

DOI:10.13288/j.11-2166/r.2024.17.001

学术探讨

中医望诊多模态融合技术的应用与思考

肖雯迪^{1,2}, 朱龙^{1,2}, 王洋^{1,2}, 林雪娟^{1,2}, 李灿东^{1,2}✉

1. 福建中医药大学中医证研究基地, 福建省福州市闽侯上街邱阳路1号, 350122; 2. 福建中医药大学福建省中医健康状态辨识重点实验室

[摘要] 中医望诊多模态融合研究借助新兴科技, 让辨识结果的精准性大幅提升。目前在望诊仪器采集参数的集成、参数的分析方面都使用了多模态融合技术, 其中以舌诊仪、面诊仪及目诊仪的研发应用为代表。目前望诊多模态融合研究在信息采集、融合分析与辨识结果应用环节分别存在参数采集全面性与准确性不足、参数对齐集成困难、辨识结果临床实用性低等问题, 认为望诊多模态融合研究在紧跟前沿科技的同时, 仍应以中医整体观念为指导, 注重提升多模态参数采集的全面性和准确性、参数融合的规范性、融合辨识结果的实用性, 以逐步推进中医四诊客观化、智能化与现代化进程。

[关键词] 望诊现代化; 多模态融合; 望诊仪器

人工智能 (artificial intelligence, AI)、大数据、云计算等新兴科技对医学领域产生了巨大影响, 医工融合产生的新技术能以临床需求为导向, 利用工程学方法破解医学难题。在此背景下, 中医望诊客观化研究已得到广泛发展, 与生物全息论相关的现代中医耳诊、手诊 (鱼际诊)、甲诊等不断涌现, 近年来则以舌诊、面诊、目诊为主要研究热点^[1]。望诊从神、色、形、态多角度获取患者临床特征, 无论何种望诊仪器都需要具备相应的多模态信息采集与处理功能, 方可提升望诊的准确性、稳定性和有效性。目前常见望诊仪器已呈现多模态信息数据的融合趋势, 本文梳理望诊多模态融合技术的研究现状, 分析当前研究中存在的共性问题并提出解决对策, 以期对未来中医望诊仪器的多模态融合研究提供思路和借鉴。

1 望诊与理工技术结合的重要性

中医理论以整体观念为指导, 强调机体内外统一与密切联系, 人体内部的病理变化会通过外部的征象来反映, 这些异常的病理改变被称为“症”^[2]。望诊所收集的症是医者得以司外揣内探查病证的依据。《四诊抉微》云: “望为四诊最上乘功夫, 果能

转其精髓, 亦不难通乎神明”, 凸显望诊的重要地位。然而临床望诊在症的采集环节, 不可避免地会带有一定主观随意性和模糊性。望诊结合理工技术, 借助机械工作的高准确性、稳定性、强感知等优点, 能够采集更多与病证相关的表征^[3], 从而丰富症的收集。在辨识环节, 客观量化的望诊表征为精准辨识提供依据, 计算机也能从更深层次挖掘望诊多模态信息间的相互关系。

2 医学图像信息的多模态融合优势

模态是指事物客观存在的方式, 任何一种信息的来源形式都可被看作是一种模态, 多模态则是事物以非单一模态的各种形式组合^[4]。多模态狭义层面是指人类运用不同感官获取外界不同形式的媒体数据如图像、音频、文本等, 广义层面是指同一媒介内部是由不同特性的数据构成^[5-6]。医学图像信息的多模态融合应属狭义多模态的范畴, 在综合多模态信息的基础上, 计算机模型运算的鲁棒性增强, 医学诊断中运用多模态融合技术便能掌握更多与病灶相关的信息, 从而提升诊断的精确性^[7]。多模态医学图像是来源于不同设备或同一设备中运用不同成像原理获取的图像参数, 例如计算机断层成像 (CT) 反映人体不同部位 X 射线质量衰减系数, 对密度差别大的组织区分效果较好, 能用于辅助诊

基金项目: 国家自然科学基金联合基金 (U1705286)

✉ 通讯作者: fjzylcd@126.com

断钙化、骨骼疾病；磁共振成像（MRI）反映不同体素的磁学特性，影像结果能增加软组织对比度，且 MRI 序列在人体各组织成分中呈现不一样的信号，可判断病变组织是脂肪、肌肉或骨骼等，T1、T2 加权像分别可观察解剖结构和是否存在水肿，液体衰减反转恢复序列（FLAIR）图像则可区分水肿与脑脊液区域^[8-9]。医学图像信息的多模态融合可整合各模态图像信息的优点，弥补单一模态图像信息不足的局限，实现图像数据的优化组合并扬长补短。中医望诊包含神情、色泽、形状、姿态等丰富内容，视觉信息由各种静态和动态的视觉数据形式组成，因此高度仿生的望诊仪器应具备采集与集合处理多模态信息的能力。

3 多模态融合技术在望诊中的应用

越来越多中医仪器的研发、使用，推进了望诊客观化进程。望诊仪器如舌诊仪、面诊仪、目诊仪

获取的是视觉信息数据，主要包含图像模态和视频模态的内容。从数据源角度看，望诊仪器收集来自不同传感器的望诊信息数据，根据不同的诊查部位选择特征并加以融合，最后结合中观其他表征及宏观和微观表征予以综合辨识，这是望诊信息多模态融合的特性环节。望诊多模态融合技术应用示意图见图 1。

3.1 舌诊仪

舌诊客观化、数字化研究起步较早，舌诊仪已成为目前认可度较高的中医诊断辅助设备。舌诊参数集中于舌色、苔色与舌形、苔质识别。目前临床常用的舌诊仪可提取舌体颜色空间色值、舌体胖瘦、齿痕、点刺以及舌苔厚薄、腻腐、苔剥自身、裂纹特征等，已应用于糖脂代谢病^[10]、食管癌^[11]、膝骨关节炎^[12]、颈动脉粥样硬化^[13]等疾病的舌象特征研究中。这些图像特征参数运用不同原理获

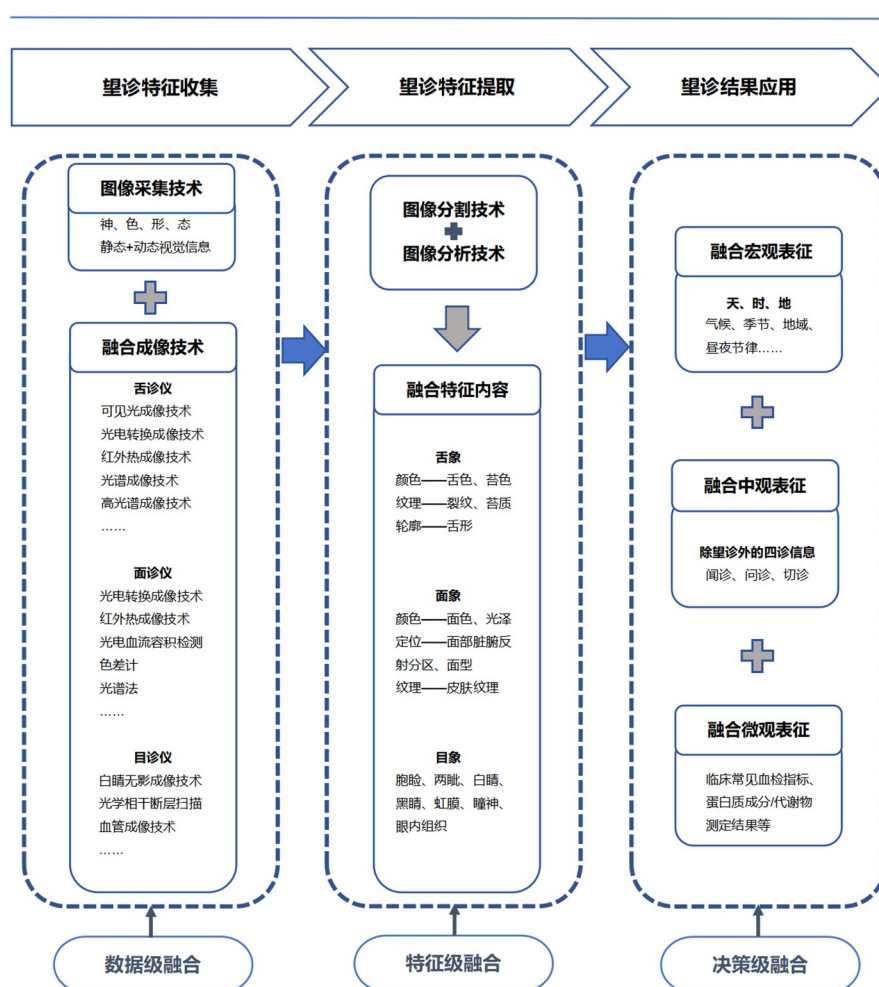


图 1 望诊多模态融合技术应用示意图

Figure 1 Schematic diagram of the application of multimodal fusion technology for traditional Chinese medicine diagnostic inspection

取,舌色图像色彩属性选择 RGB、HSV、Lab 等颜色空间标注,齿痕舌用舌体形状的几何参数识别,胖瘦舌根据舌体分割、苔质分离识别,舌图像分割有传统的边缘轮廓分割、图片阈值分割、Snakes 模型等方法^[14-16]。基于二维图像和可见光所能获得的信息量十分有限,但通过不同成像机理获取图像,就可扩大机器视觉的成像波段范围,如在可见光图像基础上融合使用热红外技术能提供望诊的温场信息,便于舌形等轮廓切割处理^[17];高光谱技术同时采集并融合多个光谱波段数据,从空间轴和光谱轴多角度快速获取舌象的三维信息,优化了苔质分离和舌苔信息提取方法^[18]。另外,光栅投影技术结合双目视觉也是舌象三维成像的方法,但却无法克服舌面反光问题,因此有研究在反光区域使用光栅投影真伪混合双目系统实现舌象的完整三维测量^[19]。在舌象特征采集的基础上,许多研究用不同的神经网络构建模型^[20-22],运用 AI 深度学习方法实现舌象多特征(舌色、苔色、舌形及裂纹)任务的精准和高效的批量分类处理识别。

总体上看,舌色客观化在舌象采集的人工光源上遵循同一标准,但不同的拍摄设备、色彩校正算法会造成色彩参数的差异,由此舌色参数的统一问题成为舌象 AI 大数据研究的难点;舌象采集不仅涉及颜色,舌体其他特征(除裂纹、齿痕)及苔质的研究目前相对匮乏,寻找能够准确、稳定识别舌象形质特征的图像分析工具成为当务之急。近年来计算机、互联网等学科的飞速发展以及多学科合作的深入,以舌诊图像为主的客观化研究成为望诊研究的主流。视觉多模态包含图片模态和视频模态,视频用于获取舌态特征,但目前舌态采集分析与舌象静态特征的融合研究尚薄弱,舌象数据库中舌态部分有待完善。

3.2 面诊仪

人体面部血脉丰富,是手足阳经汇聚之处,“色为气血所荣,面为气之所凑……故望诊首察色,察色必重于面也”^[23],颜面色泽有赖于脏腑气血的充养,并且面部易于观察,因而面诊可较为准确地判断脏腑精气的盈亏、气血的盛衰。目前临床在采用计算机技术分析面部色诊的基础上,收集大量临床面诊特征建立数据库,通过图片分区定位分割,提取典型的面部颜色与形状特征,从而实现面部特征的智能识别。常用的面诊仪型号不同^[24-31],所能采集的参数亦各不相同,但都体现了多模态融合技术的运用。有研究^[32]进一步梳理与体质辨识相关

的人脸观测特征,将面色、形态、发须眉、光泽、眼神、局部损美改变等多项特征一并融入面诊内容。面部特征内容丰富,不同特征叠加组合即是便捷的诊断工具,处理众多特征参数需借助 AI 方法,如有研究^[33]使用卷积神经网络(CNN)提取面部颜色、纹理及其他特征,并对比不同分类器的辨识效果,结果表明 CNN 融合面部颜色与纹理特征的人脸图像可成为中医体质分类的辅助诊断工具。

与舌诊仪应用研究相比,面诊仪同样以提取面部整体色泽居多^[34-36],其余如色斑、五官比例、面型等特征涉及较少。《素问·刺热篇》和《灵枢·五色》已有面部分候脏腑之异的相关记载,再加上人脸生物特征繁多因素,给面诊参数的规律总结造成阻碍,面诊仪统一标准难以建立,因而进一步提升面诊仪采集特征的完整性,根据不同的病证选择分候脏腑的理论依据,同时注重收集面部动态特征,融入深度学习领域人脸表情识别技术,成为面诊仪实现面部动静态特征融合辨识的有效途径。虽然也有部分研究将面部特征结合唇部、手掌特征进行中医病证的融合辨识^[37-39],但总体面诊客观化研究以颜面整体色部特征的规律观察、建立各特征间的关联为主,故下一步研究应努力将面诊仪辨识结果转化,应用于病证诊断模型的构建。

3.3 目诊仪

五脏六腑之精气皆上注于目,中医五轮学说、八廓学说为眼的分区与脏腑对应关系提供了理论支持。因眼的解剖结构精细,中医目诊尤需细查入微,仅依赖医生经验诊断会有诸多弊端,故需借助现代仪器实现客观化、标准化诊断。针对眼睛不同部位需使用虹膜诊断仪、小瞳孔眼底照相机、球结膜微循环检测仪、激光扫描眼底镜等仪器进行辅助检测^[40-41]。在目诊特征获取和识别方面也取得了一定成果,研究者使用不同的图像预处理方法强化眼部图像特征,如将可穿戴式目诊仪运用于肝硬化患者眼部检查,采用多方向的 Gabor 滤波器处理图片,区分眼前血管颜色、分布形态^[42];运用 Retinex 算法增强图片自适应力,从而克服光照不均衡的问题^[43];将模拟人眼的计算机视觉技术从人脸识别领域引入人眼识别,实现眼部细微血管形态、颜色的智能化辨别^[44]。关于眼的动态特征方面,有研究^[45]将筛选出的 5 个眼动特征运用机器学习方法建立中医眼神特征识别模型;另有研究^[46]在收集眼静态特征的基础上,应用便携式眼动仪获取眼动特征,同时采用随机森林、k 近邻、决策树、

梯度增强分类器、XGBoost、CatBoost 等算法对眼动特征识别模型进行训练,发现该模型能够准确地识别中风病证。此外,眼动仪结合脉诊仪、面部表情以及肢体动作分析等特征,可实现中医五志七情的客观分类与识别^[47-48]。

目诊客观化研究起步较晚,目诊多特征融合研究的前期工作尚不充分,如一些眼目局部特征术语尚未统一,搭建统一、标准化的理论框架体系存在一定困难。迄今许多目诊技术开发及临床应用仍处于尝试阶段,常见的中医目诊仪应用技术较单一,大部分以白睛无影成像技术为主,许多眼部特征是通过现代眼科检查设备获得,还未将激光扫描眼底镜、偏振光学相干层析等技术融入中医一体化目诊仪研发中。另外,由于目诊仪临床应用不如舌诊仪、面诊仪广泛,当前目诊研究纳入样本量较小,一定程度影响研究的可信度。

4 望诊多模态融合存在的问题与思考

根据信息的抽象程度,望诊多模态信息的融合由低到高可以分为数据级融合、特征级融合、决策级融合三个层次^[49],以特征级融合为中间核心层级,前期需要完成数据融合(即望诊信息采集)的准备工作,后期则将决策输出、应用辨识结果作为高层级的融合环节。目前望诊多模态融合研究在上述三个层次均存在一定不足,因此需要进一步探讨。

4.1 融合前——特征参数采集

信息采集是参数融合前的基础环节,全面、准确的望诊信息可为算法模型的建立提供数据支撑。

4.1.1 参数全面性不足 望诊信息采集方面存在参数全面性不足的问题。大多仪器仅能提取部分特征,尤其随着图像采集技术、信息处理技术、人脸分割技术及色度学分析技术的发展,以及采集传感器技术日渐精专的趋势下,动态特征容易受到忽视,如望诊强调“以神会神”,但望诊仪却往往不能采集神态、舌神。同时诸如局部望诊中的鼻、耳、皮肤等医疗诊断仪器使用、多模态融合技术发展明显滞后。此外,通过设备采集可获取零散的望诊要素信息,却不能真正代替中医师灵活、全面的望诊过程,这也从侧面反映了中医望诊仪器的研发与应用存在仿“器”与“术”易、循“法”与“道”难的共性问题。当前多信号集成传感器是设备工程领域的研究热点,该技术是将具有获取不同物理特征功能能力的传感器集中于同一个芯片基板上,由此实现多传感器集成^[50]。因此,针对参数

全面性不足的问题,可在中医整体观念指导下,使用集成多传感器为一体的轻型望诊仪,在同一时间基准下尽可能全面地采集望诊之神、色、形、态特征,甚至同时获取多个人体部位的望诊特征,这也是望诊多模态信息融合的前提。

4.1.2 参数准确性有待提升 目前望诊仪器参数准确性有待提升,仪器的先进性与测量稳定性不高,容易受到外界因素的干扰,采集参数的精准度不够。由于仪器更新迭代速度相对缓慢,望诊仪器现用的工程技术相对滞后,设备对颜色、光泽等方面的细微改变不敏感,故如何借助最新技术提升采集参数的准确性成为当前技术研究急需解决的问题。生物医学成像技术已在现有的 CT、MRI、PET 等基础上,向更高分辨率、灵敏度和多模态成像技术或是 AI 的方向发展,也有许多新兴传感器使用仿生材料制作,大大提升了传感器的灵敏度。未来逐步推进中医学与生物医学工程的学科交叉,借助先进生物医学工程技术获取望诊相关的多模态参数,提升参数准确性,是中医望诊仪器研发与升级的重要途径之一。

4.2 融合中——参数对齐集成

中医诊疗设备标准体系尚不健全,领域行业内器械标准化发展方兴未艾,通过查询国家药品监督管理局医疗器械技术评审中心网站,《舌象信息采集设备》(YY/T 1488-2016)是当前仅有的中医望诊医疗器械标准。各采集设备使用非通用的标准,使中医望诊特征参数在信息源上存在较大差异。例如中医色诊运用 Matlab 建模软件将图像的 RGB 色彩模式转换为 HSV 模式,该软件不同版本所换算的 V 值取值范围有 0~1 与 0~255 的差异。舌、面诊仪采集使用暗箱提供模拟日常光的光源,此光源的照度、色度不同厂家仪器、型号与版本方面也未有统一标准。因此,多模态信息融合中存在参数对齐集成困难的问题,未完成模式对齐会导致信息融合效率低、影响融合结果的可信度。应先建立、完善望诊仪器的参数标准,为多模态特征融合提供统一语义空间;同时集成算法需要不断迭代优化、逐步求精,充分运用多种神经网络算法,构建多模态深度学习算法模型。

4.3 融合后——辨识结果应用

中医通过望、闻、问、切获取四诊信息,《四诊抉微》言:“然诊有四在,昔神圣相传,莫不并重”,提示望诊应与其余诊法采集的信息合参。多模态信息融合辨识存在辨识结果临床实用性低的局

限性,即人们无法判定计算机诊断是否贴近中医诊断的内在逻辑,机器学习端到端辨识模型所得结果不能获得较强的可解释性^[51]。基于先前望诊模态信息采集与融合环节的不足,计算机辨识结果参考价值较低,与医师人工诊断相比难以突显其优越性。因此,构建望诊多模态特征数据库要把大量临床案例与中医理论经验知识作为基础数据集,同时考虑健康状态辨识的个体动态属性,应注意采集同一患者不同时间点的望诊信息以扩充数据库。

5 小结

AI、生物信息工程、传感技术等前沿科技快速更新迭代,以医工结合为主体的多学科交叉不断融合发展,都为中医现代化带来了新的机遇。尽管目前借助医工结合技术的中医望诊多模态融合研究存在不足,但相信随着研究技术手段日趋精进以及多学科的通力合作,中医诊断多模态融合技术将会不断取得新突破,并为中医四诊客观化、智能化进程助力。

参考文献

- [1]李红岩,李灿,郎许锋,等. 中医四诊智能化现状及关键技术探讨[J]. 中医杂志, 2022, 63(12): 1101-1108.
- [2]李灿东. 中医诊断学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2016: 4.
- [3]李灿东,杨雪梅,纪立金,等. 健康状态表征参数体系的建立与集合分析[J]. 中华中医药杂志, 2011, 26(3): 525-528.
- [4]杨曦,宋彬. 多模态数据融合与检索技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2021: 12.
- [5]蔡云鹏,徐辉任. 机器学习和人工智能技术在机器人领域的应用研究[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2020: 186.
- [6]中国指挥与控制学会. 智能化无人系统学科路线图[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2022: 312.
- [7]LIU Z, WANG S, DONG D, et al. The applications of radiomics in precision diagnosis and treatment of oncology: opportunities and challenges [J]. Theranostics, 2019, 9(5): 1303-1322.
- [8]文含,赵莹,蔡秀定,等. 一种具有域自适应反标准化的多模态医学图像对比学习算法[J]. 生物医学工程学杂志, 2023, 40(3): 482-491.
- [9]田娟秀,刘国才,谷珊珊,等. 医学图像分析深度学习研究方法研究与挑战[J]. 自动化学报, 2018, 44(3): 401-424.
- [10]林育. 糖脂代谢病中医舌象特征研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2019.
- [11]段锦龙. 食管癌高危人群舌象特征分析与应用探索[D]. 北京: 北京中医药大学, 2016.
- [12]薛艳,段敬瑞,王学宗,等. 膝关节关节炎患者局部病理要素与整体舌象参数关系的研究[J]. 上海中医药杂志, 2018, 52(6): 15-18.
- [13]周俊莲,余必伟,何志玲,等. 颈动脉粥样硬化患者舌象图像特征研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(7): 1767-1771.
- [14]颜建军,徐姿,郭睿,等. 基于力场活动轮廓模型的舌图像分割研究[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(8): 3725-3727.
- [15]余兆钗,张祖昌,李佐勇,等. 融合多颜色分量的舌图像阈值分割算法研究[J]. 计算机应用与软件, 2019, 36(5): 199-203, 248.
- [16]覃武星,李斌,岳小强. 一种基于初始化Snake轮廓线的混合舌图像分割算法[J]. 中国科学技术大学学报, 2010, 40(8): 807-811.
- [17]郭玉雯. 基于红外与可见光图像融合技术的中医望诊研究[D]. 天津: 天津大学, 2020.
- [18]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.
- [19]王鹏,董美涵,孙长库,等. 光栅投影真伪混合双目舌面三维成像方法[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版), 2022, 55(10): 1101-1107.
- [20]赵凌昊. 基于多特征融合的中医舌象分类系统设计与实现[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2022.
- [21]LI J, YUAN P, HU X, et al. A tongue features fusion approach to predicting prediabetes and diabetes with machine learning[J]. J Biomed Inform, 2021, 115: 103693. doi: 10.1016/j.jbi. 2021. 103693.
- [22]JIANG T, GUO XJ, TU LP, et al. Application of computer tongue image analysis technology in the diagnosis of NAFLD[J]. Comput Biol Med, 2021, 135: 104622. doi: 10.1016/j.combiomed. 2021. 104622.
- [23]姚国美. 姚国美医学讲义合编[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 109.
- [24]张伟妃,李雪,张瑞义,等. 大肠癌临床辨证面诊信息特征研究[J]. 中国中医药科技, 2019, 26(1): 1-4.
- [25]陈超乾,郭元成,徐莹,等. 慢性肾功能衰竭脾肾阳虚证的舌面诊图像特征研究[J]. 时珍国医国药, 2023, 34(5): 1144-1146.
- [26]徐艺峰,王忆勤,郝一鸣. 2型糖尿病患者中医主证面诊客观参数分析[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(12): 7377-7380.
- [27]孙娴,向春婕,徐硕,等. 胃癌患者常见舌苔类型与肠道菌群的相关性分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2020, 22(3): 759-769.
- [28]熊莉莉,邱模炎,柯应水,等. 维持性血液透析高磷血症舌象特征的多中心横断面调查分析[J]. 中国中西医结合肾病杂志, 2021, 22(9): 774-777.
- [29]杨娜婷,周旋,马庆宇,等. 抑郁症肝郁脾虚证患者面

- 诊客观参数分析[J]. 中华中医药杂志, 2023, 38(8): 3836-3839.
- [30] 杨帅, 钱鹏, 叶进, 等. 基于关联规则的阴虚、阳虚体质与舌、面诊图像特征的关联性分析[J]. 时珍国医国药, 2022, 33(12): 3041-3043.
- [31] 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.
- [32] 孟月, 崔殿坤, 刘立安, 等. 从人脸生物特征进行中医体质辨识的思路和方法探讨[J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(9): 4514-4517.
- [33] HUAN EY, WEN GH, ZHANG SJ, et al. Deep convolutional neural networks for classifying body constitution based on face image [J]. Comput Math Methods Med, 2017, 2017: 9846707. doi: 10. 1155/2017/9846707.
- [34] 于长颖. 基于图像识别技术的高血压证候与舌面特征关联性研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2019.
- [35] 秦黎明. 基于图像识别处理的中医面诊研究[D]. 天津: 天津大学, 2018.
- [36] 陈梦竹, 岑翼刚, 许家佗, 等. 基于图像处理的望诊面色自动识别研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2018, 25(12): 97-101.
- [37] 张红凯, 胡洋洋, 张伟妃, 等. 基于舌、面、问诊数字信息的“云中医”移动健康管理平台的建立[J]. 中国中医药科技, 2018, 25(2): 151-154.
- [38] 林怡, 王斌, 许家佗, 等. 基于面部图像特征融合的中医望诊面色分类研究[J]. 实用临床医药杂志, 2020, 24(14): 1-5.
- [39] 王麒达. 基于多任务网络的中医望诊心脑血管疾病智能化方法研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2022.
- [40] 张赫怡, 刘巍, 邢文龙, 等. 中医目诊理论发展与临床应用现状[J]. 北京中医药, 2021, 40(10): 1165-1168.
- [41] 彭清华, 彭俊, 谭涵宇, 等. 中医目诊的基本原理及方法[J]. 湖南中医药大学学报, 2015, 35(10): 1-5.
- [42] 朱会明, 赵锐, 高悦, 等. 基于图像识别技术的中医肝病目诊系统设计与研发[J]. 世界中医药, 2020, 15(10): 1494-1497.
- [43] 孙旭豪, 傅中添, 严玲, 等. EfficientNet 在阴虚证眼象识别中的应用研究[J]. 中医药信息, 2020, 37(3): 29-34.
- [44] 朱晓萌, 姜峰, 庞嘉楠. 数字图像处理技术在中医眼诊方面的应用[J]. 科技创新导报, 2020, 17(16): 148-149, 151.
- [45] 张红凯, 孙晨阳, 钱鹏, 等. 中医眼神特征提取与分类方法研究[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(3): 886-889.
- [46] LU QY, DENG JY, YU Y, et al. Machine learning models for stroke detection by observing the eye-movement features under five-color visual stimuli in traditional Chinese medicine [J]. J TCM Sci, 2023, 10(3): 321-330.
- [47] 李雅方. 基于中医心理学理论的恐之情志的识别模式研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2020.
- [48] 陈玉霏. 基于中医情志理论的悲喜情绪识别模式研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2017.
- [49] NOORI FM, RIEGLER M, UDDIN MZ, et al. Human activity recognition from multiple sensors data using multi-fusion representations and CNNs [J]. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, 2020, 16(2): 1-19.
- [50] 吕佩珏, 黄哲, 王小明, 等. 多功能传感器集成综述[J]. 电子与封装, 2023, 23(8): 5-16.
- [51] 张婷婷, 王亚强, 温川飙, 等. 论智能中医辨证可解释研究的挑战和研究思路[J]. 中医杂志, 2022, 63(6): 506-510.

Application and Thinking on Multimodal Fusion Technology of Traditional Chinese Medicine Inspection

XIAO Wendi^{1,2}, ZHU Long^{1,2}, WANG Yang^{1,2}, LIN Xuejuan^{1,2}, LI Candong^{1,2}

1. Research Base of Traditional Chinese Medicine Syndrome, Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou, 350122;

2. Fujian Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Health Status, Fujian University of Traditional Chinese Medicine

ABSTRACT Multimodal fusion research in traditional Chinese medicine (TCM) inspection has greatly improved the accuracy of identification results with the help of emerging technologies in science and technology. At present, multimodal fusion technology is used in the integration of the parameters collected by the inspection instruments and the analysis of the parameters, which is represented by the development and application of the tongue inspection instrument, the face inspection instrument and the eye inspection instrument. However, the multimodal fusion research of TCM inspection has problems such as insufficient comprehensiveness and accuracy of parameter acquisition, difficulty in parameter integration for fusion analysis, and low clinical practicability of identification results. It is believed that, while keeping up with the cutting-edge science and technology, research on multimodal fusion of TCM inspection should be guided by the holism concept of TCM, and should focus on the enhancement of comprehensiveness and accuracy of multimodal parameter acquisition, standardisation of parameter fusion, and fusion of identification results, so as to gradually promote the objectivity, intelligence and modernisation of the four diagnostic methods of TCM.

Keywords modernization of inspection diagnosis; multimodal fusion; inspection instruments of traditional Chinese medicine

(收稿日期: 2024-03-28; 修回日期: 2024-05-22)

[编辑: 姜冰]