·创新思维与技术前沿·

3D 人脸识别技术辅助中医面诊的优势与前景展望*

屈馨宁,刘宏潇,陈悦宁

中国中医科学院广安门医院,北京 100053

摘要:望诊是中医四诊之一,在望诊中又以面诊最为重要。目前中医面诊客观化研究主要集中在面部颜色提取、面部光泽度提取、面部图像分割与区域定位、局部望诊这四个方面。近年来,中医面诊客观化技术虽取得一定进展,但仍存在一些问题,例如研究深度欠缺,对面部信息的量化特征研究不够全面和系统;诊断精度不足,易受光线等复杂环境因素干扰;缺乏大规模数据库与统一标准,研究结果可信度不足等。3D 人脸识别技术可以精准把握人面部纹理、高度、肌肉厚薄等信息,实现面部特征的客观化、定量化分析,或可成为中医面诊的重要辅助工具。因此,将其纳入中医数字化面诊体系中,对于推动中医面诊客观化、标准化、现代化进程具有重要意义。

关键词:中医面诊;3D 人脸识别技术;中医望诊
DOI:10.16368/j.issn.1674-8999.2025.11.360
中图分类号:R2-03　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1674-8999(2025)11-2304-06

Advantages and Prospects of 3D Facial Recognition Technology in Assisting Traditional Chinese Medicine Face Diagnosis

QU Xinning, LIU Hongxiao, CHEN Yuening

Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing China 100053

Abstract: Observation diagnosis is one of the four diagnostic methods in traditional Chinese medicine, with face diagnosis being the most important within inspection. Currently, research on the objectification of TCM facial diagnosis mainly focuses on four aspects: facial color extraction, facial gloss extraction, facial image segmentation and regional localization, and local inspection. In recent years, although objective techniques for TCM facial diagnosis have made some progress, there are still some issues, such as insufficient depth of research, inadequate and unsystematic study of quantified facial features, limited diagnostic accuracy which can be easily affected by complex environmental factors like lighting, and the lack of large-scale databases and unified standards, leading to insufficient reliability of research results. 3D facial recognition technology can accurately capture information such as facial texture, height, and muscle thickness, enabling objective and quantitative analysis of facial features, and may become an important auxiliary tool for TCM facial diagnosis. Therefore, incorporating it into the digital TCM facial diagnosis system holds significant importance in promoting the objectification, standardization, and modernization of TCM face diagnosis.

Key words: TCM face diagnosis; 3D facial recognition technology; TCM observation diagnosis

《四诊抉微》云:“四诊为岐黄之首务,而望尤为切紧。”望诊是中医四诊的最高境界,是中医辨证论治的重要依据。而在中医望诊中,重中之重在面诊[1]。“十二经脉,三百六十五络,其气血皆上于面而走空窍。”面部是全身气血经络汇聚之所,最能反映机体的变化,通过对面部特征的识别和把握,可以迅速便捷地获取中医辨病辨证信息,从而指导下一步的诊治。

*基金项目:国家自然科学基金面上项目(81873292);中国中医科学院科技创新工程重大攻关项目(CI2021A01506);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(2023 CI2023C072YLL)

“望而知之谓之神。”有经验的医生通过望诊即可明晰疾病的发生、发展及转归。然而中医“望诊”受医生临床经验及思维水平的限制，一定程度上限制了其在临床中的应用。此外，传统面诊侧重主观形象描述，缺乏客观定量的指标，在临床中难以规范统一，这使得中医面诊理论传承和发展滞后。3D 人脸识别技术辅助中医面诊是利用现代信息学、计算机技术、人工智能等手段，总结和归纳疾病的面部特征数据，从而实现中医“望诊”的智能、客观、规范化判定[2]。近年来，3D 面部识别技术在医学领域取得重大突破，在诸如遗传综合征、精神类疾病、心血管疾病的无创性诊断中发挥越来越重要的作用。因此，本文分析目前中医面诊客观化进展，总结 3D 面部识别技术的优势与临床应用，认为利用 3D 面部识别技术辅助中医面诊具有精准分割与定位、提取信息更全面、受外界干预小、动态分析以查神等优势，旨在对未来中医面诊客观化的发展方向提供启发性新思路。

1　中医面诊客观化的发展现状

中医数字化是实现中医现代化的重要标志之一。运用现代图像分析与信息处理技术将面诊信息量化，不仅弥补了传统面诊中的不足，更延伸了中医面诊的广度和深度。随着中医药现代化的加速推进，应用现代技术手段已然成为面诊研究的必然趋势[3-4]。目前，中医面诊客观化主要应用二维平面图像采集技术，量化指标包括面部色泽、人脸分割与定位、面形特征及目、舌、口唇等局部特征，具体阐述如下。

1.1　面部颜色提取　面部颜色特征在面诊中最直观易得，也最能反映病因、病性、病机、病位及预后[5]。目前中医数字化面诊研究中，涉及最广泛的也是面部颜色特征。在色诊的客观化研究中，常应用各种颜色空间，如 Lab、HSV、RGB 等模型来提取面色特征的参数值。阮铭等[6]采集 97 例癌症伴焦虑抑郁患者的面部颜色特征，发现疾病组整体面色偏黑、偏黄，而正常组整体偏红。张红凯等[7]根据“五脏色”理论，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。汪晶晶等[8]设计了一种基于支持向量机的颧色自动分类方法，根据两颧图像中被判为红色色块所占的比例来判断颧部是否偏红，分类准确率接近 83%。不同证候间面部特征有差异，刘金涛等[9]利用中医面诊检测仪采集 60 例慢性肾炎患者的面色指数，表明慢性肾炎湿热组患者面部青色指数较非湿热组升高，提示面色参数可作为慢性肾炎临床辨证的客观依据之一，且面色参数与尿素氮、血肌酐等生化指标存在相关性，表明中医临床病证面色变化可用现代医学语言来诠释。中医体质学说将人群归纳为 9 种体质[10-11]，杨帅等[12]采集阴虚质、阳虚质与平和质人群面诊图像各 4 000 例，发现阳虚质人群面色及唇色均偏白，阴虚质人群面色及唇色均偏红，证实面诊图像特征可作为阴虚、阳虚体质人群的判别标准之一。

1.2　面部光泽度提取　任何色调均需与光泽明亮度辨识相结合，方可全面、精准地判断病性及预后[1]。正如《黄帝内经》所言：“夫精明五色者，气之华也。赤欲如白裹朱，不欲如赭……”《望诊遵经》云：“光明润泽者，气也，青赤黄白黑者，色也。有气不患无色，有色不可无气。”由此可见，对面部光泽度的把握是实现面诊客观化、智能化所面临的关键问题。实现面部光泽度的感知和准确判定较面色评定困难许多，目前研究所应用的技术手段主要有基于纹理统计的人体皮肤光泽感知[13]、利用皮肤表面和次表面反射的图像直方图参数[14]、使用分形维数（fractal dimension）的皮肤光泽分析[15]等。在中医数字化面诊中，对面部光泽度的评价，主要是应用 RGB、HSI 以及 Lab 等颜色空间模型的参数进行量化分析。Li 等[16]设计了一个计算机辅助分类模型，提出了一种基于人脸图像光泽度的自动化和定量化诊断方法，运用 PCA、PLS 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%。

1.3　面部图像分割与区域定位　根据传统中医理论，不同面部分区反映不同脏腑诊断信息。实现分部望诊，面部图像分割是核心与前提。目前面诊客观化研究在面部图像分割方面取得一定进展。Jammoussi 等[17]在训练过程中加入遗传算法（genetic algorithm，GA），并利用联合积分直方图来提取更丰富的面部图像特征，显著提高人脸检测的性能。Liao 等[18]提出了一种新的图像特征，即归一化像素差（normalized pixel difference，NPD），并提出了一个深度二次树来学习 NPD 特征的最优子集及其组合，通过规则学习实现对复杂人脸的精准分割。陈淑

华[19]运用肤色模型定位面部皮肤区域，采用 OSTU 二值化方法突出眼睛特征，再依据统计的五官几何分布关系确定并分割各区域。王罡[20]根据人脸的“三庭五眼”比例，确定唇部轮廓特征点，运用唇部 BR 加权 G 色对比法对唇部进行分割，实现快速有效提取唇部边缘特征点。杨云聪等[21]首先采用 Gabor 小波变换定位人眼，再将 AdaBoost 和唇色模型相结合定位嘴角，最后根据先验知识确定内眉点位置，并用提取轮廓算法确定人脸的边界，从而完成人脸区域的分割。通过对面部图像的精准分割，可以有效定位面部特征点，实现中医分部望诊。

1.4　局部望诊　由于经脉络属、脏腑相连，面部某些局部如目、耳、人中沟等同样包含重要的诊断信息。《阴阳脉死候》曰：“面黑，目环（蕤）视襄（哀），则气先死。”眼睛变化与脏腑精气盛衰密切相关。有学者提出使用集成块匹配 3D（block matching 3D，BM3D）滤波器改进的视网膜血管分割框架，为眼底图像分割和疾病诊断预测提供智能解决方案[22]。在舌象的数字化分析方面，Chiu 构建了一个自动化的舌诊系统，可用于识别舌苔厚度与苔色[23]。Kim 等构建了一个数字舌成像系统，可以产生具有舌面的数字舌图像，分割舌头并提取有效特征，总结出舌苔分类的不同标准[24]。Hu 等[25]基于智能手机构建了一种智能中医舌诊方法，通过对肝炎、肝癌及健康对照组的舌头图像进行分析，发现舌象与丙氨酸转氨酶或天冬氨酸转氨酶有明显的相关性，提示数字化舌象特征可提供肝脏疾病的早期预警。人中望诊在妇科疾病中应用广泛，冲、任、督三脉“同起于胞中”，又上行交会于人中，这使人中成为子宫气血盛衰的一个特定反映区。屠立平等[26]采集妇科疾病组 132 例（其中包括子宫肌瘤组 71 例）和健康对照组 49 例的面部人中图像，对比分析结果显示，不同组的人中宽度、高度、面积均有差异，提示人中与妇科疾病之间可能存在某种关联。

2　3D 人脸识别辅助中医面诊的优势

相比于 2D 人脸，3D 人脸不仅保留基本的生物特征，如颜色、五官，还包含了更为丰富的人脸动态特征，如表情、姿态等。这些测量数据可以为医生提供更为客观的面诊依据，有助于诊断病情并制定个性化的治疗方案。除此之外，3D 人脸还不易受到外界光照、背景等因素的影响[27]，在各种环境下的稳定性更高。这意味着即使在光照不均匀或背景复杂的情况下，也能够获取清晰、准确的面部信息，有助于提高面诊的可靠性。综上所述，3D 人脸识别在辅助中医面诊中具有明显的优势，能够提供更丰富、更准确的面部信息，有助于医生形成更为客观、准确的判断。

2.1　全面、准确把握面部信息　传统面诊仪多采用二维拍摄，在临床应用中受到例如光照、角度、背景以及头部位置变动等大量客观因素的影响。无法实现精准面部识别，这是目前面诊实现客观化、现代化最大的瓶颈，也是导致面诊仪无法真正推向临床的重要原因。3D 人脸表示中最常用的方法包括深度图像[28]、网格[29]和点云[30]。通过建立多边形网格、三维坐标系等方法，能够以数字化的形式准确地描述包括肌肉的厚度、皮肤的纹理在内的面部特征，突破了二维图像的局限，提供更丰富的面诊信息，从而大大提高面诊的客观性和准确性。

2.2　动态分析以察“神”　神是人体生命活动的总称。清代喻昌《医门法律·望色论》言：“察色之妙，全在察神。”《素问·移精变气论》曰：“得神者昌，失神者亡。”“望神”乃中医面诊之灵魂。察“神”之有无，有助于了解脏腑精气之盛衰，从而判断疾病的病情轻重及预后，以此指导疾病的治疗。在面诊客观化研究中，察“神”主要通过表情、眼神、形体动作、反应是否敏捷来判断。而在这一方面，3D 较 2D 图像优势明显。利用三维变形模型等技术手段，能够捕捉到人脸的姿态和表情变化，对人脸旋转、遮挡等情况具有更好的“鲁棒性”，能够更准确地检测人脸关键点[31]。

3　3D 人脸识别在医学领域的应用

3D 人脸识别技术在医学领域，目前主要应用于多种遗传综合征、内分泌疾病及精神类疾病的诊疗。在人类超过 7 000 多种罕见遗传综合征中，30% ~ 40% 涉及畸形颅面特征[32]。遗传综合征影响全球 8% 的人口[33]，而这些疾病中的许多特征可以通过面部表型检测。3D 面部图像分析技术目前已被应用于各种遗传性疾病的诊断，有研究对 Loeys - Dietz 综合征和 Shprintzen - Goldberg 综合征患者的颅面特征进行分析，发现其下颌角度、唇形、眼距、眼球震颤幅度方面均异于健康对照组[34]。Gurovich 等[35]阐述了名为 DeepGestalt 的计算机视觉系统，该系统

能够通过面部识别诊断遗传疾病。且 DeepGestalt 已经能够诊断 200 种不同的遗传综合征，在用三项遗传疾病对系统进行测试的过程中，DeepGestalt 表现出优于临床医师识别遗传病的能力。Schneider[36] 募集了 57 例肢端肥大症患者，根据疾病严重程度分成轻度、中度和重度，通过图像预处理、纹理及几何特征提取，最终导入系统 FIDA，结果显示，71.9% 的肢端肥大症患者和 91.5% 的对照者被该软件正确分类，医学专家的正确分类率较机器低 10% 左右，而普通内科医生的分类准确率明显更低。许多精神类疾病拥有典型的面部特征，如眼神涣散、鼻根低平、眼角下拉等[37]。既往研究证实，相比于正常人，抑郁症患者眼睛和嘴唇部区域有明显差异[38-40]。有研究借助因果卷积网络（Causal Convolutional Network，C - CNN）技术采集 142 例抑郁症患者的 3D 面部标志点（眼睛、嘴唇及头部运动），开发出一套基于 3D 人脸图像的抑郁症状识别、评估模型，该模型针对抑郁症的识别率高达 83.3%[41]。此外，该模型可植入移动终端，使用场景更加广泛，获取更便捷，做到快速、及时进行疾病早期评估。

4　3D 应用于中医面诊临床中的思路方法

4.1　融合计算机深度学习算法，实现精准快速面诊信息判定　相比于传统的机器学习，深度学习利用更复杂的人工神经元分层网络，在不依赖领域专业知识的情况下，可以自动发现有用的特征，开发深度学习网络。基于深度学习的人脸识别方法，其自身适应性、精确性、鲁棒性和智能度都得到极大提升[42]。目前深度学习模型中最重要的两种方法分别为深度信念网络（deep belief networks，DBN）和卷积神经网络（convolutional neural network，CNN）。赵远东[43] 提出一种基于 Gabor 小波与 DBN 相结合的人脸识别方法，有效提取人像的抽象特征，且很好地降低了姿态、光线等对识别率的影响，实现了对人像的准确识别。CNN 是目前应用最广泛的深度学习方法，擅长挖掘局部特征、分类和提取全局特征。Xu 等[44] 通过使用头部姿势和 3D 面部标志约束 CNN 回归器进行 3DMM 回归，将人脸坐标精确控制在一定范围内，提高了关键点定位的准确性。Li 等[45] 提出了一种基于 CNN 网络的人体体质识别算法，该算法可以根据人脸图像对个体体质类型进行分类。由于面部特征极其复杂，传统机器学习算法很难准确地提取和归纳各项特征。面对这种困境，深度学习不失为一种新的思路。通过训练大量的人脸图像数据，深度学习网络可以自动从中提取光照、动作、环境等影响因素下不变的人脸特征，训练可靠的模型，从而提高人脸检测的准确率，利用深度学习技术进行面诊客观化研究是走向中医药现代化的必经之路。

4.2　以“整体观念”为基，整合多模态信息，构建客观化面诊体系　中医注重“整体观念”，强调“四诊合参”，综合全面了解诊断信息。《黄帝内经》中有许多相关的记载：“凡相五色之奇脉，面黄目青……皆不死也。面青目赤……皆死也。”强调色诊与目诊的结合。“色青者，其脉弦也……见其色而不得其脉，反得其相胜之脉，则死矣。”强调色诊与脉诊的结合。由此可见，在临床诊病中，要综合色泽、舌诊、目诊等望诊信息，并结合实验室检查等文本信息，患者的语声、气味等声音及嗅觉信息，利用多模态机器学习，形成最精准的诊断结果，以指导下一步的治疗方案。此外，随着现代信息技术的突飞猛进，3D 智能望诊系统可以植入手机等便携设备，配合智能手表、蓝牙耳机等终端设备，收集包括 3D 面部图像、舌象、脉象、语声在内的多模态信息，进行集成化统一处理，并输出综合诊断方案。从而将传统中医诊疗延伸至疾病预防及保健层面，实现“未病先防”，进一步发挥中医药优势，促进健康中国战略的具体呈现。

5　前景与展望

面诊客观化研究正在逐步走向成熟，但仍存在一些问题：（1）研究深度欠缺。主要体现在对面部信息的量化特征研究不够全面和系统，以及对关键面诊信息的忽视。目前研究最广泛的是颜色特征和光泽度。中医强调整体观念，面诊同样如此，单纯察色泽，而忽略其他重要的面部信息，将导致结论的偏颇。特别是在现代医学技术的支持下，更应注重对多维度面诊信息的研究，以实现中医面诊现代化。未来，应结合计算机视觉、图像处理等现代科技手段，开发更优的面部信息提取算法，实现对面部信息的自动化、精确化提取。（2）诊断精度不足。人脸图像的精准定位与中医诊断区域的分割是中医面诊自动化检测的重要前提。对于已获取的图像，只有实现了精准的面部检测和定位后方可进行面部特征

点定位、区域分割和特征识别等研究。目前，中医智能面诊方法主要建立在二维数据的基础上，提取信息相对局限，且容易受到光线及复杂环境因素的干扰，识别精度和应用范围受限。(3)缺乏大规模数据库与统一标准，目前中医面诊客观化研究普遍存在样本量少，缺乏多中心、大样本的临床验证，这将影响研究的可信度，妨碍中医面诊客观化研究的临床推广。相对于现代医学领域丰富的公共数据集来支持 3D 面部图像的研究，中医领域则缺乏相应的工作，多数数据集规模有限且质量参差不齐。为了支持和促进面诊客观化研究的开展，针对面诊中的各项问题制定统一的标准并收集大规模数据，是在中医领域面诊客观化研究方面所面临的首要挑战。

用现代科学技术解读中医药原理、推进中医药现代化进程、促进中医药的传承发展是大势所趋，亦是当务之急。目前，中医望诊客观化研究虽然取得一定进展，但仍存在难以突破的瓶颈，导致无法真正推向临床。应用 3D 技术能够更精确、客观地反映面诊原理，从而为中医药的数字化面诊体系建设提供重要支持。目前，3D 面部图像识别技术已相对成熟，在现代医学某些领域取得了一定的突破，但在辅助中医面诊方面仍处于起步阶段。因此，将其纳入中医数字化面诊体系中，对于推动中医面诊客观化、标准化、现代化进程具有重要意义。

参考文献：

[1]王章林，詹杰，赵文，等.《望诊遵经》面部色诊学术特色[J]. 中国中医基础医学杂志，2022，28(1)：41－43.

[2]徐映雪. 面向中医体征图像辅助望诊的深度学习研究[D]. 广州：华南理工大学，2022.

[3]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.

[4]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.

[5]朱立，齐文升. 试论“临证望色”的意义[J]. 环球中医药，2018，11(6)：895－897.

[6]阮铭，陈敬贤，沈小珩，等. 恶性肿瘤伴抑郁焦虑患者中医面色、舌象观察及客观化分析[J]. 辽宁中医药大学学报，2019，21(7)：140－143.

[7]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.

[8]汪晶晶，李晓强，闫西平，等. 基于支持向量机的中医望诊颧色分类研究[J]. 北京生物医学工程，2012，31(1)：1－6.

[9]刘金涛，陈叶，金燕，等. 基于数字化慢性肾炎湿热证面诊特征研究[J]. 中华中医药学刊，2014，32(11)：2680－2683.

[10]朱燕波，王琦，史会梅，等. 中医体质量表－30 条目简短版的制定与评价[J]. 中医杂志，2018，59(18)：1554－1559.

[11]朱燕波，王琦，虞晓含，等. 中医体质量表－41 条目简短版的结构效度和反应度评价[J]. 中国全科医学，2017，20(26)：3282－3286.

[12]杨帅，徐莹，关茜，等. 阴虚、阳虚体质人群的面诊图像特征分析研究[J]. 中国中医基础医学杂志，2021，27(7)：1141－1144.

[13]WANG J，KUESTEN C，MAYNE J，et al. Human skin gloss perception based on texture statistics[J]. IEEE Trans Image Process，2021，30：3610－3622.

[14]MATSUBARA A，LIANG Z W，SATO Y，et al. Analysis of human perception of facial skin radiance by means of image histogram parameters of surface and subsurface reflections from the skin[J]. Skin Res Technol，2012，18(3)：265－271.

[15]HAERI M，PHAMDUY T，CAFONE N，et al. Novel digital image analysis using fractal dimension for assessment of skin radiance[J]. Skin Res Technol，2019，25(4)：564－571.

[16]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，2016：587－596.

[17]JAMMOUSSI A Y，GHRIBI S F，MASMOUDI D S. Adaboost face detector based on Joint Integral Histogram and Genetic Algorithms for feature extraction process[J]. Springerplus，2014，3：355.

[18]LIAO S C，JAIN A K，LI S Z. A fast and accurate unconstrained face detector[J]. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell，2016，38(2)：211－223.

[19]陈淑华. 面部颜色空间分析及其在疾病诊断中的应用[D]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学，2016.

[20]王罡. 一种有效的唇部特征定位算法[J]. 科技资讯，2015，13(23)：3－4，7.

[21]杨云聪，张菁，卓力，等. 应用于中医面诊的人脸区域分割方法[J]. 测控技术，2012，31(5)：25－28.

[22]NAVEED K，DAUD F，AHMAD MADNI H，et al. Towards automated eye diagnosis：an improved retinal vessel segmentation framework using ensemble block matching 3D filter[J]. Diagnostics，2021，11(1)：114.

[23]CHIU C C. A novel approach based on computerized image analysis for traditional Chinese medical diagnosis of the tongue[J]. Comput Meth Programs Biomed,2000,61(2):77 - 89.

[24]KIM J,HAN G J,CHOI B H,et al. Development of differential criteria on tongue coating thickness in tongue diagnosis[J]. Complementary Ther Med,2012,20(5):316 - 322.

[25]HU M C,LAN K C,FANG W C,et al. Automated tongue diagnosis on the smartphone and its applications[J]. Comput Methods Programs Biomed,2019,174:51 - 64.

[26]屠立平,罗承铉,许家佗,等. 女性"人中"形态与妇科疾病的相关性研究[J]. 上海中医药大学学报,2011,25(5):54 - 56.

[27]李现峰. 基于深度学习的单图人脸三维形状重建技术与应用[D]. 广州:华南理工大学,2021.

[28]PINI S,BORGHI G,VEZZANI R,et al. A systematic comparison of depth map representations for face recognition[J]. Sensors,2021,21(3):944.

[29]GAO M R,RUAN N J,SHI J P,et al. Deep neural network for 3D shape classification based on mesh feature[J]. Sensors,2022,22(18):7040.

[30]HUI L,CHENG M M,XIE J,et al. Efficient 3D point cloud feature learning for large - scale place recognition[J]. IEEE Trans Image Process,2022,31:1258 - 1270.

[31]TRAN L,LIU X M. On learning 3D face morphable model from in - the - wild images[J]. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell,2021,43(1):157 - 171.

[32]HART T C,HART P S. Genetic studies of craniofacial anomalies:clinical implications and applications[J]. Orthod Craniofac Res,2009,12(3):212 - 220.

[33]T W Anderson H B Newcombe R B Lowry P A Baird. Genetic disorders in children and young adults:a population study.[J]. American Journal of Human Genetics,42(5):677 - 693.

[34]ALMPANI K,LIBERTON D K,JANI P,et al. Loeys - Dietz and Shprintzen - Goldberg syndromes:analysis of TGF - β - opathies with craniofacial manifestations using an innovative multimodality method[J]. J Med Genet,2022,59(10):938 - 946.

[35]GUROVICH Y,HANANI Y,BAR O,et al. Identifying facial phenotypes of genetic disorders using deep learning[J]. Nat Med,2019,25(1):60 - 64.

[36]SCHNEIDER H J,KOSILEK R P,GüNTHER M,et al. A novel approach to the detection of acromegaly:accuracy of diagnosis by automatic face classification[J]. J Clin Endocrinol Metab,2011,96(7):2074 - 2080.

[37]DAI Q,FENG Z Z. More excited for negative facial expressions in depression:evidence from an event - related potential study[J]. Clin Neurophysiol,2012,123(11):2172 - 2179.

[38]DE MELO W C,GRANGER E,HADID A. Combining global and local convolutional 3D networks for detecting depression from facial expressions[C]//2019 14th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2019). May 14 - 18,2019,Lille,France. IEEE,2019:1 - 8.

[39]JAN A,MENG H Y,GAUS Y F B A,et al. Artificial intelligent system for automatic depression level analysis through visual and vocal expressions[J]. IEEE Trans Cogn Dev Syst,2018,10(3):668 - 680.

[40]BOURKE C,DOUGLAS K,PORTER R. Processing of facial emotion expression in major depression:a review[J]. Aust N Z J Psychiatry,2010,44(8):681 - 696.

[41]HAQUE A,GUO M,MINER A S,et al. Measuring depression symptom severity from spoken language and 3D facial expressions[EB/OL]. 2018:arXiv:1811. 08592. https://arxiv. org/abs/1811. 08592

[42]李玲俐. 基于深度学习理论的人脸识别技术应用综述[J]. 计算机与数字工程,2021,49(9):1912 - 1914,1929.

[43]赵远东. 基于深度神经网络的人脸识别方法研究[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2019.

[44]XU Y Q,JUNG C. Face 2D to 3D reconstruction network based on head pose and 3D facial landmarks[C]//2021 International Conference on Visual Communications and Image Processing (VCIP). December 5 - 8,2021,Munich,Germany. IEEE,2022:1 - 5.

[45]LI H T,XU B,WANG N Y,et al. Deep convolutional neural networks for classifying body constitution[C]//Artificial Neural Networks and Machine Learning - ICANN 2016. Cham:Springer,2016:128 - 135.

收稿日期:2025 - 05 - 26

作者简介:屈馨宁(1999 -),女,山东临清人,博士研究生,研究方向:中医治疗风湿病的临床与基础研究。

通信作者:刘宏潇(1975 -),女,主任医师,博士研究生导师,研究方向:中医治疗风湿病的临床与基础研究。E - mail:liuhongxiao_123@163. com

编辑:孙铮