1105  [15] Gao Li-Gang, Chen Pai-Yu, Yu Shi-Meng. Demonstration of convolution kernel operation on resistive cross-point array. IEEE Electron Device Letters, 2016,37(7):870-873  [16] CAIXINHA M, VELTE E, SANTOS M, SANTOS JB. New approach for objective cataract classification based on ultrasound techniques using multiclass SVM classifiers[C]//IEEE International Ultrasonics Symposium. IEEE, 2014: 2402-2405.  [17] FAN W, SHEN R, ZHANG Q, YANG J J, LI J.Principal component analysis based cataract grading and classification[C]//2015 17th International Conference on E-Health Networking, Application & Services. IEEE,2016: 459-462  [18] Fu H, Xu Y, Lin S, et al. Segmentation and Quantification for Angle-Closure Glaucoma Assessment in Anterior Segment OCT[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2017, 36(9):1930-1938.  [19] Gali, Helena E, Sella, Ruti, Afshari, Natalie A. Cataract grading systems: a review of past and present[J]. Current opinion in ophthalmology, 2019, 30(1):13-18.  [20] Chylack L T , Wolfe J K , Singer D M , et al. The Lens Opacities Classification System III[J]. 1993.  [21] Cao G, Zhao W, Higashita R, et al. An Efficient Lens Structures Segmentation Method on AS-OCT Images[C]//2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC). IEEE, 2020: 1646-1649.  [22] Woo S, Park J, Lee J Y, et al. Cbam: Convolutional block attention module[C]//Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV). 2018: 3-19.  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.搭建多模态图像下白内障疾病智能分级的系统。  2. 至少发表期刊或会议论文一篇。  六、本项目的创新之处  1.构建一个多模态眼科影像数据采集系统并搭建标注系统，方便医生进行快速标注和对数据进行整理，使之能够进一步满足医院所需。  2.提出了一个多模态白内障AI诊断模型，结合多模态眼科图像，融入基于临床特征的机器学习方法和多区域融合注意力机制深度神经网络，为医学人员的诊断提供可靠依据。  3.在图像分级之后，本项目还预计设计一个人机交互系统，来将分级结果以清晰的展现给医生。并利用已有的专家知识库对该结果进行分析，为医生提供建议以及治疗方案。对白内障疾病早发现、早治疗，对降低医疗成本做出贡献，提高医生对白内障诊断的准确度与效率。 | | | | | | | | | | | | | |

|  |
| --- |
| 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 |
| **负责人签字：**  **年 月 日** |
| 十、学校意见 |
| **负责人签字：**  **（盖 章）**  **年 月 日** |