

引用:张世祺,孙宇衡,咸楠星,杨珺涵,马新宇,张哲,王基实,高诗岳,周婉宁.中医四诊客观化与智能化研究进展[J].中医导报,2023,29(6):170-174.

# 中医四诊客观化与智能化研究进展

张世祺,孙宇衡,咸楠星,杨珺涵,马新宇,张哲,王基实,高诗岳,周婉宁  
(辽宁中医药大学,辽宁 沈阳 100847)

**[摘要]** 近年来,人工智能在辅助中医诊断和临床治疗中有较好的应用效果,望、闻、问、切信息的客观采集和智能辨证的研究不断进步为四诊信息客观化、四诊信息数据处理、临床治疗智能化奠定了基础。但其实现过程依然存在政策法律缺失、复合人才储备不足、指标体系及算法标准建立困难、关联性不足等短板。通过梳理中医望、闻、问、切四诊客观化、智能化及四诊合参智能化和智能辨证的研究现状,对人工智能促进中医药现代化的进展进行讨论,将数字医疗与四诊采集、智能分析、基于中医经典辅助决策诊疗相结合,构建一体化中医数字诊疗体系,以期对未来中医药行业客观化、数字化、智能化的发展起到促进作用。

**[关键词]** 人工智能;四诊客观化;数字医疗;辅助决策;综述

**[中图分类号]** R241.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-951X(2023)06-0170-05

**DOI:** 10.13862/j.cn43-1446/r.2023.06.033

人工智能(artificial intelligence, AI)技术是研究、开发、应用于模拟延伸和扩展的各种相关技术理论、方法、技术及实际实践应用的一门新的信息工程领域的学科。AI由约翰·麦卡锡博士在1956年于达特茅斯国际学术会议上首次公开提出。目前关于AI主要技术研究的应用领域包括智能机器人、语言语音识别、图像识别、自然语言处理和自动定理证明等<sup>[1]</sup>。AI已经成为最新的产业变革和科技革命的中坚力量。由于特殊的智能化和高效性,AI在智能交通、家居、医疗等民生范畴备受追捧,对日常生活产生了积极正面的影响。自从2013年IBM Waston(沃森)宣布进入医疗保健领域,“数字医疗+AI”的理念就逐渐开始走入大众视野。谷歌、微软、腾讯等企业也随之进军智能医疗领域,使AI在影像辅助诊断、新型药物研发、社区健康管理、数据智能处理等医疗领域都有了广泛应用。尤其是在2020年,智能医疗、线上医疗成为了投资与技术市场最为关注的范畴,而智能医疗产品与手段的普及也使得“AI+数字医疗”被认为是最具发展前景的领域之一。

中医学是在我国医疗实践经验的长期沉淀积累、传统文化的深刻影响、自然科学的不断渗透下逐渐发展而形成的富有中国特色的医学理论体系。整体观念和辨证论治分别是现代中医理论的根本出发点和落脚点,以人体脏腑经络关系为理论核心,以阴阳五行理论作为基本理论,通过实时采集疾病信息,四诊合参的诊疗方法,对各种疾病进行诊断和治疗。中医辨证思维贯穿于中医诊疗的全过程,是中医的主要思维方法。人工智能与中医学同为多学科相互渗透的产物,二者存在注重整体思维、强调开放动态、重视经验思维和关注预测推理等相似之处<sup>[2]</sup>,因此将“AI+数字医疗”和中医经典相结合

将会带来巨大的发展与变革。2017年12月在浙江乌镇举行的第四届世界互联网大会期间,成立了中国首个互联网中医馆,并提出了“中医药+互联网+人工智能”的创新理念。2019年10月发布的《关于促进中医药传承创新发展的意见》强调将中医药领域与AI技术结合,支持研究、开发中医智能辅助诊疗系统,旨在开展一体化远程医疗服务等数字化诊疗措施。本文将从“AI+数字医疗”在中医诊断、治疗领域的应用进展、争议、挑战等方面,对近年中医在人工智能诊疗研究和发展脉络进行梳理,以期为新时代中医药各领域的传承发展、守正创新提供新思路与新方向。

## 1 中医四诊客观化发展历史

中医智能化较为关注的方向为“中医诊疗”,主要包括“中医四诊客观化”和“中医专家系统”的研究<sup>[3]</sup>。“中医四诊客观化”技术的普及是实现“中医四诊智能化”的重要前提,在以往的四诊诊断信息客观化获取技术的研究中,主要的方向在望诊与切诊方面。在20世纪50年代,朱颜首先在中医脉诊的临床研究中运用了杠杆式脉搏描记器,通过应用描记桡动脉脉搏图的方法深入研究中医脉象,成为了“四诊客观化”研究的开端<sup>[4]</sup>。此后随着现代医学医疗科技检测技术的不断发展,各种以“四诊客观化”为研究目的的脉诊仪及传感器陆续走进现代医疗领域,如能够对寸、关、尺三部切脉压力进行准确调节和脉搏心电图精确测定的“20型三线脉象仪”、能同时精准记录三道脉象和一道心电的“BYS-14型脉象仪”等,对临床脉诊客观化和标准化研究具有重要意义<sup>[5]</sup>。舌诊作为中医望诊重要一环,尤其受到研究者的重视。20世纪70年代就有国外学者采用三色表来检查患者的舌象、舌色等舌诊要素信息,

通信作者:张哲,E-mail:pedtrainzhzh7676@163.com

被认为是舌诊客观化的最早尝试。此后随着技术进步,国内科研人员也应用了如光谱光度法、光电转换法、舌诊比色板等手段进行舌象客观化的研究,但由于当时技术条件限制,无法准确的区分舌质与舌苔的颜色图像<sup>⑧</sup>。“中医专家系统”的提出为中医第一次与人工智能相结合提供了契机。自20世纪80年代关幼波诊治肝炎的专家系统问世以来,陆续出现了不少能够涵盖大部分中医疾病种类的“中医专家系统”。操作者输入患者的“四诊”相关资料,来模拟专家诊断病理信息的工作流程,最后模拟输出该专家得出的该患者的诊断结果及诊疗方案,开启数字化诊疗的先河。然而经过多年的发展,由于临床应用实效不佳,国家已经不再给予此类项目资金支持<sup>⑦</sup>。除了大环境的负面影响外,受限于医者个人经验、描述病情的方式等主观因素影响,使其临床疗效不稳定,而且没有对关于辨证选方用药思路的阐释,导致初次使用者在临床诊疗中收效甚微,因此中医专家系统仍然发展缓慢。

## 2 人工智能与四诊客观化

**2.1 望诊** 望诊,是指医生通过视觉对人体的疾病相关部位进行有目的的诊察,以了解健康情况,测知患者病情的方法<sup>⑧</sup>。中医望诊客观化、智能化主要分为面诊和舌诊两个方面。在中医望诊中的舌象识别与疾病诊疗中,图像处理技术的应用十分广泛<sup>⑨</sup>。其中尤以舌诊研究最为深入,主要是根据图像分析的方法对采集到的舌象及面部特征进行分析。近年来舌诊技术随着技术不断发展也在不断升级,可利用高光谱图像<sup>⑩</sup>、颜色空间等技术,使用Lab、RGB、HSI、HSV等颜色空间模型<sup>⑪</sup>,更加深入地进行舌象色彩提取、剖析舌象形态,描述舌象分割,使舌象采集在信息获取方面更加全面,可展示更多细节。舌象数据对亚健康群体状态,以及疾病发生、发展、变化具有重要提示作用。丘俊鑫等<sup>⑫</sup>采用HSV和LAB色彩模型对益气复元膏方干预气虚质患者的舌象客观指标进行观察,结果显示该色彩模型对舌象客观指标的分析能反映干预后舌象的改善,可为中医体质调理客观化疗效评价方法的进一步研究提供参考。周明瀚等<sup>⑬</sup>运用TFDA-1舌面诊仪采集原发性高血压阴虚阳亢证患者的舌象图片,以研究原发性高血压阴虚阳亢证舌象特征参数的变化规律,为临床辨证提供客观化依据。在面诊研究方面,任琦等<sup>⑭</sup>使用YM-III系列面象仪采集141例冠心病患者的面部图像并记录其面诊参数指标,其信息可作为冠心病痰瘀互结证临床辨证及疗效评价参考指标。李加才等<sup>⑮</sup>通过对健康状态人群进行面色数字化分析,研究不同年龄段和性别的健康状态人群面色特征,建立基于性别和年龄的健康状态人群面色范围,为中医面色诊断提供客观化依据。可见,舌象仪和面诊仪作为一种安全方便地获取诊断信息的临床方法,对于临床疾病的中医证候诊断和其客观标准化具有重要价值。

**2.2 闻诊** 闻诊是通过听声音和嗅气味以了解健康状况,得到患者信息来进行疾病诊疗的方法。早在《黄帝内经》中就有根据听声音来诊疗疾病的记载<sup>⑯</sup>。声诊客观化研究中常见的语音提取方式主要分选择元音与选择字句两种<sup>⑰</sup>。研究对象除语音外,还有咳嗽、呼吸、啼哭、呻吟等,寻找一些具有语音共性与共同特性的非语音声音特征是声诊客观化研究

的重要探索方向<sup>⑱</sup>。陈春风等<sup>⑲</sup>运用现代声学技术,采集和分析肺系疾病患者的声音信号,运用支持向量机和小波包能量、Shannon熵值特征进行肺系病证的分类识别,为中医声诊的分类识别提供了新的思路。嗅诊不通过声音获取诊断信息,虽与声诊都属于闻诊范畴,却是通过气味信号得到诊断依据。气味特征可通过红外光谱法、直接顶空分析、气相-液相色谱分析进行研究,直接判别其中包含的物质,体现气味信号的特征<sup>⑲</sup>。嗅诊客观化主要运用的是电子鼻技术。林雪娟等<sup>⑳</sup>运用阵列式气体传感器电子鼻结合模式识别算法对2型糖尿病的分期与病位作初步的辨识。其对单个病位证素辨识准确率达到80%以上,为中医嗅诊客观化研究提供新方法。周福等<sup>㉑</sup>收集了201例社区获得性肺炎(CAP)患者及110名健康者口腔呼气的气味图谱,将CAP及其不同病位间的口腔气味图谱特征使用电子鼻技术分析识别。为该病的临床实践提供了重要诊断价值。中医闻诊体现了“司外揣内”的中医诊断原则,作为一种方便的无创伤性的诊断技术,借助声学、物理学将其智能化、客观化,以期增加临床中医证候诊断的准确性、客观性。

**2.3 问诊** 问诊是患者或其家属接受医生的有方向性的询问,以了解患者的日常生活健康状态为目的,从而了解病情的一种手段<sup>⑲</sup>。除了问诊以外,望、闻、切三诊易受环境因素及医生的主观性影响,相较而言,问诊所获得的诊断信息较为客观,在客观化基础上问诊数据挖掘的处理结果可作为临床问诊的参考。罗瑞静等<sup>㉒</sup>将中医理论与计算机技术、智能信息处理技术结合,研制出了具有人机交互和对话功能的中医问诊训练系统。迪盼祺等<sup>㉓</sup>采用基于物品的协同过滤推荐算法和遗传算法构建症状获取模块以获取患者的症状,利用随机森林算法构建分类器并基于获取到的症状完成中医辨证,相比依据问诊量表进行问诊,简化了问诊过程。杜曾贞等<sup>㉔</sup>提出了基于深度神经网络的反问生成方法,将已有的患者问诊数据整合起来作为先验知识,对患者进行有目的的问诊,提高了这一传统诊断方法的准确性和诊断效率。随着信息技术不断发展,自然语言处理(NLP)技术逐渐显露锋芒。研究者使用NLP技术、文本的分类和聚类技术对中医学相关书籍等文本材料进行强化学习,储备专业知识,并通过对话句的提取与理解、对自然语言的情感分析、对语言的转换复述来助力中医问诊智能化、客观化<sup>㉕-㉖</sup>。2020年由于疫情影响,线上医疗咨询服务量激增,而传统线上医疗问诊的技术局限性暴露出很多患者表述不清、医生接诊效率低等短板。将计算机的快速计算能力应用于中医问诊流程中,则可以弥补诊断过程中主观逻辑思维不足,消除部分患者在就医时的猜忌、焦虑、烦躁等主观心理因素影响,对实现准确诊断更加有益<sup>㉗</sup>。因此,利用人工智能技术来实现智能化、客观规范的中医智能问诊可以大大提诊断和治疗精度,对研究和临床实践具有重要意义。

**2.4 切诊** 切诊是医生用手指或手掌对患者的某些部位进行各种形式的触诊,以了解病情,诊察疾病的过程<sup>⑲</sup>。脉诊在操作过程中,较为依赖实践经验,因此医者的主观性易于影响诊疗结果,不利于交流学习和重复研究,极大限制了中医脉学诊断的发展,所以脉诊客观化、智能化是脉诊发展的必

然趋势<sup>[28]</sup>。脉诊仪的研究工作主要包括脉象信号的采集与脉图信号的特征分析2个方面<sup>[29]</sup>，根据原理可分为光电脉搏传感器、超声脉搏传感器、传统压力脉搏传感器、柔性压力脉搏传感器等<sup>[30]</sup>。张选等<sup>[31]</sup>使用深度融合神经网络MIRNet2提高了脉象分类性能，相比IRNet3，其在特异性、灵敏度和准确率上都得到了显著提升，参数量和运算量也少于IRNet3。沈睿等<sup>[32]</sup>针对中医舌诊脉诊仪小型化、标准化、客观化的需求，采用人工智能技术设计了一款智能舌脉诊断手环，脉象模块利用光电容积法采集脉象，用随机森林bagging模型进行判别，模型准确率高达91.07%，具有良好的应用前景。周会林<sup>[33]</sup>研制了一种可将脉象生理信号进行完整客观化采集的专用触力传感器组件，可采集人体寸口部位的脉象幅度和宽度信号，能同时进行三部九候的脉象采集。其得到的诊断结果与中医临床专家的诊断结果具有极高的一致性。由于脉诊是一种偏重于医者主观感觉并中医特色鲜明的诊断方法，其经验传承相对欠缺，临床经验较少的年轻医生较难把握，因此将脉诊客观化、信息化、智能化显得尤为重要。

**2.5 四诊合参的客观化研究** 中医传统诊断不仅依赖望、闻、问、切等基本临床诊断信息采集的准确性和客观性，还与四诊合参及依靠四诊信息进行辨证论治的过程密切相关。辨证论治是中医学进行疾病诊疗工作的基本原则，是将四诊所得的相关临床信息使用中医学理论进行辨析，明确病变的本质并确立证，论证其治则治法和方药并付诸实施的思维和实践过程<sup>[34]</sup>。整体可以概括为收集四诊资料、四诊合参辨证、因证立法、随法选方、据方施治的过程。四诊合参是对望、闻、问、切所得到的信息进行整合，是得到正确辨证的前提，而计算机在处理四诊客观化采集中所得的复杂的数据信息中具有先天优势。在四诊信息收集方面，中医四诊仪代表着中医诊疗的初步机械化、现代化。目前较为成熟的四诊采集设备有上海道生舌面脉信息采集体质辨识系统(DS01-A)、BD-SZ便携式四诊合参辅助诊疗仪等，四诊采集仪器也逐渐在实践中不断完善更新。上海中医药大学与俄罗斯火星-500(MARS500)研究计划合作研发的四诊信息收集分析仪，可用于监测和分析宇航员在模拟条件下的身体健康情况<sup>[35]</sup>。徐艺峰等<sup>[36]</sup>运用Smart TCM-I型中医生命信息分析系统采集195例2型糖尿病患者舌象、面象、声音及脉象信息，提取并分析其四诊特征参数。其在并发冠心病、肾病时，舌象、声诊、脉图上均有显著性差异，为开展基于四诊客观参数的糖尿病及其慢性并发症证候分类识别提供了数据支持和客观依据。

然而，四诊智能化、客观化的结合研究尚处于起步阶段。中医四诊的客观化是中医规范化的前提和基础，最后将所得信息相互融合与智能化分析才是重点。在中医典籍中，经方由于其标准化的理论特点而具有智能化属性，其具有六经辨证的唯一性、治则治法的严谨性及加减的规范性<sup>[37]</sup>。因此将四诊客观化数据成果在以基于经典著作的中医临床辅助决策系统中进行智能化信息分析，得出辅助决策结果，协助临床医生诊疗活动，对中医数字化诊疗发展具有重要意义。随着科技发展和计算机算法的不断进步优化，赵文等<sup>[38]</sup>提出从多源数据融合角度借助计算机技术实现四诊合参智能化途径，

训练机器人把在四诊设备获得的数据进行整合，基于多源数据学习，实现四诊智能化。研究者也进一步提出了通过协同训练方法、多核学习方法、基于子空间学习等方法手段来提升四诊合参智能化应用程度。综上可知，将中医四诊及与智能化、客观化相结合，将传统医学与现代科学技术整合，构建中医整体数字医疗体系，借助新技术、探索新理念，形成中医特色诊疗平台，减少中医四诊资料收集的个体差异，对优秀经验的传承与临床疗效的提升有巨大价值。

**2.6 智能辨证的客观化研究** 中医辨证是在中医学理论指导下对疾病本质做出判断的诊断思维过程，是以经典著作、中医古代哲学、辩证法、逻辑学、系统科学等知识为基础进行的病机阐释思维。中医辨证方法丰富，临床常用方法包括脏腑辨证、卫气营血辨证、三焦辨证、八纲辨证、六经辨证等多种辨证系统<sup>[39]</sup>。复杂的中医理论，使得整个辨证过程非常复杂，给智能辨证提高了难度。在智能辨证的研究中，随着智能手机的普及出现了许多供临床医师及患者使用的线上中医辅助诊疗系统，出现了众多“中医+互联网”形式的APP，如“大家中医”“平安好医生”等。虽然线上系统在疫情防控常态化的背景下受到了大众的欢迎，但其功能都是线上与医生交流咨询及进行中医知识查询及调理养生建议等，并不能为线上诊疗的患者提供中医四诊采集分析及自动智能辨证论治等服务。而中医辅助诊疗系统的研究主要集中在中医专家系统、中医电脑诊疗系统、中医诊断客观化、中医辨证论治模型、中医诊断智能化方面，前沿热点主要集中在中医药知识发现、人工智能、机器学习、神经网络、知识图谱研究等方面<sup>[40]</sup>。姚帅君等<sup>[40]</sup>收集运用多种机器学习算法建立围绝经期综合征的诊断辨证模型，结果显示，支持向量机在中小型数据集上有更好的表现，其分类结果更具有临床指导意义。许梦白等<sup>[41]</sup>结合运用多种算法，通过五折交叉验证得出了基于SANN算法模型建立的不孕症中医辨证模型具有良好的诊断能力，明确了人工智能在中医辨证模型的构建与临床中应用的可行性。除算法模型构建外，目前应用较为成熟的中医数字化诊疗临床辅助系统有“中医大脑”“TCM-CDS系统”“脉景中医人工智能辅助诊断系统”等，其应用了现代人工智能及计算机技术协助诊疗和临床知识、医案的学习等。基于四诊的信息输入及算法分析，基本实现了智能辨证这一基本功能，但是在现实的临床应用中，智能辅助诊断系统的辨证结果仍然作为参考，具体结果还需医生主观判断是否采纳，且辨证的正确率还有待加强。数字化医疗无论将来如何发展，都是以现有技术为基础的。未来医院的功能无论有多么强大，都是在一个基本的结构上实现的。这个结构可简单归纳为4个部分：数字化的医疗设备、数字化设备构成的网络、网络之上的数字化医疗系统及基于数字化的医疗系统服务<sup>[42]</sup>，分别对应四诊信息采集设备、四诊合参智能分析、基于经典著作的中医临床辅助决策系统、诊疗活动4个步骤。但是将四诊客观化、智能化成果和辅助决策系统相结合的应用还很少，因此构建“四诊信息客观化-四诊信息智能化分析-智能辅助决策-诊疗”为一体的新时代人工智能辨证论治体系尤为重要。随着中医计算机技术和算法不断进步，利用机器学习、神经网络、知识图谱等新

技术方法,以现代中医药大数据为研究基础,将中医辅助诊疗系统应用于中医临床疾病诊疗中,建立中医数字化辨证诊疗体系,具有广阔的发展前景。

### 3 人工智能与中医结合的短板

3.1 政策法规缺失、数据安全措施不规范 在法律方面,有关AI技术的具体法律规范尚未制定,而立法空白限制了AI的发展,危害了人类安全和公共利益。AI系统的生产、销售、使用和售后服务规范需要立法明确。在数据安全方面,目前社会关注的焦点是数据安全和隐私保护的法律问题。而要实现中医的智能化,首先需要建立一个中医药统一的数据库,AI开发人员和维护人员应严格限制数据访问权限,中医药医护人员应提高数据安全意识,中医药资料库无论在技术层面或法律层面均须加强保护意识。

3.2 中医-AI复合型人才培养不足 与西医相比,中医药内涵丰富,历史悠久,但一直在一个封闭的体系里。随着各大型企业进军智能健康产业、中医药领域,系统学习过中医药知识且了解AI知识的复合型人才缺口非常大。目前,中医药的客观化和智能化研究主要集中在中医药大学和中医药研究机构,其理工学科的建设基础薄弱、底蕴不足。而理工能力突出的综合类或理工类院校又极少开设中医药专业的相关课程教学,交叉学科之间缺乏联系,医工合作多处于形式上联合,缺乏学术思想和需求的交流碰撞,以至于中医-AI复合型人才储备不足。

3.3 指标体系及算法标准建立困难 目前中医的传承存在地域环境气候、文化差异、知识传承体系结构不通、方剂方药配伍加减方法和中医标准临床术语不同等因素影响,如蒙医、藏医、苗医等少数民族医学。由于传统的中医诊疗过程受医者的主观意识、经验积累的影响,其诊断结果往往缺乏客观指标和统一规范。另一方面,中医数字化诊疗基础为大量的临床标准数据积累,前期需要专家对数据进行标注。专家临证经验不同且临床病情表现复杂,对采集结果有主观影响,因此四诊仪器对于采集到的信息的标准也无法定义,所以尚未实现真正意义上的四诊信息数据化,导致难以建立明确的指标量化体系。随着AI的不断发展,应用于构建诊断辨证模型的算法也在不断更新迭代,因此适用于智能诊疗的算法选择还有待商榷,诊断技术及指标的统一规范制定还存在着大量空白。

3.4 四诊采集仪器关联性不足 目前虽然已经有兼顾四诊采集的仪器投入使用,但大多数仪器仍然是基于单一的诊断方法进行辅助诊疗活动,与中医“望、闻、问、切、四诊合参”的理论背道而驰,过于孤立其单一的症状,脱离了中医“整体观念”的基本理念,且行业现状各自为阵,并无统一采集标准,所得的信息良莠不齐,更加忽略了四诊合参的必要性,缺乏整体性研究。四诊合参才能真正体现中医诊断的“整体观念”,把得到的不同采集结果进行多信息融合,对于准确了解病情和辨证论治具有重要的意义。因此真正实现中医四诊信息采集的智能化融合将是亟待解决的重要问题。

### 4 小 结

中医诊疗传统的过程是医生使用望、闻、问、切、四诊合

参的手段,收集患者症状和体征等四诊信息。收集信息的过程充满了医者的主观性。而将四诊合参所得到的信息进行科学的辨证论治才能正确地指导中医数字化临床诊治,因此中医“四诊客观化”与“智能辨证”是开展中医数字化诊疗的重要前提。目前许多中医诊断仪器已经应用到临床疾病的研究与中医科普中,但想要达到完全临床使用还任重道远,需依托人工智能进步发展的创新力优势,构建包括四诊和辨证的中医数字化诊疗新格局。总体来看,目前投入使用的中医智能辅助系统大多以医案数据、古今中(西)医典籍、临床指南、循证医学研究成果为基础建立,因此建立基于经典著作的中医临床辅助决策系统,对四诊客观化所得成果进行分析,构建“四诊信息客观化-四诊信息智能化分析-智能辅助决策-诊疗”完整的智能辨证体系,完善辨证标准,为中医诊疗活动提供智能化信息支持,并将中医诊断信息客观化和现代医学检查指标融合,建立起中医数字化诊疗体系,对打破中西医理论与实践难以契合的现状有重要作用。同时,为了更有效地记录、储存和交换过去难以保存的珍贵医疗诊断资料,需将其共享在中医诊断大数据平台上,依据中医辨证思维,利用AI技术,辅助计算机识别等信息处理技术,加强中医四诊信息采集与分析识别的客观化、智能化研究,将其标准化、数字化,形成多元融合的中医大数据集合平台和具有中医特色的四诊采集、辨证论治及临床治疗推荐意见的基于经典著作的中医临床辅助决策系统,是实现个人健康监测、疾病风险预警及中医诊疗数字化的有效手段,也是实现中医临床诊断资料的平台共享和辨证研究的与时俱进,并且可以为中医药的国际化发展,在全球疾病防控中贡献“中医智慧”和“中国力量”。

### 参考文献

- [1] 曲慧.人工智能在超声内镜诊断胆总管结石中的应用[D].沈阳:中国医科大学,2021.
- [2] 杨燕,熊婕,王传池,等.人工智能思维模式与中医“象思维”的相似性探析[J].中华中医药杂志,2018,33(10):4419-4422.
- [3] 林树元,瞿溢谦,刘畅,等.中医药人工智能发展述评及技术融合趋势探讨[J].中华中医药杂志,2020,35(11):5384-5389.
- [4] 徐元景,牛欣,游丽芬.中医脉诊数字信号的虚拟仪器信息处理[C]//全国中医药科研与教学改革研讨会论文集,2004:27-28.
- [5] 边振,辛超,臧翠翠,等.浅析中医脉诊客观化的新思路[J].辽宁中医杂志,2015,42(1):70-71.
- [6] 刘龙飞.中医舌诊辅助系统[D].杭州:浙江理工大学,2014.
- [7] 白春清.中医专家系统三十年[J].医学信息(下旬刊),2011,24(2):550-552.
- [8] 李灿东,吴承玉.中医诊断学[M].3版.北京:中国中医药出版社,2012.
- [9] 赵紫娟,赵涓涓,赵琛琦,等.图像智能处理方法在中医中的应用与挑战[J/OL].太原理工大学学报,2021:1-20

- [2021-10-19].<https://kns.cnki.net/kcms/detail/14.1220.N.20211018.1350.002.html>.
- [10] 张冬,张俊华,孟昭鹏,等.基于高光谱图像技术的中医舌诊客观化研究展望[J].中国中医基础医学杂志,2019,25(9):1324-1326.
- [11] 夏雨墨,高慧,王庆盛,等.颜色空间在中医望诊客观化研究中的应用进展[J].中国中医药信息杂志,2021,28(4):135-139.
- [12] 丘俊鑫,赵娟,张晓天.益气复元膏方干预气虚质患者的临床疗效及对舌象客观指标的影响[J].中华中医药杂志,2022,37(8):4852-4855.
- [13] 周明瀚,刘旺华,李花,等.原发性高血压阴虚阳亢证舌象客观化研究[J].中华中医药杂志,2022,37(6):3401-3404.
- [14] 任琦,唐斐斐,周旋,等.冠心病痰瘀互结证面诊客观化的初步研究[J].中国中医基础医学杂志,2020,26(9):1280-1283.
- [15] 李加才,屠立平,姚兴华,等.基于中医数字化面诊技术的健康状态人群面色特征研究[J].中华中医药杂志,2022,37(1):342-347.
- [16] 宋雪阳,许朝霞,王寺晶,等.中医闻诊客观化临床应用研究概述[J].中国中医药信息杂志,2019,26(3):141-144.
- [17] 马天才,庄燕鸿,王忆勤.声诊现代化研究及其在中医学研究中的应用[J].上海中医药大学学报,2009,23(1):79-82.
- [18] 陈春风,王忆勤,徐璿,等.342例肺系疾病患者的语音信号采集和特征分析[J].上海医药,2022,43(14):21-25.
- [19] 朱文锋.中医诊断与鉴别诊断学[M].北京:人民卫生出版社,1999:11.
- [20] 林雪娟,周福,吴青海,等.基于电子鼻的2型糖尿病常见病位的气味图谱辨识研究[J].中华中医药杂志,2022,37(7):3785-3789.
- [21] 周福,连梨梨,张劲松,等.基于电子鼻的社区获得性肺炎常见病位间的气味图谱特征识别[J].中华中医药杂志,2019,34(12):5954-5956.
- [22] 罗瑞静,何建成.中医智能化问诊系统开发及应用前景[J].时珍国医国药,2014,25(7):1797-1798.
- [23] 迪盼祺,夏春明,王忆勤,等.基于协同过滤算法的中医智能问诊系统研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2021,23(1):247-255.
- [24] 杜曾贞,唐东昕,解丹.智能问诊中基于深度神经网络的反问生成方法[J/OL].计算机应用,2021:1-8[2021-06-03].<https://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1307.TP.20210601.1713.006.html>.
- [25] 李本岳,李伟荣,潘华峰,等.人工智能对中医诊断的影响[J].世界科学技术-中医药现代化,2020,22(5):1624-1628.
- [26] 王泽宇.自然语言处理概述及应用[J].通讯世界,2019,26(4):309-310.
- [27] 敖艺洲.脉诊的客观化现代研究[J].实用中西医结合临床,2021,21(11):158-159.
- [28] 张绍良,张志枫,许家佗.寸口三部九候脉诊客观化研究进展[J].世界中医药,2016,11(5):929-931,935.
- [29] 费兆馥.脉诊仪的研究现状及对寸口三部脉象客观检测的初步设想[J].上海中医药大学学报,2012,26(4):7-10.
- [30] 毕锐宇,赵云龙,朱泉龙,等.中医脉诊数字化研究进展及发展趋势[J].传感技术学报,2021,34(4):427-433.
- [31] 张选,胡晓娟.基于GoogLeNet和ResNet的深度融合神经网络在脉搏波识别中的应用[J].计算机系统应用,2019,28(10):15-26.
- [32] 沈睿,毛晓波,周熙,等.智能中医舌脉诊断手环[J].电子设计工程,2022,30(14):156-160.
- [33] 周会林.一种脉象全信息触力传感器[J].中国医疗器械杂志,2021,45(2):141-144,171.
- [34] 孙广仁,郑洪新.中医基础理论[M].3版.北京:中国中医药出版社,2012.
- [35] 崔骥,许家佗.人工智能背景下中医诊疗技术的应用与展望[J].第二军医大学学报,2018,39(8):846-851.
- [36] 徐艺峰,王忆勤,郝一鸣.2型糖尿病及其常见慢性并发症患者四诊客观参数分析[J].中华中医药杂志,2022,37(6):3405-3409.
- [37] 林树元,刘畅,李煜,等.中医在人工智能时代的挑战与经方智能化研究思路[J].中华中医药杂志,2019,34(2):448-451.
- [38] 赵文,张佳,徐佳君,等.四诊合参智能化发展现状及实现路径[J].中医杂志,2020,61(1):58-62,67.
- [39] 石英杰,李宗友,赵攀,等.我国中医计算机辅助诊断研究热点与趋势的知识图谱分析[J].中国中医药图书情报杂志,2021,45(2):11-18.
- [40] 姚帅君,闫敬来,杜彩凤,等.基于机器学习的围绝经期综合征中医智能辨证模型构建研究[J/OL].中国中医药信息杂志:1-8[2022-10-25].DOI:10.19879/j.cnki.1005-5304.202207558.
- [41] 许梦白,刘雁峰,赵宗耀,等.基于人工智能的不孕症中医辨证模型的构建与应用[J].中华中医药杂志,2021,36(9):5532-5536.
- [42] 张兴华,汤黎明,沈苏静.谈数字化医疗[J].医疗设备信息,2002,17(6):33-35,23.

(收稿日期:2022-08-25 编辑:罗英姣)