DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.08.004

基于机器学习的中医个体化辨证模式及智慧诊疗模型构建思路

屈馨宁,刘宏潇
(中国中医科学院广安门医院,北京 100053)

摘要:宏观辨证是中医诊疗体系的基础,通过望、闻、问、切四诊方法对患者的整体状态和疾病特征进行整合分析,“以表知里”“司外揣内”,形成病机的整体认知。微观辨证通过检测患者的组织、细胞、分子和基因水平等微观指标,揭示证候的深层机制与物质基础,是对宏观辨证的补充,也是中医精准化的重要方向。因此,分别从宏观、微观辨证视角,综述了中医证的客观化研究现状,指出通过机器学习建立“宏观-微观”特征关联模式,系统绘制中医“证”的知识图谱,在此基础上序贯采集疾病特征信息,精准把握证候变化及发展趋势,形成临床序贯诊疗辅助决策,是中医走向精准医疗的有效路径。

关键词:机器学习;个体化辨证;智慧诊疗;宏观辨证;微观辨证
中图分类号:R2-03 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)08-0019-04

Construction Strategy of Machine Learning-Based Individualized Syndrome Differentiation Model and Intelligent Diagnosis-Treatment Framework in Traditional Chinese Medicine

QU Xinning, LIU Hongxiao
(Guanganmen Hospital China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China)

Abstract: Macroscopic syndrome differentiation is the foundation of the traditional Chinese medicine (TCM) diagnosis and treatment system. Through the four diagnostic methods of observation, auscultation and olfaction, inquiry and palpation, it integrates and analyzes the overall state of the patient and the characteristics of the disease, “understanding the interior from the exterior” and “diagnosing the interior from the exterior”, thus forming an overall understanding of the pathogenesis. Microscopic syndrome differentiation, by detecting microscopic indicators such as the tissue, cell, molecular and genetic levels of the patients, revealed the deep mechanism and material basis of syndromes. It is a supplement to macroscopic syndrome differentiation and also an important direction for the precision of traditional Chinese medicine. This paper reviewed the current research status of the objectification of TCM syndromes from the perspectives of macro and micro syndrome differentiation respectively. It proposed to establish a “macro-micro” feature correlation model through machine learning, systematically drew the knowledge graph of TCM “syndromes” and on this basis, sequentially collected disease characteristic information, accurately grasped the changes and development trends of syndromes and form clinical sequential diagnosis and treatment auxiliary decision-making. It is an effective path for traditional Chinese medicine to move towards precision medicine.

Keywords: machine learning; individualized diagnosis and treatment; intelligent diagnosis and treatment; macroscopic diagnosis and treatment; microscopic diagnosis and treatment

辨证论治是中医认识与治疗疾病的核心法则,但因其辨证缺乏客观性,一定程度影响了中医药临床疗效及科学研究的发展。近年来,微观辨证的兴起为证的客观化研究提供新的思路,通过检测患者细胞、分子层面的变化,能够揭示证候的深层机制和物质基础。宏观与微观辨证相结合,是中医传统模式与现代科技在医疗历史进程原始创新驱动下产生的临床辨证新模式,整合多模态数据从而实现“证”的精准辨识和个体化治疗策略的实施,是走向精准医疗的关键路径。

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81873292);中央高水平中医医院临床研究和成果转化能力提升项目(HLCMHPP2023049);北京自然科学基金面上项目(7252264);北京市中医药科技发展资金重点项目(BJZYZD-2023-02);中国中医科学院科技创新工程重点协同攻关项目(CI2023C072YLL)
作者简介:屈馨宁(1999-),女,山东临清人,硕士,研究方向:中医风湿病临床与基础。
通讯作者:刘宏潇(1975-),女,山东济南人,主任医师,博士研究生导师,博士后,研究方向:中医风湿病临床与基础。E-mail:liuhongxiao_@123.com。

1 以望诊为核心的四诊体系,是宏观层面进行证候辨识的关键

传统辨证,又名宏观辨证,是医生通过望闻问切四诊,整合临床资料,“司外而揣内”,推究内在脏腑变化的过程。然而在四诊采集环节,不可避免带有一定主观随意性和模糊性。随着人工智能的发展,四诊信息逐渐走向数字化道路。四诊数字化是实现中医现代化的重要标志之一,随着中医药现代化的加速推进,应用数字化手段已然成为证候客观化研究的必然趋势[1-2]。

1.1 望诊

1.1.1 面诊数字化 面诊是宏观辨证中最重要的一环。正如

《内经》所言:“色为气血之所荣,面为气血之所凑,气血变幻,色即应之,色之最著,莫显于面”,面部是全身气血汇聚之所,是证候在宏观层面的重要临床表征。利用机器学习算法识别面部色泽是面诊数字化的重要研究方向。张红凯等[3]利用运用中医面诊数字化检测系统,对五脏病患者的面色特征进行检测分析,证实不同脏腑疾病对应不同的面色参数,与中医“五脏色”理论基本相符。ZHOU R 等[4]使用主成分分析(Principal component analysis,PCA)和线性判别分析(Linear discriminant analysis,LDA)在 HSV 颜色空间下提取面部光泽特征,分类正确率可达88.69%。LI F F 等[5]设计了一个面部光泽分类模型,运用 PCA 等6种特征提取方法提取人脸光泽的信息,结果表明,在 lab 颜色空间中,LDA 对光泽度的判别准确率达到98%。根据传统中医理论,不同面部分区反映不同脏腑诊断信息。在面诊数字化研究中,解决面部图像分割的问题是关键。刘媛等[6]利用 YM-Ⅲ系列中医面诊仪,采用灰度自适应增强方法及自适应非线性转换减少色度失真,并结合聚类方法与形态学运算精细化处理细节,有效分割面诊图的目标区域。综上,面诊数字化为证候的精准辨识和中医诊疗的科学化提供了有力支持。

1.1.2 舌诊数字化 《医门棒喝》言:“观舌本可验其阴阳虚实,审舌垢即知其邪之寒热浅深也”。察舌可知病邪性质、病位深浅及邪正消长,是辅助辨证的重要依据。刘迈等[7]探索快速分割一切模型(Segment anything model,SAM)在中医望诊图像分割中的应用,结果显示,SAM 系列模型对舌、面、目部的无监督分割交并比(Intersection over union,IOU)分别超过0.9和0.8,能快速提取望诊关键部位且减少人工标注工作量,有效提升中医望诊的准确性和可靠性。滕瑄等[8]利用 YM-MA-I 型中医舌诊数字化检测系统对阳虚质和平和质人群进行舌诊客观化参数分析,结果表明,阳虚质人群的舌色 L 值和苔色 L 值均较平和质人群显著升高,提示基于数字化舌面诊的客观化分析可为中医体质辨识提供科学依据。近年来,多项研究表明,舌象特征信息在不同证候间存在一定的差异,舌诊客观化参数可为常见中医证候类型的分类研究提供一定客观依据[9-10]。丁然等[11]研究舌象客观量化指标与中医证素及证候的相关性,结果表明,舌象数字化参数不仅可动态监测慢性乙肝患者中医证候演变,还可作为疗效评价的客观指标。

1.2 闻诊

中医闻诊主要包括“听声音”和“嗅气味”两个方面的内容,通过辨别患者声音、气味的异变来判断机体虚实、寒热、阴阳等属性及五脏六腑的病变。《千金方》“上医听声,中医察色,下医诊脉”,可见闻诊在中医四诊中的地位之高。近年来,随着人工智能、深度学习、大数据的飞速发展,闻诊现代化进程得到有效推动。目前中医闻诊数字化技术已广泛应用于疾病预测、辅助诊断、预后评估、健康管理等领域。

1.2.1 听诊数字化 《灵枢·邪客》有“天有五音,人有五脏;天有六律,人有六腑,此人之与天地相应也”之说,此即“五脏相音”理论。将五音与五脏、五志相关联,脾、肺、肝、心、肾分别对应于五音宫、商、角、徵、羽。黄利兴认为分析咳嗽声音特征对于咳嗽的辨证分型起到重要作用,通过辨别咳声部位的深浅,咳声性质的清脆、重浊、紧闷、急促,咳声的急缓,从而指导咳嗽辨证分型[12]。张虹[13]利用现代技术将耳鸣音调客观化,并与“五脏相音”理论结合,对耳鸣的精准辨证分型起到一定的积极作用。

目前,研究者将深度学习方法广泛应用到中医闻诊客观化研究中。江益靓等[14]使用数据增强的卷积神经网络(Data augmentation based convolutional neural network,DACNN)分析959个发声片段并提取抽象特征,可判断受试者身体的虚实。此外,深度学习还可对咳嗽的分类模型进行训练,以此区分证型、疾病发展阶段,并可根据咳嗽音频特征预测 COVID-19[15]、儿童肺炎[16]等潜在疾病。将鼾声作为输入参数训练机器学习模型,还能够对阻塞性呼吸暂停和中枢性呼吸暂停进行有效的分类识别[17]。汪东丽等[18]运用二十五音分析仪对女性的发音进行检测,结果表明,健康女性发音随着年龄的增长,更多地偏向于角音,印证了叶天士“女子以肝为先天”之论。高也陶等[19]在临床研究中发现,健康男性的声音随着年龄的增加,更多地偏向于“羽”音,与《黄帝内经》羽音属肾理论相契合。

1.2.2 嗅诊数字化 《素问·至真要大论篇》曰:“诸呕吐酸,暴注下迫,皆属于热”,说明嗅诊在临床实践中具有价值。利用计算机技术对口鼻腔气味、躯干皮肤气味、二便气味、咳痰呕吐物气味等的客观化数据进行精确分析,对辅助临床诊断具有重要意义[20]。有研究[21]运用电子鼻技术探讨2型糖尿病前期与糖尿病期患者及其常见病位的口腔呼气的气味图谱辨识,使用深度神经网络算法进行模型预测,分类准确率达到98.19%。使用电子鼻采集口腔呼气的气味图谱,采用 KNN 聚类、决策树等方法,可提高肺炎等疾病检测的识别率[22]。由此可见,现代技术手段为嗅诊的数字化、智能化研究拓展了新的方向。

1.3 问诊

《丹溪心法》云:“凡治病,必先问饮食起居何如”。《景岳全书·传忠录·十问篇》云:“右十问者,乃诊治之要领,临证之首务。”随着人工智能技术与远程医疗的深度融合,中医问诊正经历数字化转型,形成智能医疗推荐、辅助诊断两大创新方向。在医疗推荐方面,基于层次注意力网络(Hierarchical attention network,HAN)构建的医生推荐系统,能够根据患者需求实现医患精准匹配[23-24]。运用图神经网络技术开发的中医处方对话系统,可根据临床症状实现中药配伍的智能推荐[25]。在辅助诊断方面,通过 FastText + BERT 问答分析模型构建医疗知识图谱,结合 CenterNet 和 EfficientNetV2 神经网络开发的“三级证型优先级”算法,显著提升辨证客观化水平[26-27];在证候分类方面,利用深度森林算法构建的慢性胃炎中医问诊证型分类系统,对慢性胃炎的证型分类有良好效果[28];支持向量机与人工神经网络协同的心血管疾病辨证模型,可根据临床信息对心血管疾病中医类型进行分类,具有较高准确性[29]。史话跃等[30]利用关联规则算法,收集1042例原发性肝癌病例,结果表明,右胁痛、腹胀等与“气滞”“血瘀”密切相关;纳呆恶食与“气虚”“气滞”“血瘀”密切相关;倦怠乏力与“气虚”“气滞”“血瘀”密切相关,揭示肝癌证候与病位、病性的相关性。王芬等[31]提出一种基于概率图模型与迭代推理算法的中医智能问诊系统,旨在通过交互式问答模拟中医师辨证思维,实现远程问诊的自动辨证分析。该模型以经典中医“方证对应”理论为核心,高效、准确、客观地进行中医自动辨证分析,提供多元化的辨证要点,为精准辨证提供全面的参考。

1.4 切诊

自《脉经》首次系统归纳24种脉象以来,历经千年发展,脉诊现正与人工智能深度融合,形成多维度的现代化路径。通

过远程光电容积脉搏波描记法(Remote photoplethysmography, rPPG)和面部视频分析,实现"视觉脉诊",突破传统接触限制,为远程医疗提供新范式[32]。基于深度学习的柔性压力传感器和便携式三部脉象采集装置,显著提升了脉象信号的捕获精度[33-34]。自主分类模型构建利用卷积神经网络(Convolutional neural network,CNN)、迁移学习等算法,对弦脉、滑脉等基础脉象实现高精度区分[35-36]。强化学习结合蒙特卡罗搜索算法,可基于脉象预测老年人健康风险[37];脉搏信号特征提取技术还可用于女性生理周期监测,推动个体化健康管理[38]。一项针对69名健康受试者的横断面研究发现[39],中医体质与脉搏波参数显著相关,其中气虚和阳虚质人群脉搏增强指数(Augmentation index,AI)升高且脉压降低,提示动脉僵硬度增加,为中医体质现代生理指标研究提供了客观依据。

中医切诊现代化以《脉经》理论为基石,通过深度学习与传感技术创新,正从单一脉象分析迈向多维度、智能化的疾病管理。未来需进一步融合多源数据与跨学科技术,构建"脉-证-病"一体化诊断体系,为疾病早期干预与个性化治疗开辟新路径。

2 宏观与微观结合的辨证思路是传统医学走向精准医疗的必然路径

宏观辨证注重以外象推证,存在一定局限性。例如,当患者的病变尚未显现明显的外在症状时,宏观辨证可能出现无证可辨或辨证不明的困境[40-41]。此外,由于病机的复杂性,传统辨证思路有时难以做到抽提疾病核心病机、揭示疾病深层病理机制。随着疾病谱的变化和患者需求的个性化,中医传统的宏观辨证需要更加精细的补充手段,以适应现代医学精准化的趋势。

微观指标与宏观指标的有益结合是对辨证体系的丰富和发展。KANG H等[42]探讨现代医学中生化指标是否有利于中医证候综合诊断,表明现代临床检测指标和中医证素联合应用的证型分类效能显著优于单一证素或西医指标,为中医辨证客观化及中西医结合诊疗提供了数据支持。随着科技进步,系统生物学不再受限于可识别物质的种类,高通量、高灵敏、高分辨的现代技术可定量检测人体多维度、动态的生理变化,通过整合多种先进技术绘制多层次生物分子图谱,揭示人体整体功能状态[43]。系统生物学从动态系统角度研究机体生理与病理过程[44],其整体性、系统性、动态性和综合性与中医理论的"整体观""动态观""辨证观"高度契合。GAN L等[45]通过Solexa测序与代谢组学分析,筛选阴虚内热证患者与健康人群的差异mRNA及代谢物,发现线粒体基因MT-ND2及代谢物甘氨酸、鞘磷脂、异柠檬酸显著富集于能量代谢通路。基于以上3种代谢物建立的诊断模型敏感性和特异性分别达0.853和0.800,为阴虚内热证早期诊断提供了潜在生物标志物。蛋白质组学作为生物体基因组表达的全套蛋白质集合,具有整体性与动态可变性特征,其特定组成、表达水平及蛋白质间关联与中医证候密切相关[46]。SONG Y N等[47]将慢性乙型肝炎患者分为虚证与实证,探索两种证型的血清蛋白质组差异,鉴定出两种血清蛋白并建立诊断模型。

宏观与微观的结合是中医诊疗理论发展的必然路径,也是中医精准化的重要方向。然而,目前关于中医辨证客观化的研究都是单一维度的探索性研究,没有大样本数据库支持,不能形成科学的理论依据。因此,建立大规模四诊信息数据库,结合蛋白质组、代谢组、转录组、舌苔菌群等微观资料,利用大数据分析、机器学习等手段,对于揭示证候的深层机制与物质基础,实现个性化、精准化的中医诊疗体系具有重要现实意义。

3 机器学习建立"宏观-微观"特征关联模式,辅助精准医疗实施

中医药与人工智能、大数据、生物计算等前沿科学技术的交叉研究,为构建精准诊疗体系开辟了创新路径。将四诊信息的宏观表型与系统生物学、临床检验指标等微观表型进行跨尺度关联,刻画疾病"宏观-微观""病-证-症-生物标志物"映射关系,为系统绘制中医"证"的知识图谱奠定基础。在此基础上,利用机器学习算法,序贯采集受访人群四诊信息中标志性特征数据,形成时序数据集,进一步针对多模态时序特征进行特征筛选及特征关联。对疾病相关多种风险因素进行智能推理、诊断、决策,适配性验证关键生物标志物,精准把握证候变化及发展趋势,优化诊疗方案,形成临床序贯诊疗辅助决策。

序贯决策是指决策按时间顺序排列起来,从而组成一个策略,即在时间上有先后差别的多阶段决策方法,也称为动态决策[48-49]。冯奇首次将马尔科夫决策过程(Partially observable markov decision processes,POMDP)模型引入中医领域,通过大规模临床数据估计模型参数,以症状改善为即时报酬,优化动态治疗方案[50]。实验基于中医治疗2型糖尿病的临床数据,验证了POMDP模型在挖掘临床数据中最优序贯诊疗方案的可行性,为中医辨证论治动态干预提供了参考,并助力提炼新的有效处方。KAI L等[51]则进一步提出了基于POMDP的中医临床数据预处理框架,针对数据不完整和不一致问题,提高了数据质量。通过预处理心病和肺癌的中医临床数据,获得了最优治疗方案,验证了POMDP模型在中医知识发现中的有效性和价值。这些研究展示了机器学习在中医智能诊疗和知识发现中的巨大潜力,为实现个性化和动态化的中医治疗提供了全新思路。研究表明,深度强化学习方法的中医序贯诊疗方案优化模型能够实现根据观察得到的患者临床信息进行处方推荐,并且根据用药前患者的症状和使用药物推断患者用药后的症状,继续推荐药物,直到患者症状达到临床减轻或消失,从而动态地形成优化的中医序贯诊疗方案,为中医个体化处方推荐的AI应用提供依据。运用机器学习算法实时评价治疗效果并进行药物推荐,如此循环,形成中医药精准诊疗新模式,是智慧诊疗序贯思维链的终极环节。

4 小结

精准医疗的核心理念之一是"个体化诊断和治疗"。在中医药理论的指导下,借助人工智能和大数据技术的支持,实现宏观与微观辨证信息的多维整合和智能分析,有助于制定具有个性化的疾病预防、诊疗和康复方案,实现全局最优决策,为中医药智能化精准防控重大疑难病提供突破口。

参考文献

[1] 王晓洒, 王峰, 王宏武, 等. 图像处理在中医望诊中的应用[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(22): 212-213, 221.
[2] 宋海贝, 温川飙. 中医面诊信息自动识别方法研究进展[J]. 成都中医药大学学报, 2018, 41(1): 5-8.
[3] 张红凯, 李小雪, 王祉, 等. 基于图像处理的五脏病面诊信息研究[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(8): 2897-2902.
[4] ZHOU R, LI F F, WANG Y Q, et al. Application of PCA and LDA methods on gloss recognition research in TCM complexion inspection [C]//2010 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine Workshops (BIBMW). December 18-18, 2010, Hong

Kong, China. IEEE, 2011: 666 - 669.
[5] LI F F, ZHOU R, LI G Z, et al. Classification of facial diagnosis gloss in Chinese medicine based on different algorithms[J]. Chin J Integr Med, 2016. DOI:10.1007/s11655 - 016 - 2492 - 3.
[6] 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.
[7] 刘迈, 王晶, 王曼睿, 等. 基于SAM与FastSAM交互式分割技术在中医望诊客观化中的应用探究[J]. 中华中医药学刊, 2025, 43(9): 21 - 25, I0005 - I0007.
[8] 滕瑄, 彭添凤, 周宇轩, 等. 阳虚质人群舌象和面象客观化分析[J]. 广州中医药大学学报, 2025, 42(4): 797 - 802.
[9] 谢芳芳, 谢超群, 马健文, 等. 不同疲劳程度患者中医证候的舌象特征研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2024, 31(11): 158 - 165.
[10] 王弈瑞, 赵慎昌, 葛家嘉, 等. 痰瘀互结证舌象特征信息研究[J]. 中华中医药杂志, 2024, 39(7): 3784 - 3787.
[11] 丁然, 陆小左. 慢性乙型肝炎中医证候与舌象客观量化指标相关性的临床研究[J]. 西部中医药, 2015, 28(1): 56 - 59.
[12] 张珊珊. 黄利兴闻声辨治咳嗽经验[J]. 山东中医杂志, 2018, 37(11): 931 - 933.
[13] 张虹. "五脏相音"理论及其在耳鸣诊断中的应用[J]. 北京中医药, 2009, 28(5): 350 - 352.
[14] 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[J]. 复旦学报(自然科学版), 2019, 58(3): 328 - 334.
[15] MELEK MANSHOURI N. Identifying COVID - 19 by using spectral analysis of cough recordings: a distinctive classification study[J]. Cogn Neurodyn, 2022, 16(1): 239 - 253.
[16] SHARAN R V, QIAN K, YAMAMOTO Y. Automated cough sound analysis for detecting childhood pneumonia[J]. IEEE J Biomed Health Inform, 2024, 28(1): 193 - 203.
[17] 侯丽敏, 刘焕成, 张新鹏. 基于卷积神经网络的不同病理的鼾声分类[J]. 复旦学报(自然科学版), 2021, 60(3): 367 - 374.
[18] 汪东丽, 时善全, 贺佳, 等.《黄帝内经》五脏相音理论与女性年龄关系的研究[J]. 中西医结合学报, 2006, 4(1): 10 - 12.
[19] 高也陶, 时善全, 贺佳, 等.《黄帝内经》"五脏相音"与男性年龄之关系的现代研究[C]//中国针灸学会临床分会第三届全国代表大会暨全国针灸临床学术论坛论文集. 苏州, 2005: 9 - 12.
[20] 李萍. 中医嗅诊的理论与应用探析[J]. 中华养生保健, 2024, 42(12): 66 - 68.
[21] 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.
[22] 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.
[23] 武家伟, 孙艳春. 融合知识图谱和深度学习方法的问诊推荐系统[J]. 计算机科学与探索, 2021, 15(8): 1432 - 1440.
[24] 聂卉, 蔡瑞昇. 引入注意力机制的在线问诊推荐研究[J]. 数据分析与知识发现, 2023, 7(8): 138 - 148.
[25] 周开元. 基于图神经网络的中医处方对话推荐[D]. 广州: 广州大学, 2023.
[26] 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[J]. 电脑编程技巧与维护, 2023(5): 119 - 122.
[27] 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[J]. 计算机时代, 2023(4): 72 - 76, 85.
[28] 颜建军, 刘章鹏, 刘国萍, 等. 基于深度森林算法的慢性胃炎中医证候分类[J]. 华东理工大学学报(自然科学版), 2019, 45(4): 593 - 599.
[29] 许朝霞, 王忆勤, 颜建军, 等. 基于支持向量机和人工神经网络的心血管疾病中医证候分类识别研究[J]. 北京中医药大学学报, 2011, 34(8): 539 - 543.
[30] 史话跃, 吴承玉. 基于关联规则的肝癌证候与病位病性的相关性研究[J]. 北京中医药大学学报, 2017, 40(10): 876 - 880.
[31] 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.
[32] 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.
[33] 林雄威. 基于压电复合材料的柔性压力传感器的设计、性能与应用研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2021.
[34] 金陈玲. 便携式三部脉象采集系统与脉象信号处理研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2019.
[35] 徐佳钦. 基于深度残差神经网络和迁移学习的中医脉象识别研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨医科大学, 2021.
[36] 王一飞. 基于深度学习的脉象特征提取与分类识别研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2022.
[37] 张嘉琪. 基于深度强化学习的老年健康数据挖掘及应用研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2021.
[38] 王新宇. 基于脉搏的女性生理期分析与识别[D]. 北京: 北京邮电大学, 2020.
[39] WU H K, KO Y S, LIN Y S, et al. The correlation between pulse diagnosis and constitution identification in traditional Chinese medicine[J]. Complement Ther Med, 2017, 30: 107 - 112.
[40] 仝小林. 态靶医学——中医未来发展之路[J]. 中国中西医结合杂志, 2021, 41(1): 16 - 18.
[41] 仝小林, 何莉莎, 赵林华. 论"态靶因果"中医临床辨治方略[J]. 中医杂志, 2015, 56(17): 1441 - 1444.
[42] KANG H, ZHAO Y, LI C, et al. Integrating clinical indexes into four - diagnostic information contributes to the traditional Chinese medicine (TCM) syndrome diagnosis of chronic hepatitis B[J]. Sci Rep, 2015, 5: 9395.
[43] NICHOLSON J K, LINDON J C. Metabonomics[J]. Nature, 2008, 455(7216): 1054 - 1056.
[44] ZHANG A H, SUN H, WANG Z G, et al. Metabolomics: towards understanding traditional Chinese medicine[J]. Planta Med, 2010, 76(17): 2026 - 2035.
[45] GAN L, JIANG T T, YI W J, et al. Study on potential biomarkers of energy metabolism - related to early - stage Yin - deficiency - heat syndrome based on metabolomics and transcriptomics[J]. Anat Rec, 2020, 303(8): 2109 - 2120.
[46] WEN Y, WANG Y, FENG T T, et al. Differential proteomics analysis of endometriosis in blood stasis syndrome[J]. Chin J Integr Med, 2018, 24(12): 925 - 929.
[47] SONG Y N, ZHANG H, GUAN Y, et al. Classification of traditional Chinese medicine syndromes in patients with chronic hepatitis B by SELDI - based ProteinChip analysis[J]. Evid Based Complementary Altern Med, 2012, 2012(1): 626320.
[48] 胡锦浩, 孙贵炎, 杨宇峰, 等. 气血津液视域下糖尿病时空辨证的序贯诊疗模式刍议[J]. 北京中医药大学学报, 2025, 48(1): 8 - 13.
[49] 庞晴. 病证结合序贯辨证治疗Graves病临床观察及相关机制探讨[D]. 北京: 中国中医科学院, 2022.
[50] 冯奇. POMDP近似解法研究及在中医诊疗方案优化中的应用[D]. 北京: 北京交通大学, 2011.
[51] KAI L, ZHOU X Z, YAN F, et al. Clinical data preprocessing and case studies of POMDP for TCM treatment knowledge discovery[C]//2012 IEEE 14th International Conference on e - Health Networking, Applications and Services (Healthcom). IEEE, 2012: 10 - 14.