

## · 四诊人工智能研究专题 ·

# 人工智能在中医诊法研究中的应用 现状及展望

颉浩田<sup>1</sup>, 应佳蒙<sup>2</sup>, 吴秀艳<sup>1</sup>, 韩鹏鹏<sup>1</sup>, 王天芳<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>北京中医药大学中医学院, 北京 102488; <sup>2</sup>公安部大数据中心, 北京 100176)

**摘要:** 人工智能发展到如今以大数据为依托的大模型时代, 已成为当今世界经济和社会发展的重要支撑技术, 而且作为新一代先进信息技术的代表, 逐渐成为引领中医药传承创新发展的先导力量。因此, 文章通过梳理人工智能技术在中医四诊客观化、现代化研究中的应用现状, 总结人工智能技术在当前中医诊法研究中所面临的挑战及亟待解决的问题, 以期为大模型背景下的中医诊法的信息化及现代化提供参考, 推动中医药在健康中国建设中发挥更多力量。

**关键词:** 中医; 人工智能; 中医诊法; 大模型

## Application status and prospect of artificial intelligence in the research of traditional Chinese medicine diagnosis

XIE Haotian<sup>1</sup>, YING Jiameng<sup>2</sup>, WU Xiuyan<sup>1</sup>, HAN Pengpeng<sup>1</sup>, WANG Tianfang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>School of Traditional Chinese Medicine, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102488, China;

<sup>2</sup>Big Data Center of The Ministry of Public Security, Beijing 100176, China)

**Abstract:** Artificial intelligence (AI) has evolved from early machine learning to the current era of large models and has become a vital enabler for global economic and social development. As a representative of advanced information technology, AI is emerging as a driving force in the preservation and innovation of traditional Chinese medicine (TCM). This paper aims to provide a comprehensive overview of the current challenges and urgent issues faced by AI technology in TCM research, especially in diagnosis. It examines how AI has contributed to making the four diagnostic methods of TCM more objective and modernized. The goal is to offer insights into the information and modernized development of TCM diagnostics within the context of large-scale AI models, thereby enhancing the role of TCM in advancing the goal of a healthy China.

**Keywords:** Traditional Chinese medicine (TCM); Artificial intelligence (AI); Diagnosis method; Large models

人工智能 (artificial intelligence, AI) 由最初的机器学习到神经网络, 再到大模型的兴起, 标志着AI迈入了新的发展阶段, 已经成为当今世界经济和社会发展的重要支撑技术<sup>[1]</sup>。尤其是以ChatGPT为代表的生成式AI将海量的互联网文本作为学习语料, 使AI模型初步具备了人类的通识和逻辑<sup>[2]</sup>, 具有广阔的应用前景。

中医四诊是中医辨证论治的基石, 传统的中医四诊操作有较强的主观性, 因此中医四诊的客观化、智能化、信息化历来是中医诊断研究的热点及重点问题。伴随着信息化的浪潮, AI技术成为引领中医药传承创新发展的先导力量, 以AI为代表的新一代信息技术的迅速发展应用, 为中医药信息化高质量发展营造了强大势能、创造了广阔的发展空间<sup>[3]</sup>, 为中医

基金资助: 北京市自然科学基金面上项目 (No.7232277), 北京中医药大学校级科研纵向发展基金项目 (No.2022-ZXFZJJ-031)

通信作者: 王天芳, 北京市房山区阳光南大街与白杨东路交叉口北京中医药大学中医学院, 邮编: 102488, 电话: 010-53912018

E-mail: tianfangwang2000@163.com

吴秀艳, 北京市房山区阳光南大街与白杨东路交叉口北京中医药大学中医学院, 邮编: 102488, 电话: 010-53912018

E-mail: wuxiuy@163.com

诊法的客观化及智能化研究带来了新的驱动引擎。本文通过梳理近年来AI技术在中医诊法研究中的应用现状,以期为大模型背景下的中医诊法的智能化及现代化提供参考。

### AI在中医诊法研究中的应用现状

1. 望诊 望诊是实施者通过运用视觉感觉器官获取病情相关资料和信息<sup>[4]</sup>,为中医四诊之首。不同于人眼与大脑的协调观察,不同设备采集的物体图像之间存在差别,如何正确地采集、呈现所观察对象的色泽、样貌、动态是望诊智能化研究首要解决的重难点问题。胡志阳等<sup>[5]</sup>提出了一种白平衡与多项式回归相结合的图像偏色校正算法,该算法可以实现对不同光照条件下的图像颜色进行校正,能较好的还原肤色。袁善敏等<sup>[6]</sup>运用K-means聚类算法将面色聚为18类,基于此设计出中医面诊图像色卡。AI技术在望诊研究中的重点方向为面部望诊及舌部望诊,其中对面部及舌部进行分割分类是此类研究的热点<sup>[7]</sup>。张傑屹<sup>[8]</sup>采用ASM模型算法实现人脸图像的关键特征点的自动标记,得出五形人面部及五官特征规律。周孟齐<sup>[9]</sup>通过面部图像的特征,使用随机森林算法对是否具有早期脏腑癌风险进行分类研究,并基于VGG16网络结构和迁移学习对具体为哪一种脏腑癌风险进行分类研究。李军等<sup>[10]</sup>基于随机森林算法构建糖尿病诊断模型舌象。郑翔文<sup>[11]</sup>选用Alex Net网络模型及迁移学习实现了对舌象特征的识别,该算法识别的准确率达到97.4%,同时利用K均值聚类实现对舌色特征的识别,并基于现场可编程门阵列(field-programmable gate array, FPGA)设计出智能舌诊系统。陈璐等<sup>[12]</sup>使用EfficientNetV2的目标分类模型来提取舌体图像的特征信息并进行分类辨识。研究人员通过分析比较ResNet18, InceptionV3和VGG16构建的基于面部及舌部图像的平和质与偏颇质分类模型,认为ResNet18方法表现出更好的特征学习和分类性能<sup>[13]</sup>。有研究者<sup>[14]</sup>基于舌部图像数据,通过Keras框架构建基于ResNet101深度残差网络的老嫩舌分类模型,其整体准确率达91.0%。

由上可见,当前AI在中医望诊中的研究主要集中于舌部望诊,尤其是对舌色、舌质及苔质的识别。近年来也有一些团队开始探索面部望诊,利用AI技术进行人脸测量、面色分析及舌面综合望诊研究。然而,由于中医望诊内涵丰富且包含大量主观经验成分,完全模拟人类医师的观察能力仍面临较大挑战,未

来需要持续探索和开发更为先进且符合中医特色的智能算法和工具。

2. 闻诊 闻诊是医师通过听觉和嗅觉,了解由患者病体发出的各种异常声音和气味的一种诊断方法<sup>[15]</sup>。由于声音及气味的特殊性,针对闻诊的研究较少,但仍有一些学者尝试将AI技术运用于闻诊研究。江益靓等<sup>[16]</sup>使用卷积神经网络通过分析声学信号的方式分辨出受试者的虚实体质。程思益<sup>[17]</sup>运用统一的数字听诊生理音监测设备采集嗓音建立闻诊数据库,然后进行AI分析,发现慢性阻塞性肺疾病患者的声学客观参数明显异常的指标有基频微扰、振幅微扰,认为声音粗糙及嘶哑可能是慢性阻塞性肺疾病稳定期患者的声学特点之一。陈星等<sup>[18]</sup>通过气相色谱技术与声表面波传感器联用的方法,构建一种针对呼出气检测的中医闻诊系统,通过测定脾胃异常者呼出气的气相色谱特征峰,结合人工神经网络的方法建立呼出气与脾胃异常之间的关系模型。

由于闻诊结果难以准确捕捉与把握,在实际临床实践中应用较为受限,因而目前对闻诊的研究也相对较少。现有研究主要集中在智能声音识别、生物传感器与电子鼻技术等领域,仍具备广阔的潜在研究空间。

3. 问诊 问诊是医生通过询问患者或陪诊者,了解疾病的发生、发展、治疗经过、现在症、其他与疾病有关的情况,以诊察疾病的方法<sup>[19]</sup>。相比传统的语义网络,知识图谱具有可以通过简易的数据表征方式来表示多样化的知识,表达多层次的语义的优点<sup>[20]</sup>,广泛运用于中医问诊研究中。随着深度学习技术的不断发展,将图神经网络(graph neural network, GNN)应用于知识图谱,可以使其具备更好的解释性和推理能力,因此近年来也被应用于中医问诊智能化研究。刘勇<sup>[21]</sup>利用深度学习方法构建出中医文本多标签分类模型,在Web端设计并开发中医哮喘的辅助诊断系统。杨瑞<sup>[22]</sup>通过拆解证候得到病性与病位,将原本中医诊断中的证候多分类任务转换为证素多标签分类任务,构建出中医知识图谱,开发证素问答系统。周开元<sup>[23]</sup>利用GNN和Transformer构建了具有导向性的中医处方对话推荐算法框架,并以症状和中药为节点构图,实现了模型可以依据症状进行处方。周惠敏<sup>[24]</sup>将中医辨证与西医辨病相结合,基于图搜索算法中的广度优先搜索方法和最短路径搜索算法思想,构建出符合中医临床辨证规律的糖尿病中

医辅助智能问诊模型。陈小强等<sup>[25]</sup>将深度学习运用于智能问诊,利用TensorFlow框架开发智能问诊知识库,基于FastText+BERT模型构建知识图谱。

随着自然语言处理、知识图谱及机器学习技术的进步,AI在中医问诊领域的应用取得了一定进展,但仍处于不断探索和完善阶段,如何更好地整合现代科技手段与传统中医智慧,提高问诊效率和诊断准确性,是当前科研人员努力的方向。

4. 脉诊 脉诊是医生用手指切按患者身体某些特定部位的脉搏动处,体察脉动应指的形象,以了解机体健康状态,辨别病证的一种诊察方法<sup>[26]</sup>。由于脉象与人体脏腑气息关系密切,脉诊仪一直是中医诊法智能化研究中的热点方向。随着传感器技术的不断迭代,新型材料的不断涌现,脉诊仪传感器由传统的压力脉搏传感器发展到现在的光电脉搏传感器、超声波传感器及摩擦电纳米发电机,压力传感器也由原来的机械式发展到现在的压电薄膜及柔性电容式传感器<sup>[27-28]</sup>。不断发展的传感器及材料技术与AI结合,成为推动脉诊仪研究的新引擎。较于传统的单部位压力式脉诊仪,王世丹<sup>[29]</sup>基于脉诊感知元件聚合物基阵列式柔性传感器,结合薄膜压力传感器,设计了能同时采集寸关尺三部在浮中沉不同位置脉搏信号的智能脉诊系统。并运用多重集典型相关分析方法对多组脉搏信号特征进行融合,得到最终脉象。周韡鼎等<sup>[30]</sup>基于卷积神经网络,提出指-桡端脉搏波信号转换方法,在仅获取指端脉搏波信号的情况下便可得到对应的桡动脉脉搏波信号。有研究者<sup>[31]</sup>采用Wasserstein GAN with gradient Penalty构建脉诊模型,可以有效缓解普通生成对抗网络(generative adversarial networks, GANs)的模式坍塌问题,并能提高训练的稳定性和收敛性。也有学者<sup>[13]</sup>尝试通过循环神经网络(recurrent neural networks, RNN)、长短时记忆网络(long short-term memory, LSTM)和门控循环单元(gated recurrent unit, GRU)构建基于脉诊的平和质与偏颇体质分类模型,做出了有益探索。

当前利用AI技术对大量的脉象数据进行分析 and 模型训练,实现对不同脉象特征的识别,提高脉诊的准确性和一致性已成为该领域研究的热门,并已取得不少成果,有助于中医远程医疗及制定个性化诊疗方案的实施。但要真正达到显著提升医生在临床实践的便利性还需要更为深入的研究。

## AI在诊法研究中面临的问题

当前,随着AI算法、传感器技术及材料学的快速迭代发展和跨学科交叉融合,为中医诊法研究开辟了全新道路。然而,在这些发展机遇背后,也存在一些亟待解决的关键问题。

1. 临床数据的标准化及采集困境 AI算法模型构建需要大规模、高质量且多模态的训练数据。以ChatGPT-3为例,其1 750亿参数的强大功能得益于45 TB庞大且多元的数据训练<sup>[32]</sup>,而且可以通过用户交互不断自我迭代和完善,GPT-4更是展现了处理文本与视觉信息的能力<sup>[33]</sup>。相比之下,由于中医四诊具有深厚的经验性、主观性和个体性特点,不同医家对临床体征的解读存在差异,且当前四诊采集技术采集的体征在不同程度上存在失真,导致目前难以形成一套学界广泛接受的标准方法来客观化、标准化地收集四诊信息。此外,当前中医诊法研究主流仍然是基于单个研究团队从单一证型、体质或病种出发,围绕单一诊法进行,缺少大规模、多中心、多病种、全面四诊信息采集的研究。这导致所开发的模型通用性较差,难以在临床大范围铺开使用。要开发出能在临床上广泛应用的AI诊法模型,就必须建立统一的四诊信息采集标准,实施规范、权威且高质的数据采集流程,同时加强多中心协作,整合多证型、多体质、多种疾病的患者群体的大样本、多模态(包括舌脉象、语音特征、面部图像及电子病历等)临床数据。此外,更要重视数据采集过程中可能存在的伦理风险。

2. 需要更完善的隐私保护及数据安全保障措施 AI的训练需要大量的数据,鉴于中医诊法AI模型训练所需数据中包含大量受试者的敏感信息,如受试者姓名、性别、外貌体征、健康情况、体质特征等。因此,对中医诊法AI模型的隐私保护和数据安全提出了更高要求。一方面是要保证用以训练模型的受试者的个人隐私的安全,虽然在训练模型时通常会进行匿名化处理,但是在攻击者的诱导下,仍然存在泄露风险<sup>[34-35]</sup>,这就要求研究人员更加重视隐私保护。另一方面还要保证模型的安全性,中医诊法的模型是面向临床的算法模型,但是如果模型遭到恶意攻击,会导致模型无法正确拟合,甚至输出完全错误的结果<sup>[34]</sup>,这类攻击可能导致诊疗决策不准确,危及患者安全。因此在模型开发过程中,必须高度重视模型的安全性,防止恶意攻击或数据篡

改对模型造成干扰,以避免错误结果的输出。同时需要建立多层次的防护机制,以确保模型的鲁棒性和抗攻击性。例如,模型可以通过引入数据加密、异常检测和访问控制等手段,增强抵御潜在风险的能力,从而提升其在临床诊疗中的安全性和可靠性。这不仅保障了诊疗工作的准确性,也为AI在医疗中的广泛应用奠定了更坚实的基础。

3. 需要培养更深层次的医工融合型人才 大模型作为以数据为中心的产物,数据数量和质量很大程度上决定着大模型的质量,高质量模型的构建离不开高质量的数据标注,同时算法训练者要能准确地理解其训练的数据,才能为算法开发设计更精准高效的规则。因而中医诊法模型的构建需要懂中医与算法的数据标注人才及AI开发人才,而当前的中医诊法模型的开发通常由中医学者进行数据标注,由理工科的算法工程师进行训练,但是中医学者难以完全理解AI算法的构建流程,算法工程师又无法精准的理解中医四诊信息数据。因此通过培养更深层次的医工融合型人才,为高效高质的建立中医诊法模型筑牢基础。

### 小结

从砭石到银针,从草药到青蒿素,中医药不断吸收和融合各个时期先进的科学技术和人文思想,不断创新发展<sup>[36]</sup>。AI作为促进现今社会发展的重要支撑技术,以AI为代表的信息化,是引领中医药传承创新发展的先导力量<sup>[3]</sup>。总体来看,当前AI技术在中医诊法研究中虽有初步应用,但以基于单一证型或病种的单一诊法维度为主,缺乏对四诊信息的融合。未来中医诊法的传承创新需要更深入的借助AI技术的力量,通过全面采集脉象、舌象、外貌体征、语音特点等多模态中医四诊信息,对其进行高质量的数据标注及融合分析,构建临床能用好用的中医诊法AI模型。因此,需要进一步健全中医四诊标准化体系,培养懂代码的中医和懂中医的算法开发人才,同时也需要更多算力资源投入中医诊法研究,形成合力,赋能中医诊法现代化、信息化,推动中医药在健康中国建设中发挥更大力量。

### 参 考 文 献

- [1] 张熙,杨小汕,徐常胜.ChatGPT及生成式人工智能现状及未来发展方向.中国科学基金,2023,37(5):743-750
- [2] 丁磊.生成式人工智能AIGC的逻辑与应用.北京:中信出版社,2023:5
- [3] 国家中医药管理局.国家中医药管理局关于印发“十四五”中医药信息化发展规划的通知.(2022-11-25)[2024-03-30].[https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-12/06/content\\_5730292.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-12/06/content_5730292.htm)
- [4] 云南中医药大学,中华中医药学会,北京中医药大学,等.中医四诊操作规范 第1部分:望诊.北京:国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会,2021:12
- [5] 胡志阳,谭佳源,刘国华.一种基于白平衡和多项式回归结合的中医望诊图像校正算法.南开大学学报(自然科学版),2022,55(4):25-28,37
- [6] 袁善敏,李福凤.中医面诊图像色域及专用色卡的研究.中华中医药杂志,2022,37(7):4113-4116
- [7] TIAN Z,WANG D,SUN X,et al.Current status and trends of artificial intelligence research on the four traditional Chinese medicine diagnostic methods:A scientometric study. *Ann Transl Med*,2023,11(3):145
- [8] 张傑屹.中医五形人体质辨识与面部形态特征客观化研究.福州:福建中医药大学,2023
- [9] 周孟齐.基于面部图像的早期脏腑癌风险分类研究.北京:北京工业大学,2022
- [10] 李军,胡晓娟,周昌乐,等.基于随机森林算法的糖尿病舌象特征分析和诊断模型研究.中华中医药杂志,2022,37(3):1639-1643
- [11] 郑翔文.基于FPGA的智能舌诊系统设计.西安:西安电子科技大学,2022
- [12] 陈璐,赵宇涵,李伟峰,等.基于深度学习的智能中医辅助诊疗系统.计算机时代,2023(4):72-76,85
- [13] GU T Y,YAN Z Z,JIANG J H.Classifying Chinese medicine constitution using multimodal deep-learning model. *Chin J Integr Med*,2024,30(2):163-170
- [14] YAN J,CHEN B,GUO R,et al.Tongue image texture classification based on image inpainting and convolutional neural network. *Comput Math Methods Med*,2022,2022:6066640
- [15] 湖南中医药大学,中华中医药学会,北京中医药大学,等.中医四诊操作规范 第2部分:闻诊.北京:国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会,2021:12
- [16] 江益靓,张旭龙,邓晋,等.数据增强基础上使用卷积神经网络进行闻诊(英文).复旦学报(自然科学版),2019,58(3):328-334
- [17] 程思益.慢性阻塞性肺疾病稳定期患者闻诊特点研究.北京:北京中医药大学,2021
- [18] 陈星,陈璟,陈超,等.基于气相色谱-声表面波传感器联用技术的中医脾胃证候辨识.世界中医药,2020,15(11):1540-1545
- [19] 北京中医药大学,中华中医药学会,福建中医药大学,等.中医四诊操作规范 第3部分:问诊.北京:国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会,2021:16
- [20] 孙水发,李小龙,李伟生,等.图神经网络应用于知识图谱推理的研究综述.计算机科学与探索,2023,17(1):27-52
- [21] 刘勇.基于深度学习的多标签分类在中医哮喘辅助诊断的应用研究.南昌:江西中医药大学,2023

- [22] 杨瑞.基于知识图谱的中医证素问答研究.南昌:江西中医药大学,2023
- [23] 周开元.基于图神经网络的中医处方对话推荐.广州:广州大学,2023
- [24] 周惠敏.基于症状关联规律挖掘的2型糖尿病中医辅助智能问诊模型研究.福州:福建中医药大学,2023
- [25] 陈小强,胡翰,陈燕军.基于深度学习的智能问诊系统设计与实现.电脑编程技巧与维护,2023(5):119-122
- [26] 福建中医药大学,中华中医药学会,北京中医药大学,等.中医四诊操作规范 第4部分:切诊.北京:国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会,2021:12
- [27] 任扬帆,高国伟.传感器在脉诊领域的研究与进展.制造业自动化,2023,45(11):50-56
- [28] 张明毅,高国伟.摩擦电纳米发电机在医疗脉诊中的研究与进展.传感器与微系统,2023,42(12):1-6
- [29] 王世丹.中医脉诊柔性传感信息的采集和传输系统研究.北京:北京化工大学,2023
- [30] 周韩鼎,陈兆学.基于深度学习的指-桡端脉搏波信号转换方法.中国医学物理学杂志,2023,40(2):202-207
- [31] CHANG J,HU F,XU H,et al.Towards generating realistic wrist pulse signals using enhanced one dimensional wasserstein GAN. Sensors(Basel),2023,23(3):1450
- [32] BROWN T B,MANN B,RYDER N,et al.Language models are few-shot learners.Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems,2020:1877-1901
- [33] OPENAI.GPT-4 technical report.arxiv.(2023-02-15)[2024-04-02].https://arxiv.org/abs/2303.08774
- [34] 朱军,董胤蓬.大模型安全与治理探讨.中国信息安全,2023(8):57-60
- [35] 董航,李慧芳,陈泱,等.大模型时代的隐私保护与内容安全.通信世界,2023(21):42-45
- [36] 中华人民共和国国务院新闻办公室.中国的中医药.(2016-12-06)[2024-04-02].https://www.gov.cn/zhengce/2016-12/06/content\_5144013.htm

(收稿日期:2024年4月21日)

## · 四诊人工智能研究专题 ·

# 大模型视角下中医四诊合参的认知机制与 多模态研究方法

林树元<sup>1,2</sup>, 黄慧雯<sup>1</sup>, 刘畅<sup>1,2</sup>, 刘婉婷<sup>1</sup>, 李健民<sup>1,2</sup>, 瞿溢谦<sup>1</sup>, 曹灵勇<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>浙江中医药大学, 杭州 310053; <sup>2</sup>浙江中医药大学-甘草医生中医药人工智能联合工程中心, 杭州 310053)

**摘要:** 文章以认知神经科学的全局工作空间理论为指导, 剖析中医四诊合参的认知机制, 提出了“选择性注意形成的意识事件在全局工作空间中的传递”是中医四诊合参的关键过程及中医四诊多模态研究的认知神经科学基础。从表征与融合层面, 总结了中医四诊多模态研究的技术现状, 提出了“统一表征与模型内融合”的技术发展方向, 认为基于自注意力机制的变换器构架的多模态大模型可以较好地拟合中医四诊合参的认知过程, 并实现统一表征与模型内融合的技术路径。同时, 类比中医教育三阶梯培养路径, 梳理了中医药多模态大模型研究“预训练-指令微调-人类对齐”三阶段的研究目标与技术方法, 为中医四诊多模态研究奠定新的理论与方法学基础。

**关键词:** 中医四诊; 多模态; 大模型; 人工智能; 认知神经科学; 全局工作空间理论

基金资助: 国家中医药管理局科技局-浙江省中医药管理局共建重大项目(No.GZY-ZJ-KJ-23018), 浙江省中医药重点研究项目(No.2022ZZ010), 2023年度高校国内访问学者“教师专业发展项目”(No.FX2023024)

通信作者: 曹灵勇, 浙江省杭州市滨江区滨文路548号浙江中医药大学基础医学院, 邮编: 310053, 电话: 0571-86633015

E-mail: caolingyong@163.com

林树元, 浙江省杭州市滨江区滨文路548号浙江中医药大学基础医学院, 邮编: 310053, 电话: 0571-86633015

E-mail: lin\_shuyuan@foxmail.com