

· 专家述评 ·

重视我国眼科人工智能发展面临的机遇和挑战

袁进 李萌

中山大学中山眼科中心 眼科学国家重点实验室, 广州 510060

通信作者: 袁进, Email: yuanjincornea@126.com

【摘要】 “人工智能(AI)+医疗”的结合为提升医疗质量、创新临床模式提供了新的思路,眼科 AI 的研究方兴未艾,但是当前眼科 AI 研究面临的挑战是:高质量、标准化眼科图像数据库缺乏;眼科 AI 算法创新能力不足;眼科 AI 系统的通用性欠缺;眼科 AI 研发的创新方向单一和局限。推动我国眼科 AI 研究发展的思路与策略包括:建立标准化、特征信息关联的眼科影像数据库及管理系统;加强 AI 创新性算法研究;研发覆盖多场景、多通道、多层次的眼科 AI 系统;探索眼科 AI 应用的创新模式。通过交叉协作,协同创新,结合虚拟现实、移动 5G、功能成像、智能可穿戴设备等变革性技术的发展,以及中国脑科学计划、类脑功能研究的启动,推动我国眼科 AI 的跨越式发展。

【关键词】 眼科; 人工智能; 机遇/挑战

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0112400、2017YFC0112405)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.08.002

Attach importance to the opportunities and challenges facing the development of ophthalmic artificial intelligence in China

Yuan Jin, Li Meng

Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, State Key Laboratory of Ophthalmology, Guangzhou 510060, China

Corresponding author: Yuan Jin, Email: yuanjincornea@126.com

【Abstract】 The combination of “artificial intelligence (AI) + medical” provides new ideas for improving medical quality and innovating clinical diagnosis and treatment modes. The research of AI in ophthalmology is in the ascendant, however, the current challenges of ophthalmic AI research remains; the lack of high quality and standardized ophthalmic image database; the insufficiency of innovative ophthalmic AI algorithms; the versatility of ophthalmic AI system is deficient; the innovation direction of ophthalmic AI research and development is single and limited. The ideas and strategies for promoting the development of ophthalmic AI research in China include: establishing standardized ophthalmic image database and management system; strengthening researches on AI innovative algorithms; developing ophthalmic AI system for multiple scenarios, multiple channels and multiple levels; exploring innovative ophthalmic AI application modes. Only by cross-collaboration and collaborative innovation, combined with virtual reality, mobile 5G, functional imaging technologies, smart wearable devices and other transformative technologies, as well as the Chinese brain science program and brain-like function research, can we promote the leap-forward development of Chinese ophthalmic AI.

【Key words】 Ophthalmology; Artificial intelligence; Opportunities, challenges

Fund program: National Key R&D Program of China (2017YFC0112400, 2017YFC0112405)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.08.002

人工智能(artificial intelligence, AI)是指应用机器模仿人类或类人类大脑功能的能力,去学习问题和解决问题^[1]。近年来随着基于神经网络自然语言处理、对抗神经网络、DuerOS 对话式 AI 技术的突破,在互联网大数据平台的支撑下, AI 发展迅猛。不论是科研机

构还是创新企业,都在致力于不断探索 AI 的创新模式和应用前景。斯坦福大学 2017 年在 Nature 上发表研究成果,证实通过对 129 450 张图片包含 2 032 种疾病类型的临床影像数据的学习,形成了针对皮肤癌的 AI 算法,准确率可达 91% 以上^[2]。Gulshan 等^[3]在 JMMA

上也发表了通过对 128 175 例眼科医生标记眼底照片的学习,可获得对糖尿病视网膜病变进行筛查的 AI 系统,灵敏度和特异度均可达 90% 以上。刘奕志教授团队在不同层级医生中验证了白内障 AI 诊断系统的准确性,经过良好训练的 AI 系统诊断准确率与具有丰富临床经验的高级职称眼科医生相当^[4]。在众多专业领域中,医疗领域已被认为是 AI 应用的最佳模式之一,借助于其高效、准确的特点,有望解决医疗资源不足、医生培养周期长、医疗质量层次不齐等医疗行业的痛点。“AI+医疗”的结合为提升医疗质量、创新医疗模式的改革提供了新思路。眼科影像资源丰富,成为 AI 医疗落地应用的热点行业。目前,国内从事眼科 AI 系统研发的机构和企业众多,2018 年 4 月,世界首款使用 AI 技术检测糖尿病患者视网膜病变的医疗设备 IDx-DR 获得美国 FDA 批准,这一进展提升了眼科 AI 系统研发的热度。然而,在医疗领域的数字化进程不断向纵深方向推进,逐渐向智能医疗阶段迈进的过程中,面对 AI 发展所面临的瓶颈与挑战需要更多的思考。

1 我国眼科 AI 系统发展面临的挑战

1.1 高质量、标准化眼科图像数据库缺乏

实现“AI+医疗”的三大核心要素是“数据、算力、算法”,其中高质量、标准化的数据来源是前提和必要条件。医学影像数据不仅是算法搭建的基础,其数据的质量和数量也影响着算法的效率和准确程度。眼是结构精密的光学组织,在临床上有来自眼部照相、眼前后节光相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)、眼科造影等各种影像检查平台数据,现阶段眼科 AI 研究所需的大批量影像数据主要来自 2 个渠道,一是临床医疗机构自有数据,另一是来自网络公共数据库。研究团队针对研究眼科疾病类型建立了大小不等的数据库,并且制定了内部数据标准和使用规范,但是由于各团队数据来自不同成像设备,数据库构建、标注标准、标注医生水平及规范并不尽相同,缺乏统一标准规范的数据库成为了“数据孤岛”,导致基于不同数据库建立的算法在临床实际应用中的表现存在优劣差异。而来自网络公共数据库的眼科医学数据缺乏必要的特征关联信息,如患者病史、重要症状和体征、相关的辅助检查等,其标注的质量和准确性也无法溯源验证,此外医疗数据的网络公开涉及到的患者隐私和医疗数据安全也需要引起重视。

1.2 眼科 AI 算法创新能力不足

“AI+医疗”落地应用的基本要求是算法准确性,

而大数据运算物质、时间成本的优化是提高计算效率的关键。通过对医疗大数据的标记和学习,在算法模型的不断校验中优化 AI 的效率和准确性是当前 AI 系统研发的主要模式。以 AlphaGo 的模型为例,它包含 2 个卷积神经网络、1 个策略神经网络和 1 个值网络,各使用 50 块图形处理器做算法训练,在此过程中考虑到参数调整和试错或者模型组合,由此产生的物质时间成本是研究机构难以承受的,实际应用中也缺乏时效性,难以突显 AI 本身的优势^[5]。因此从技术层面上来看,医疗 AI 算法尚处于初期阶段,虽然“深度学习”、“神经网络”等技术的出现突破了以往 AI 的技术瓶颈,但相比于现实医疗场景中的信息复杂度、决策多样性和低容错度,AI 的准确性和灵活性仍有待提高。DeepMind 团队采用创新的 AI 算法解决存在的“黑箱”问题,该系统通过在 2 个不同的神经网络间插入可解释性表征而将它们结合起来。第 1 个神经网络是分割网络,通过分析眼 OCT 图像,提供不同类型的眼组织图和疾病特征,如出血、病变等,这种图像可帮助医生了解系统到底是如何“思考”的。第 2 个神经网络为分类网络,用于分析图像特征,提供诊断和转诊意见。采用分步并行计算使 AI 正确率更高、算法通用性更强^[6]。另一种方案是通过迁移性学习,将通过大数据训练获得的算法学习模型应用于具有相同分析特征的影像数据分析,如张康教授团队运用迁移学习算法和 AI 诊断工具,可通过视网膜 OCT 图像筛查致盲视网膜疾病,准确率可达 95% 以上^[7]。因此在当前的 AI 算法研究中已经展示出诸多研究方向的可行性,但是上述算法领域的突破均来自国外研究团队,如何避免“卡脖子”技术的潜在限制和风险,实现我国自主眼科算法模型的突破,是我国眼科 AI 研究团队需要重视的挑战。

1.3 眼科 AI 系统的通用性欠缺

眼科 AI 模型“通用性”和个体化之间的平衡是决定 AI 临床应用覆盖广度的重要因素。目前眼科 AI 系统多集中在常见眼病,如糖尿病视网膜病变、年龄相关性黄斑变性、白内障、青光眼的辅助诊断和筛查,但是现实医疗场景的复杂性之一在于个体具有自身特点,基于数据库建立的模型无法包含所有个体可能出现的情况,也无法应对突发情况。而“精准医疗”需要考虑的问题不仅包括个体疾病的病程和严重程度,还包括个体的基因组、蛋白质组、生活环境和习惯等因素^[8]。因此 AI 系统完成眼病诊断后的亚型判断、分期分级、疾病鉴别等更具临床需求的模式值得深入研究。

此外,不同层级的眼科专业机构需要的 AI 系统功

能是差异化的。基层医疗机构服务于广大农村、社区居民,仪器设备相对简单,主要负责眼科常见病、多发病的诊治和慢性病长期随访工作,基层眼科更多的需求是常见眼病的快速筛查和早期诊断,而大型公立医院和眼科专科医院更多的需求为各种眼病的细化诊断、病灶的精细生物测量标定、治疗方案筛选以及疾病预后判断,因此针对不同层次医疗机构的需求开发多样化的眼科 AI 系统具有重要的现实意义。

1.4 眼科 AI 研发的创新方向单一和局限

我国眼科 AI 的研发虽然呈现欣欣向荣的发展趋势,但是同质化现象突出,多集中在部分重大眼病的早期诊断方向,而在其他领域,如眼病治疗、疾病预测、药物研发等方面投入明显不足。近年来智能手术机器人也是 AI 医学发展的重要拓展领域。国际机器人联合会(international federation of robotics, IFR)2018 年官方公布文件显示,2017 年全球医疗机器人的销量达 2 931 台,销售额较 2016 年增长 73%^[9]。英国牛津大学附属眼科医院眼科研发的手术机器人 PRECEYES 手术系统已完成首批临床试验,可实现精准的眼内注药以及精细的黄斑前膜剥离手术操作^[10]。由于涉及多学科、多专业的交叉融合,而当前我国医工结合程度较薄弱,致使眼科 AI 手术机器人的研究已经成为我国眼科 AI 研究领域的短板,需要进行协同组织攻关。

2 推动我国眼科 AI 研究发展的思路与策略

2.1 建立标准化、特征信息关联的眼科影像数据库及管理系统

创建高质量的标准数据库是 AI 进一步发展的基石。医疗大数据涉及影像、病理、分子诊断、各种治疗方法等多学科信息,具有分类多样化、格式不统一、信息种类多源等特点。数据的逻辑性分类、格式统一、多源信息相关联是实现数据高效管理、建立医学标准化信息数据库的前提和基础。

建立的标准化数据库不仅为 AI 算法提供数据来源,也可作为不同研究团队根据各自医学数据形成 AI 算法的校验平台。美国 FDA 采用来自真实世界的数据集作为第一校验指标,同时也在探索使用第三方收集大型有注释的成像数据集,我国目前采用标准数据集对第三方开发的 AI 软件进行检验,2018 年 3 月 26 日由中国食品药品检定研究院主导,完成了眼底图像标准检测数据集的建设,同年 6 月完成了肺结节标准测试数据集的建设。标准数据集是公平、公正的系统评价体系,为规范临床应用提供前提条件^[11]。下一步将采取模拟对抗、体模测试以及软件性能测试的方法

对 AI 软件系统进行评价,在此基础上国家药品监督管理局医疗器械技术审评中心《深度学习辅助决策医疗器械软件审评要点》亦即将发布。同时,数据的私密性和安全性是重要关注点。医疗数据中汇集了个人信息、身体健康信息、治疗情况,甚至家庭信息等,个人的医疗数据关系到个人的隐私保护,医疗实验数据、科研数据不仅关系到数据主体的隐私、行业发展,甚至关系到国家安全。

我国《网络安全法》和《人类遗传资源管理暂行办法》中对于医学数据使用和流通作了相应规定,但更全面的法律使用道德规范仍需完善。建立安全风险评估和防范体系、加强数据安全人才培养、制定信息安全技术标准也是不可忽视的部分。

2.2 加强 AI 创新性算法研究

硬件革新、系统改进、算法进化也是未来 AI 更新迭代的方向和途径之一。大数据运算的短板给我们的思考是 AI 是否也能像人类思维一样从小样本中进行有效学习。人类思维的逻辑归纳能力和抽象思维能力使得人类学习过程具有以点带面的特点,大大提高了学习效率。如果 AI 具备这种思维能力,不仅可以降低运算量,也可以避免因数据库样本不全导致的训练不足。2017 年国际 AI 顶级会议 AAAI (The National Conference on Artificial Intelligence) 最佳论文奖颁给了一个利用物理学专业知识来帮助深度神经网络作无标注数据学习的项目,预测物品抛出后的运动轨迹,研究者借助物体运动轨迹抛物线的物理知识,分析运动轨迹的若干关键节点,避免了对整个运动轨迹的大量数据学习,证实了从无标注数据进行学习的可能性^[12]。

从生物进化规律获得灵感而衍生出的遗传算法,从群体出发,可以进行多个个体的同时比较,具有可扩展性,易与其他算法结合,在图像开展扫描、特征搜集、图像分割等调整环节显示出优越性。因此在眼科 AI 算法研究中引入遗传算法,采用图像识别方法进行眼科病变特征提取,再通过遗传算法对提取的特征进行优化,可以大大降低特征空间的维数,具有很好的分类效果,提高对图像的学习效率^[13]。

2.3 研发覆盖多场景、多通道、多层次的眼科 AI 系统

在医疗实践中,医生的诊断和治疗策略的制定也往往基于多种类型和维度的信息,例如主诉、病史、辅助检查等。如果简单地将智能算法模型进行组合累加,只会得到一个庞大、冗杂、效率低下的系统。要使 AI 适应于眼科诊疗现实场景的复杂性,需要 AI 能够覆盖多场景、多通道和多层级。跨模态特征学习的高级算法是突破单一模态模型限制的思路之一,谷歌的

神经机器翻译网络采用一个模型实现多语言之间的翻译,是执行单模态多任务的代表,而更高级别的多模态多任务 AI 系统的构想也逐渐成为现实。多模态的处理难点在于不同模态信息的表现形式、映射、对齐和协同。谷歌的 Multi Model 学习系统能够同时解决跨越多个领域的多个问题,包括图像识别、翻译和语音识别,尽管 MultiModel 没有超越最优记录,但模型在处理不同领域的任务时表现出来的互补性仍然代表着 AI 在解决多任务领域的进步。人类思维的多样性和综合性使得 AI 系统最终将突破狭义训练网络的限制,朝着个性化定制模型发展。AI 系统实现通用的路径,一是要突破神经认知科学的局限,二是需要专注于样本数据的学习效率和泛化“通用”任务的能力。神经网络一定程度上是对生物神经网络的抽象函数化模型。伴随着 AI 的发展,我们也逐渐加深了对人类思维模式的认知。然而,必须要承认的一点是,人类思维本身存在着许多弱点,比如糟糕的记忆力和容易固化的思维模式。人类智能应该是 AI 发展的路标,而不是限制条件。

2.4 探索眼科 AI 应用的创新模式

随着 AI 技术的发展与突破,基于眼科影像数据深度学习的人工智能诊断系统在眼科常见疾病的早期筛查和诊断中已成为热点,但是 AI 在眼科的应用前景和落地模式并不局限于此,研发 AI 辅助疾病预测系统、医疗导诊系统、医疗训练系统以及智能手术机器人等已成为 AI 临床应用的新方向。要实现上述领域的突破,需要 AI 系统的研发从静态的图像数据向动态的影像数据过渡,以及 AI 算法与手术导航、力学反馈、精密操纵等系统的整合。相信不久的将来,我们将迎来 AI 技术在从诊断到治疗领域的全面革新。

3 小结与展望

2017 年 7 月 20 日国务院发布的《新一代人工智能发展规划》提出到 2030 年将我国建设成为 AI 研究和应用强国的远景目标,眼科在 AI 的医学应用中已经具有先发优势,如何针对眼科 AI 发展中面临的问题和瓶颈进行跨学科、跨专业的协同攻关是推动我国眼科 AI 发展进入新阶段的关键。目前,我国已经组建了涵盖眼科临床医生、AI 算法专家、创新 AI 企业的多学科、多行业的智能眼科学组,通过交叉协作,协同创新平台,推动眼科 AI 研究和应用模式的不断发展,结合

虚拟现实、移动 5G、功能成像、智能可穿戴设备等变革性技术的发展,以及中国脑科学计划、类脑功能研究的启动,中国眼科 AI 发展新时期即将到来。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Hamet P, Tremblay J. Artificial intelligence in medicine [J]. *Metabolism*, 2017, 69S: S36-S40. DOI:10.1016/j.metabol.2017.01.011.
- [2] Leachman SA, Merlino G. Medicine: the final frontier in cancer diagnosis[J]. *Nature*, 2017, 542(7639): 36-38. DOI:10.1038/nature21492.
- [3] Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs[J]. *JAMA*, 2016, 316(22): 2402-2410. DOI:10.1001/jama.2016.17216.
- [4] Long EP, Lin HT, Liu ZZ, et al. An artificial intelligence platform for the multihospital collaborative management of congenital cataracts [J/OL]. *Nature Biomedical Engineering*, 2017 [2019-01-13]. <https://doi.org/10.1038/s41551-016-0024>.
- [5] Silver D, Huang A, Maddison CJ, et al. Mastering the game of go with deep neural networks and tree search[J]. *Nature*, 2016, 529(7587): 484-489. DOI:10.1038/nature16961.
- [6] de Fauw J, Ledsam JR, Romera-Paredes B, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease[J]. *Nat Med*, 2018, 24(9): 1342-1350. DOI:10.1038/s41591-018-0107-6.
- [7] Kermany DS, Goldbaum M, Cai W, et al. Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning[J]. *Cell*, 2018, 172(5): 1122-1131. DOI:10.1016/j.cell.2018.02.010.
- [8] Ginsburg GS, Phillips KA. Precision medicine: from science to value[J]. *Health Aff (Millwood)*, 2018, 37(5): 694-701. DOI:10.1377/hlthaff.2017.1624.
- [9] Ji W, Wang LH. Industrial robotic machining: a review[J]. *Int J Adv Manuf Tech*, 2019, 103(1-4): 1239-1255.
- [10] Edwards TL, Xue K, Meenink HCM, et al. First-in-human study of the safety and viability of intraocular robotic surgery[J]. *Nat Biomed Eng*, 2018, 2: 649-656. DOI:10.1038/s41551-018-0248-4.
- [11] 林浩添, 吴晓航. 加快基于眼科图像数据库的眼病人工智能辅助诊断平台建设[J]. *中华实验眼科杂志*, 2018, 36(8): 577-580. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.08.001.
Lin HT, Wu XH. Accelerating the construction of artificial intelligence diagnostic platform based on ophthalmic imaging database[J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2018, 36(8): 577-580. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.08.001.
- [12] Wang JD, Chen YQ, Hao SJ, et al. Deep learning for sensor-based activity recognition: a survey[J]. *Pattern Recognition Letters*, 2019, 119: 3-11.
- [13] Welikala RA, Fraz MM, Dehmeshki J, et al. Genetic algorithm based feature selection combined with dual classification for the automated detection of proliferative diabetic retinopathy[J]. *Comput Med Imaging Graph*, 2015, 43: 64-77. DOI:10.1016/j.compmedimag.2015.03.003.

(收稿日期:2019-05-20 修回日期:2019-07-02)

(本文编辑:刘艳)