数字中医中药

DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2025.11.004

人工智能实现中医四诊的发展现状、问题及解决路径

焦逸[1],何庆勇[2],曾凤[1],段晓华[1]
(1.北京中医药大学国学院,北京 100029;2.中国中医科学院广安门医院,北京 100032)

摘要:人工智能实现中医辨证论治的关键在于中医四诊的标准化、规范化、数据化和智能化。从望、闻、问、切四诊的人工智能现状进行分析。望诊采用高清摄像头拍摄整个面部、舌图、舌下脉络、唇色、眼睛等部位,采用面部分割算法、颜色空间模型与光谱色度和波长反射率相结合,为望诊的量化分析提供了思路。闻诊对咳嗽、肠鸣等异常声音,口、痰、二便等异常气味进行采集,运用神经网络和电子鼻等技术进行定性定量分析,为肺系、肠胃系疾病的诊断提供了新方法。问诊通过深度学习(deep learning,DL)模型进行人机交互,构建多对多的病机与证候概率图,为精确处方提供了概率统计。切诊从初级的压力传感器升级到脉搏波触力传感器,可采集三维脉象图和动态检测血流成像,丰富了脉诊客观化的指标。中医四诊人工智能的实现仍有很多问题亟待解决:四诊的规范化、标准化、量化细则尚未完善;四诊单项采集硬件设备百花齐放,但四诊合参采集硬件设备仍处于初级阶段,四诊智能化融合程度较低;智能模型、算法、大数据在医疗视频疾病鉴别领域仍不成熟;大数据信息安全隐患潜伏,缺乏医工交叉人才引领行业的发展等。对以上问题进行讨论与分析。

关键词:人工智能;四诊客观化;数字医疗;中医大数据;疾病智能诊疗
中图分类号:R2-03 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2025)11-0016-05

Development Status, Problems and Solutions of Artificial Intelligence in Implementing Traditional Chinese Medicine's Four Diagnostic Methods

JIAO Yi[1], HE Qingyong[2], ZENG Feng[1], DUAN Xiaohua[1]
(1. College of Chinese Medicine, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China;
2. Guang'anmen Hospital, Chinese Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100032, China)

Abstract: The key to achieving TCM syndrome differentiation and treatment through artificial intelligence lies in the standardization, normalization, dataization and intelligence of TCM four diagnostic methods. It analyzes the current status of artificial intelligence in the four examinations of inspection, listening and smelling, inquiry and pulse taking and palpation. Inspection adopts high-definition cameras to capture the entire face, tongue images, sublingual veins, lip color, eyes and other parts. The facial segmentation algorithm, color space model, spectral chromaticity and wavelength reflectance are combined to provide ideas for quantitative analysis of the observation. Inspection collects abnormal sounds such as cough and bowel sounds, and abnormal odors such as mouth, sputum and stool, and uses BP and SVM neural networks and electronic nose and other technologies for qualitative and quantitative analysis, providing a new method for the diagnosis of pulmonary and gastrointestinal diseases. Inquiries use the deep learning(DL) model for human-computer interaction to build a many-to-many probability map of pathogenesis and syndromes, providing probability statistics for accurate prescriptions. Pulse taking and palpation have been upgraded from a primary pressure sensor to a pulse wave touch sensor, which can collect three-dimensional pulse maps and dynamically detect blood flow imaging, diversifying the objective indicators of pulse diagnosis. There are still many problems to be solved urgently in the realization of artificial intelligence for the four diagnoses of traditional Chinese medicine: the standardization and quantification rules for the four diagnoses have not yet been improved; the hardware equipment for the individual collection of the four diagnoses is blooming in a hundred ways, but the hardware equipment for the combined collection of the four diagnoses is in its infancy, and

基金项目:国家社会科学基金年度项目(21BTQ026)
作者简介:焦逸(1990-),女,河北保定人,硕士,研究方向:中医数字化。
通讯作者:段晓华(1971-),女,山西忻州人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中医文献、中医药文化。E-mail:duanxh852@sina.com。

the intelligence of the four diagnoses is low. The degree of integration is low; intelligent models, algorithms and big data are still immature in the field of medical video disease identification; big data information security risks lie, and there is a lack of cross - cutting talents between medical and industrial departments to lead the development of the industry. This paper discussed and analyzed these issues.

Keywords: artificial intelligence; objectification of four diagnoses; digital medicine; data of traditional Chinese medicine; intelligent diagnosis and treatment of diseases

“人工智能+中医”“AI+数字医疗”理念开启了中医智能医疗时代。历史悠久的中医与新兴人工智能的结合将引发医疗的巨大变革和创新。本文从人工智能实现中医四诊的现状、存在的问题和解决路径进行探讨，以期为中医与人工智能的结合发展起到促进作用。

1 人工智能望诊现状

望诊主要为面诊和舌诊。目前人工智能实现望诊的原理是使用特定的光源和高度清晰的摄像头对患者的面部、舌苔、眼睛等部位进行拍摄，然后利用人工智能算法进行图像处理，结合中医面诊知识进行大数据分析，然后得出中医诊断。

1.1 面诊图分割算法与望色量化 刘媛等[1]运用YM-Ⅲ系列中医面诊仪采集系统，结合面诊图特点用灰度自适应增强方法预处理，自适应非线性转换方法防止颜色空间转换色度失真，用数学形态学和聚类方法处理细节，有效分割面诊图的目标区域。李福凤等[2]建立中医面部五色（青、赤、黄、白、黑）分类量表，从面色、光泽、唇色、唇润燥等方面解读图片，研制中医面色自动识别分析系统[3]。许家佗等[4]采用CM-2600D分光测色仪，田雪飞等[5]运用测色仪器MPV-Ⅱ型显微分光光度计，分别发现光谱色度测定法和波长反射率光谱曲线图，为中医望诊的量化提供了依据。

1.2 舌诊识别算法与颜色空间模型 SUN Y等[6]提出了基于卷积神经网络（convolutional neural network，CNN）定位舌图区域和分类齿痕舌方法，CNN通过卷积层、池化层和全连接层等结构，自动提取、抽象、理解数据中的特征，有效地捕捉数据的空间关系，从而实现医学图像的识别和分类任务[7]。江涛等[8]用TDA-1型小型舌像仪采集高尿酸血症患者舌图，用Spearman、Logistic、多元线性回归等方法得出舌图、尿酸、病机之间存在紧密的相关性。随着红绿蓝（red-green-blue，RGB）、色调-饱和度-亮度（hue-saturation-value，HSV）、Lab、色调-饱和度-强度（hue-saturation-intensity，HSI）颜色空间模型[9]的发展，舌图的色彩提取更加细节化和全面化，舌图颜色、舌下络脉分割、苔色的客观化、标准化、定量化[10]均取得良好发展。

1.3 舌面象仪与目诊仪 将面诊和舌诊结合起来的舌面象仪[3]如：道生DS01-B舌面象仪、圣美孚ZMT-1A舌面象仪、依脉智能x663fbn舌面象仪等，均可以自动识别、分析舌面特征，提供数字化、定量化的诊断数据，它们的区别在分析算法、数据输出形式、检测精度、性能价格等方面。还有便携式目诊设备[11]可采集眼睛左视、右视、上视、下视和正视5类拍摄角度，获取气轮、血轮、肉轮、风轮等部位信息，结合中医目诊脏腑分区图，可辨别体质的倾向和脏腑的虚实。

2 人工智能闻诊现状

闻诊主要分为声诊和嗅诊。声诊是对异常声音进行辨别，如呻吟、太息、呼吸缓促、咳嗽、喷嚏、呕吐、呃逆、嗳气、肠鸣等可借助听诊器检查其异常声音的强弱和频率[12]。嗅诊包括嗅口、鼻、耳、二阴等九窍气味，痰、二便等排出物、病体、病室等异常气味[12]。

2.1 声诊信号识别 孙乡等[13]通过语音的音高、音强、共振峰等语音参数特征，建立多元线性回归的有效模型，可预测中医五态人格（太阳、少阳、阴阳和平、少阴、太阴）。雍小嘉等[14]观测气流量和速度，运用声音扰动法分析声音特征，发现声音扰动参数是声诊判断体质的客观化依据。穆怀喜[15]运用中医声象客观化采集系统，采集不同体质大学生的五音样本，提取声音信号特征，运用神经网络和支持向量机的模式对声音信号识别分类，为声象客观化中医体质的分类提供指导意义。陈春凤等[16]采用由华东理工大学研发的中医闻诊采集系统，采集不同证型的肺系疾病患者的声音数据，运用反向传播（back-propagation，BP）和支持向量机（support-vector-machine，SVM）神经网络分类识别技术，发现不同证型的肺系疾病患者的语音特征不同，为声诊的客观化提供了研究基础。董伟等[17]采用小波包分解法分析慢性咽炎患者的语音信号与中医证型之间的相关性研究。宋雪阳[18]研究发现肺结节患者的声音频段包含明显差异，声音特征可作为筛查肺结节、辨证中医证型的依据。

2.2 嗅诊定量分析 嗅诊运用电子鼻技术或定性定量分析挥发性有机物或无机气体分子（volatile-organic-compounds，VOCs）为诊断肺系疾病、肠胃系疾病、糖尿病等提供了新方法。林雪娟等[19]选择2型糖尿病前期、糖尿病期和健康者共276人的口腔呼气，用阵列式气体传感器的电子鼻技术（EN011103-A）和模式识别算法辨识2型糖尿病的分期与病位。周福等[20]用电子鼻对社区获得性肺炎（community-acquired-pneumonia，CAP）患者采集口腔呼气，运用决策树、K最邻近算法（K-nearest neighbor，KNN）和人工神经网络3种分类器的方法识别肺、肝、脾、表不同病位的气味图谱特征，对CAP的病位诊断提供了新方法。张玫等[21]指出采用离子迁移谱、光谱、质谱、色谱技术，对VOCs在汗液、呕吐物、尿液、粪便的定性定量分析，可以为癌症、癫痫、抑郁症、中毒、恶性胆道狭窄、结直肠炎、结直肠癌等疾病进行诊断。

3 人工智能问诊现状

相较于望诊、闻诊、切诊，问诊人工智能客观化与量化更容

易实现。普通人无法对疾病进行专业的描述,而自然语言处理(natural language processing,NLP)技术通过语音识别可对患者的自然语言提取摘要、联系语境与上下文进行情感分析,并结合中医术语,与计算机语言进行交互,构建深度学习(deep learning,DL)模型。

3.1 人工智能问诊模型 王芬等[22]提出基于概率图的中医问诊模型,根据症状与辨证是多对多的数学集合关系,如“畏寒”“发热”“无汗”“脉紧”“身痛”构成集合“太阳伤寒”,“畏寒”“喜冷饮”“舌苔黄”构成集合“外寒里热”,不通过患者填问卷大量问题的模式,而是模仿有经验的大夫,从集合中迭代症状,经过几轮问答,确定辨证方向,可节省问诊时间,提高效率。李文博[23]等抓取“百度拇指医生”问诊平台的文本数据,采用自然语言技术运用 fastText 意图识别和双向长短记忆(bi-directional long short - term memory,BiLSTM)槽填充等基线模型,细粒度分类对话意图和语义槽填充,从而提取文字意图和实体信息,构建基于双向自回归转换器(bidirectional and auto - regressive transformers,BART)骨干模型,对比学习改良和创新算法,使模型的理解准确率和用户体验有明显提升。

3.2 证候要素辨证分型 朱文锋[24]建立了“症状 - 证素 - 证型”三阶双网辨证体系,即采集症状与四诊信息后,确定病性证素(六淫、痰、饮、脓、水等)、空间位置证素(表、半表半里、五脏、六腑等)、时间位置病位证素(卫分、气分、六经等),最后得出肝阳上亢等中医辨证分型。王永炎院士提出“降维升阶”的思想,降维即将复杂的病机和证候降维成最基本证候要素,如“血虚动风证”可分解成“血虚”与“内风”,证候要素越基础,诊断就越明确;升阶是指基本证候要素灵活组合成复杂的病机和证候,如“心”“血瘀”“气虚”,可组合成“心气虚血瘀证”[25]。这种证候要素的“降维升阶”,可令计算机识别最基本证候要素单元后,再将证候要素单元进行几种或几轮的灵活组合,可兼容不同医师的个人经验和六经、脏腑、卫气营血、八纲等不同的辨证方法。

4 人工智能切诊现状

切诊即脉诊。脉诊采集系统一般分为脉象采集硬件设施和脉象信号分析与处理软件系统。目前采集脉象信号的传感器为单探头压力传感器、多探头压力传感器和多源信号复合传感器等[26]。

4.1 脉象采集硬件设施 脉诊仪最初用压力传感器较为普遍,如 20 型三线脉象仪、MX - 3 脉象仪、BYS - 14 型脉象仪,由于单探头压力传感器,无法同时采集寸、关、尺三部脉象,导致误差较大,未投入临床使用。目前脉诊仪主要以阵列式、柔性、光电与压力融合等复合传感器为主。王磊等[27]以小直径液囊形成面接触柔性压力传感器,以液体传导模拟感觉神经末梢,提供大量脉搏信息阵列,得到更丰富的三维脉象图。周会林[28]研制了采集寸、关、尺脉象幅度和宽度信号的三阵列专用触力传感器,符合国际标准脉搏波触力传感器 ISO 19614:2017 - 05 的要求,经算法分析可辅助诊断脉位、脉形、脉宽。杨杰等[29]研制新型中医脉诊硬件装置,将柔性压力传感器和经过改造的 B 型超声探头联合在一起,将桡动脉的脉诊信息变为可实时动态观察的声像图,为脉宽、脉位、脉形、脉势的量化分析和数字化的发展提供了基础。高丽莎等[30]采用彩色多普勒超声采集寸、关、尺脉象信号,可动态检测血流成像,实现对比三部脉象的差异性,具有可重复性、分辨率高、检测效率高等优点。

4.2 脉象信号处理模型 田紫微等[31]认为脉象信号处理包含预处理、参数提取、建立分类模型 3 个步骤。预处理先用小波和经验模态分解联合方法去除噪声,再识别脉搏周期特征点。波形量化取决于时域、频域、拟合等线性或非线性特征的参数提取。建立分类模型的算法有基本机器学习(machine learning,ML)、神经网络(neutral network,NN)和集成学习算法。王斯涵等[32]使用脉搏波自主研发采集软件 SG3Demo4.0,同时采集手指端、桡动脉、肱动脉、心电信号,提取心率变异性(heart - rate - variability,HRV)与脉率变异性(pulse - rate - variability,PRV)波形数据,为脉诊客观化指标的多样化提供可能性。王世丹等[33]采用柔性阵列传感器,对寸、关、尺分别施加浮、中、沉 3 种压力,获得 9 组脉象信号,再运用巴特沃斯带通滤波器对脉象信号消除噪声,用皮尔逊系数进行周期分割消除基线漂移,融合多通道脉搏 Gabor 特征、PC 特征、短时傅里叶变换(short - time fourier transform,STFT)特征,训练多视图典型相关分析(multi - view canonical correlation analysis,MCCA)模型支持向量机分类脉象。

5 人工智能四诊合参现状

人工智能实现四诊的途径是利用大数据收集四诊单项信息,再根据人工智能算法实现四诊融合,进行正确的辨证论治并诊断。

5.1 四诊客观化采集设备 BD - SZ 便携式四诊合参辅助诊疗仪是由北京中医药大学团队研发,通过中国国家食品药品监督管理局审批注册的中医诊断系统[34]。该辅助诊疗仪由舌诊、声诊、脉诊装置和四诊合参辅助诊疗软件合成及便携式输出部分构成,有病例管理和数据库检索挖掘的功能,辅助医生进行诊断并给出诊疗建议。航天领域已有四诊仪列入 MARS500 研究计划投入使用,用来在模拟条件下检测和分析宇航员的身体状况[35]。李灿东团队研发的中医太空舱是由人体信息采集、四诊信息集成、智能算法处理、系统集成、大数据校验构成的新一代中医智能诊疗设备。可实现线上咨询、线下诊疗,并量化采集四诊信息,提供智能化闭环式诊疗,构建融合大数据和人工智能的集成系统[36]。

5.2 四诊数据智能化融合 曹云等[37]针对胃食管反流病,根据支持向量机分析原理、神经网络模型分析原理、自动编码器分析原理,构建了智能化机器学习的辨证模型。文天才等[38]发现交叉特征生成卷积神经网络(cross - feature generate by CNN,Cross - FGCNN)模型、多标签学习(multi - label K - nearest neighbor,ML - KNN)模型、长短记忆条件随机(long short - term memory conditional random field,LSTM - CRF)递归神经网络模型在辨证识别率、预测中医疾病类型的精确度更

高。赵智慧等[39]提出基于远程光电容积脉搏扫描法(remote photo plethysmography,rPPG)非接触式视频生理面部参数,利用深度卷积神经网络、多级任务和深度学习,在面部视频和中医脉象之间建立映射,为面诊和脉诊的相关性研究提供了基础。孙晓生团队基于 Chinese Bert 语言基底模型,构建与中诊思维相符的可推理解释的智能辨证新模型,为智能化辨证提供了新思路[40]。展志宏等[41]为提升辨证模型的准确率,探讨先用自然语言处理(NLP)技术规范化四诊信息,再用频数、聚类、因子、主成分等分析方法降维数据,最后用加权投票算法得出辨证分类结果。

6 人工智能实现四诊存在的问题与解决路径

6.1 智能望、闻、问、切各自发展,四诊合参智能化融合不足 面诊仪、舌诊仪、脉诊仪、目诊仪、声诊采集系统、电子鼻等在各自领域朝智能化、大数据化、迷你化可穿戴方向蓬勃发展,甚至在多种疾病的相关性研究有所突破。但面图、舌图通过智能计算与分析仅能得出某类疾病常表现出特定的面图、舌图及治疗方案,有规律性与相关性。但无法仅凭舌诊、面诊进行疾病的诊断并得出相应的治疗方案。由于中医辨证体系是四诊合参,谨守病机。而四诊合参的智能化无论从硬件集成系统,还是四诊融合的智能算法、大数据校验均处在初级发展阶段。若四诊信息存在矛盾时,医生或偏重证、或偏重脉、或偏重舌、或偏重色,完全依赖个人经验,智能算法如何取舍成为难点。期待有更多的团队在四诊合参的硬件集成、智能算法和数据处理等方面做出更多的探索。

6.2 智能模型、算法、算力在医疗视频鉴别领域尚未突破 目前医疗人工智能模型和算法处理的多是平面图片信息,如面图、舌图等。若舌苔、舌质颜色相近,算法区分舌苔、舌质、舌润燥等信息精确度仍待提高。而且不能完全模拟医生对病人全方位的四诊,会遗漏中医最看重的“神”。人工智能应更加全面地捕捉病人信息,如望神态、面色、光泽、润燥、舌体、舌苔等,可捕捉三维动态影像,但会导致视频的硬件存储空间大大增加,硬件与云端的传输速度降低,诊断的反馈时间变长,用户体验性差等问题。且现阶段医疗视频的鉴别算法仍处在初级发展阶段,视频算法的高精确度会令云端计算量呈指数级增长,对算力要求过高。

6.3 中医诊疗方案多样化,难以量化训练大数据模型 “阿尔法狗”[42]“深蓝”“小原”等象棋、围棋 AI,都是利用棋谱、历史竞赛数据自弈学习,其特点是输赢立判、即时提供反馈,AI 不断调整算法,使棋力飞涨。而中医由于学术流派的多样性,又有同病异治、异病同治的特点,使得不同中医对同一问题有不同的治疗方案。人工智能给出的诊断及治疗方案,除非在病人身上实施,否则无法判断其正确性,而治疗过程需要时间,疗效难以量化,增加了向大数据模型反馈的难度。笔者认为,可将智能大数据模型与医院病例库联通,通过算法筛选并追踪 AI 给出治疗方案的疗效。

6.4 中医四诊的规范化、标准化、量化细则尚未统一 国家标准化管理委员会联合国家市场监督管理总局于 2021 年 11 月 26 日颁布 GB/T 40665《中医四诊操作规范》[43-46],该规范的发布推动了四诊的规范化、标准化,但其量化细则尚未公布。如望诊的光源环境、采光质量、面色量化标准、闻诊采集环境、问诊临床术语、问诊量表的规范化、切诊的硬件采集仪器、脉象信号的合格标准等均未有统一规定。为了加快中医的人工智能速度,应尽快集结中医专家团队,制定四诊的量化细则标准,助推中医智能化的进程。

6.5 大数据信息安全隐患易引发信任、财产、人身安全危机 人工智能采集面部或个人身份信息需要传输到云端进行大数据计算,信息安全尤为重要。特别是在现在流行的刷脸支付等应用中,如果患者的面部信息被不法分子获取,就有可能被用来进行身份盗用、虚假交易等欺诈行为,给患者造成财产损失。此外,患者的肖像隐私也可能被不法分子用于其他违法犯罪活动,对患者的人身安全构成威胁。因此,医疗机构在收集和处理患者面部及个人信息时,必须加强信息安全防护措施,加强数据库的访问控制权限、防火墙、入侵检测系统、安全认证、数据传输加密等多层防护措施,避免信息泄露或外网恶意攻击造成国家与个人的安全风险。

6.6 缺乏跨界医工交叉人才引领项目、规避风险 目前人工智能+中医的研发团队成员大多为两类,分别为计算机人工智能专业人才和中医专业人才,期待两个不同专业的人才一起工作激发出创新活力。但人工智能与中医均有较高的知识壁垒,两种人才沟通的时间成本较高。中医人无法理解计算机算法实现的底层逻辑,认为算法可实现一切项目需求,对项目需求实现周期的长短与难度没有概念。而计算机专业人才无法理解中医脉诊的精细程度、望神的灵机一闪、纷繁症状中辨证取舍的难点、主证兼证量化的困难。即两种人才无法理解对方的专业技术难点和瓶颈,容易导致项目需求过高、项目周期不合理,或者不懂得规避技术难点,用其他技术方法实现需求,从而使项目停滞或者沟通成本过高难以真正创新。笔者认为,应拆除行业壁垒,令计算机(或中医)专业的本科、硕士学生,考硕、考博时可选择中医(或计算机)专业,从而培养既懂中医又懂人工智能的医工交叉人才。

7 结语

人工智能实现中医诊疗方案的关键一步就是中医四诊的客观化、规范化、数据化、集成化和智能化。望、闻、问、切四诊的大数据算法百家争鸣,四诊融合算法尚处于初级探索阶段。中医与人工智能的结合可以为中医行业带来新的技术突破和行业变革,为患者提供更优质的医疗服务,从而推动中医的国际化发展。

参考文献

[1] 刘媛,赵鹏程,陆小左. 一种面诊图像的分割算法[J]. 电脑知识与技术,2017,13(26):183-185.
[2] 李福凤,邸丹,王忆勤,等. 基于计算机技术的中医面色诊信息采集与识别研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化,2008,10(6):71-76.
[3] 林锋,谭迎,周鹏,等. 中医面诊系统调研报告[J]. 中国体视学

与图像分析,2019,24(3):225 - 240.
[4] 许家佗,吴宏进,陆璐明,等. 不同健康状态的面部光谱色度特征分析[J]. 生物医学工程学杂志,2012,29(6):1062 - 1067.
[5] 田雪飞,程曙,周青. 脾病明堂色反射光谱图像分析[J]. 湖南中医药导报,2001,7(2):79 - 81.
[6] SUN Y,DAI S M,LI J D,et al. Tooth - marked tongue recognition using gradient - weighted class activation maps[J]. Future Internet,2019,11(2):45.
[7] LIAO F Z,LIANG M,LI Z,et al. Evaluate the malignancy of pulmonary nodules using the 3 - D deep leaky noisy - OR network[J]. IEEE Trans Neural Netw Learn Syst,2019,30(11):3484 - 3495.
[8] 江涛,曾令旨,齐真,等. 高尿酸血症患者舌象的图像特征研究[J]. 中医杂志,2018,59(22):1948 - 1952.
[9] 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.
[10] 黄淑琼,张云龙,周静,等. 浅谈中医舌象客观化、定量化、标准化研究[J]. 中华中医药杂志,2017,32(4):1625 - 1627.
[11] 刘延勇,骆学荣,侯建伟,等. 便携式中医目诊设备的设计[J]. 医疗卫生装备,2023,44(8):112 - 116.
[12] 孟骊冲,刘建和,李杰,等.《中医四诊操作规范第 2 部分:闻诊》国家标准解读[J]. 湖南中医药大学学报,2024,44(1):140 - 143.
[13] 孙乡,杨学智,李海燕,等. 成人语音特征与中医五态人格的相关性研究[J]. 北京中医药大学学报,2012,35(4):251 - 254,260,290.
[14] 雍小嘉,赵刚,郭佳. 声音扰动分析法对平和质与气虚质人群声音特征的研究[J]. 山西中医,2016,32(1):45 - 46.
[15] 穆怀喜. 基于中医体质的声象特征研究[D]. 天津:天津大学,2012.
[16] 陈春凤,王忆勤,徐珺,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.
[17] 董伟,王忆勤,郑荣华,等. 100 例慢性咽炎患者语音信号的证型特征分析[J]. 河北中医,2015,37(11):1613 - 1615,1619.
[18] 宋雪阳. 不同证候肺结节患者的中医声诊特征初步观察[D]. 上海:上海中医药大学,2019.
[19] 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.
[20] 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.
[21] 张玫,钟瑞,魏旭煦,等. 数智中医(闻)嗅诊研究进展[J]. 数理医药学杂志,2024,37(1):2 - 21.
[22] 王芬,刘铜华,丁雷,等. 基于概率图的中医动态交互问诊与智能辨证的数学模型的探索[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2023,25(10):3370 - 3376.
[23] 李文博,董青,刘超,等. 基于对比学习的儿科问诊对话细粒度意图识别[J]. 广西师范大学学报(自然科学版),2024,42(4):1 - 10.
[24] 朱文锋. 创立以证素为核心的辨证新体系[J]. 湖南中医学院学报,2004,24(6):38 - 39.
[25] 张志斌,王永炎,吕爱平,等. 论证候要素与证候靶点应证组合辨证[J]. 中医杂志,2006,47(7):483 - 485.
[26] 李菲,于琦,王映辉,等. 中医脉象仪应用技术研究[J]. 中华中医药杂志,2021,36(11):6839 - 6842.
[27] 王磊,刘鑫,沙洪. 阵列式三维中医脉象检测的研究[J]. 中华中医药杂志,2011,26(12):2820 - 2822.
[28] 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.
[29] 杨杰,牛欣,司银楚,等. 压力与 B 超整合的中医取脉装置的研究与应用[J]. 世界科学技术,2005,7(6):44 - 46,61,92 - 93.
[30] 高丽莎,李岩,于晓飞,等. 基于多普勒超声技术的平脉客观化表达[J]. 滨州医学院学报,2023,46(6):462 - 465.
[31] 田紫微,贾芸芳. 脉象仪中的智能分类算法研究[J]. 中国医疗设备,2024,39(3):146 - 153,159.
[32] 王斯涵,荆聪聪,蓝方,等. 健康人不同部位脉率变异性与心率变异性一致性分析[J]. 中华中医药杂志,2022,37(9):5083 - 5088.
[33] 王世丹,许红,付红波,等. 柔性传感器智能脉诊系统信号采集处理技术[J]. 数据采集与处理,2024,39(1):236 - 246.
[34] 王晶,牛欣. BD - SZ 便携式四诊合参辅助诊疗仪的研究与应用前景[J]. 世界中医药,2011,6(1):65 - 66.
[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] 赵文,陈启亮,李永,等. 四诊合参现代化发展研究[J]. 天津中医药,2020,37(10):1090 - 1094.
[37] 曹云,卢毅,陈建新,等. 基于机器学习的胃食管反流病中医智能辨证模型的应用[J]. 北京中医药大学学报,2019,42(10):869 - 874.
[38] 文天才,刘红萍,邢颖,等. 数据挖掘技术在中医四诊研究中的应用[J]. 辽宁中医杂志,2024,51(1):50 - 54,223.
[39] 赵智慧,秦睿,李炜弘,等. 基于多级任务的“视觉脉诊”方法研究[J]. 成都中医药大学学报,2024,47(5):60 - 66.
[40] 江启煜,孙晓生,谢波,等. 中医智能推理辨证模型探索[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2024,26(6):1644 - 1653.
[41] 展志宏,戴国华,张丛惠,等. 中医智能辨证多决策模型构建思路与方法[J]. 中华中医药学刊,2024,42(2):13 - 16.
[42] 王蒙,康笑宇. 关于“阿尔法狗”[J]. 读书,2019(4):2.
[43] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 中医四诊操作规范 第 1 部分:望诊:GB/T 40665.1—2021[S]. 北京:中国标准出版社,2021.
[44] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 中医四诊操作规范 第 2 部分:闻诊:GB/T 40665.2—2021[S]. 北京:中国标准出版社,2021.
[45] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 中医四诊操作规范 第 3 部分:问诊:GB/T 40665.3—2021[S]. 北京:中国标准出版社,2021.
[46] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 中医四诊操作规范 第 4 部分:切诊:GB/T 40665.4—2021[S]. 北京:中国标准出版社,2021.