

深度学习在舌诊智能化的应用研究文献综述

姜集帆¹ 曾水圣¹ 张 康^{1*}

JIANG Jifan ZENG Shuisheng ZHANG Kang

摘 要

随着人工智能技术的迅速发展,人工智能与医学技术相结合的诊断方法也不断更新。基于此,文章对中医舌诊的智能化发展进行了多方位的探讨,重点阐述了深度学习技术在舌诊领域的应用发展现状以及优缺点,涵盖了从研究背景、基本原理到智能化方法及研究进展等多个方面。随着深度学习的普及,针对传统舌诊存在的局限性,许多研究者致力于舌诊的客观化、智能化、量化。文章重点分析中医望诊中的舌诊方法,如何将其与现代化技术和深度学习技术相结合创新,构建智能舌诊全域信息感知与健康评估、病证诊断的新模式,致力于推动中医舌诊文化的发展。

关键词

中医舌诊;深度学习;舌象分割;舌诊智能化

doi: 10.3969/j.issn.1672-9528.2026.04.002

0 引言

中医舌诊作为中医望诊中不可缺少的一环,医生可通过观察舌体颜色深浅、形体轮廓、胖瘦程度、舌苔厚薄等变化初步判断脏腑功能盛衰、气血阴阳平衡状态,为辨证论治做出初步判断。在中医经典理论中提出“舌为脾之外候,苔为胃气所生”,而《黄帝内经》强调“有诸内必形诸外”,说明舌象变化是与机体病理变化相关联的,其中通过局部表征推断整体病理的“司外揣内”也是中医“见微知著”的智慧结晶。传统舌诊多为医生结合经验给出的主观判断,缺乏统一的量化标准,诊断结果易受个体的主观经验的影响,其客观性和重复性较差,对于现代临床应用不适用。

近20年来,舌诊技术与现代互联网科技相结合取得了不错的进展,一方面,舌诊技术的数字化和标准化基本实现^[1],前者保证图像分割,色彩校正等图像处理功能的准确性和客观性,后者则是对舌诊数据的标准化,对舌象进行客观、定量的分析,对其进行规范整理,如舌象颜色、舌象纹理等数据实现数据化,但是针对不同舌象形质的识别量化仍是重点研究对象,针对舌象客观化的文献数量远远超过其他文献,也有许多研究人员研究具体病症的舌象参数,如图1所示(数据来源于知网)。另一方面,人工智能技术不断创新迭代,不断涌现出AI+和许多AI工具,尤其是在深度学习领域中,卷积神经网络使图像学习处理技术的准确性和效率获得大幅度提升,已成为当前的主流技术,在图像分割、图像分类、

人脸识别等领域被广泛运用^[2],为中医诊疗技术的智能化发展提供了新的契机^[3],关于舌诊中智能化的关键问题就是深度学习方法的运用,有常见的卷积神经网络和全卷积网络、循环神经网络、随机森林^[4]、K-均值聚类^[5],不同的算法都有不同的优缺点,可以根据应用场景以及图片的质量选择相应的深度学习算法进行分割,以确保鲁棒性和适用度。而探索如何运用深度学习技术来解析中医舌诊的量化特征及其与疾病、证候之间复杂的关系,以提升中医诊断与治疗的精确度、稳定性和有效性,构成了舌诊在临床应用中的核心科学难题。将舌诊与具体病症进行结合,如糖尿病、中风、贫血等病症,且使其具有一定的准确率便是临床应用的难点。舌诊因便捷且无创和经济,前景较好,而构建以舌诊数据化特征为基石的疾病智能化诊断与决策支持系统,则是中医舌诊现代化的一个重要发展方向,同时也是中医诊疗技术范式的一次革新,预示着中医向智能化发展的必然趋势^[6]。

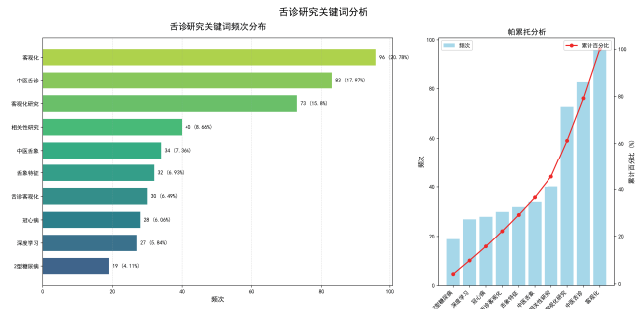


图1 2000—2025年舌诊客观化研究文献关键词分析
(资料来源:知网)

1 深度学习的舌诊智能化方法概述

基于深度学习的舌诊智能化方法主要包括图像数据采

1. 江西中医药大学 江西南昌 330004

[基金项目] 江西省中医药管理局科技计划项目(2023A0340)

集、对数据预处理、对舌体图像的特征提取、根据分类的数据给出诊断等步骤。其中最为关键的步骤为特征提取和分类诊断,二者直接影响舌诊的准确性。从舌象图像的预处理、舌体分割与质苔分离、特征提取、舌象分类与诊断到结果评估与优化等各个环节都涉及深度学习的应用。如图2所示。

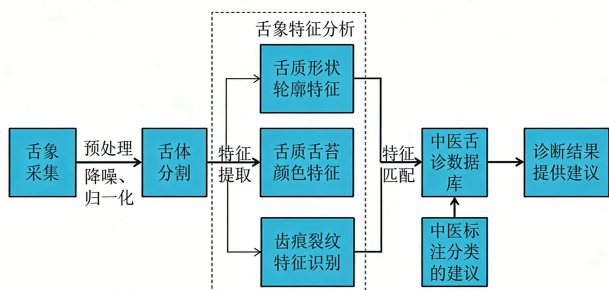


图2 智能舌诊基本流程

数据采集是舌诊智能化的第一步,主要包括舌象图像的采集、图像的预处理以及标注等过程。江涛^[7]运用不同机器学习方法进行舌色分类,发现支持向量机(SVM)对舌苔颜色分类的AUC=0.93,对4种舌质颜色的分类AUC=0.98,该研究结果充分说明提取的数字化舌象图像特征可较好地表示舌的颜色特征采集的舌象图像应满足良好的质量和可识别性。

数据的预处理是舌诊智能化的第二步,主要包括图像处理、数据清洗、数据增强等处理过程。图像处理主要是进行去噪、锐化、归一化等操作,以提高图像的质量和去除干扰信息量,提高后续舌象特征分析的准确性。大部分降噪方法都是通过基于空域和变化域的滤波算法对舌体图像进行降噪^[8]。此外,吴淑凡等^[9]也提出一种基于偏微分方程的降噪方法,滤波效果良好,而数据清洗操作主要去除一些不清晰、无效的图像,以保证数据集的纯净性。数据增强能够扩充训练集规模并提升模型对输入变体的适应性,从而增强模型在实际场景中的泛化性能与鲁棒性,达到优化模型的训练结果。

特征提取是舌诊智能化的核心步骤,其将舌体的有效特征进行分割、增强,并转化为计算机模型能够理解的数据形式再进行分类诊断。特征提取常用全卷积网络或者卷积神经网络,刘慧琳等^[10]的研究结果表示FCN的缺点在于无法实时分割舌象且对舌象中的小细节不敏感,效率较低,但仍优于传统方法。Chen等^[11]设计了DeepLab家族用于图像分割。Xue等^[12]将DeepLab3+应用于舌象集,相较其他的深度学习算法,更加清晰且适用场景更加广泛。

2 舌诊智能化方法的研究进展

2.1 智能化舌诊研究方向

根据计算机学科在医疗领域中针对不同问题所采用的核心技术差异,以及图像数据的来源类型与应用场景,可将相关研究划分为以下主要类别:

(1) 构建标准化体系和统一的临床验证平台,其能够

统一数据格式,提升深度学习的数据质量,对舌色和舌形等类型进行明确的临床定义^[13];

(2) 舌象分割算法优化,深度学习算法的优化能够提升舌诊的准确率和临床价值;

(3) 舌象与具体病症结合,研究具体病症的舌诊数据,建立客观化数据库,用于判断人体是否存在具体疾病的研究,如糖尿病,贫血,肠胃问题等疾病,对该类型的病人的舌象特征进行提取,对数据进行分析归类进一步了解病理与舌体的联系^[14-18];

(4) 多模态数据融合舌诊,可探索将舌诊与脉诊、问诊等中医诊断技术深度融合,构建基于多模态数据(涵盖舌象形态、脉象参数及症状信息等)的智能诊断体系,以提升中医辨证的客观性与精准度^[19];

(5) 舌诊系统化、平台化和移动端部署,将舌诊落实到系统和移动端,提升舌诊的实用价值,展示其行业前景;

(6) 舌诊与大模型结合,对算法进行创新融合,研究如何将大模型应用于舌诊领域,以及不断更新和优化智能化舌诊技术,提高舌诊智能化的准确性与便捷性。

2.2 智能化舌诊研究进展

2.2.1 标准化体系构建和临床验证

当前舌诊智能化研究面临数据采集标准不一、标注规范缺失、临床验证不足等困境,严重制约了技术转化与临床应用。针对这一瓶颈,未来研究应着力构建涵盖数据采集硬件标准、标注流程规范、评估指标体系的全链条标准化框架,并遵循医疗器械临床试验质量管理规范,开展多中心、前瞻性、随机对照的临床验证研究,确立与专家诊断的一致性评价指标。标准体系的构建首先保证数据采集的标准化(光源和采集设备等)和统一的规范标注(舌色、舌形和舌苔等分类的明确定义),二者能够确保获得良好的初始数据,为后续的评估指标的标准化和临床验证化奠定基础。标准化体系应该多维度评估,算法性能层面除准确率、精确率、召回率、 F_1 分数外,可以增加与专家诊断的一致性指标,能够提升舌诊分析的临床价值。此外,可以将监管准入标准化,明确智能化舌诊的医疗器械的分类、规范产品技术要求、临床评价资料、风险管理报告、软件研究资料等材料。

2.2.2 舌象分割算法优化

舌象图像的区域分割是舌诊自动化分析流程中的核心环节。传统舌象分割方法如阈值分割、边缘分割、纹理分析及主动轮廓模型分割等方法,在鲁棒性、分割精确度方面存在不足,应用场景较为局限。如基于像素相似性的区域生长算法,基于灰度分布的阈值分割法、依靠梯度检测边界的边缘检测法、依据不同的色彩空间通道特征分割的方法^[20]等,大多数模型都需要人为干预,而且准确度较差,如孙可心^[21]研究的全卷积神经网络医学图像分割,相较于传统的分割算法

更为自动化，且速度和精度都得到了较大提升。

U-Net 作为全卷积神经网络的典型代表，采用 U 型网络拓扑结构，通过跳跃连接，融合多尺度特征，Huang 等^[22]研究基于 U-Net 结合残差软连接模块和显著图像融合模块构建了一种适用于移动设备的深度神经网络舌象分割系统 OET-NET，该方法相较于传统分割网络，有效地提升了舌体边界区域的分割精度，实现高精度的舌体区域自动分割。与此同时，张康^[23]构建了基于反向传播神经网络的舌象色彩量化分析框架，该方案通过区域分割算法实现舌苔与舌质的解耦，进而建立舌色—苔色双通道分类模型，为中医舌诊的客观化研究提供了新的技术范式。

卢运西等^[24]将 FCN8S、FCN16S、FCN32S、SegNet、DeepLabv2、DeepLabv3、DeepLabv3+、U-Net 和 Mask R-CNN 等，使用这些方法进行比较，发现其中的 DeepLabv3+ 方法分割的鲁棒性与分割精度都有不错的效果，而且分割精度也达到了 98%，所需的时间也更短。而张镇^[25]将 DeepLabv3+ 具体应用到舌体分割算法中，以提高分割效果，实验证明该方法适用于大部分场景，局限性更小。肖庆新等^[26]通过根据不同舌苔的颜色设计的分类型卷积神经网络，准确率更高，响应速度更快，分类准确率达 94.85%。

通过比对不同的实验结果，发现基于深度学习的中医舌象分割方法在准确性和效率方面都要优于传统的中医舌象诊断方法。此外，Xian 等^[27]对比了使用不同深度学习模型进行分类诊断的效果，包括 LeNet-5、AlexNet、ResNet 等深度学习方法，其实验结果显示，运用深度学习的方法在舌象分类的应用上能够获取更佳的分

类效果。

邱童^[28]提出的深度学习与多特征融合的舌象分割算法，

采用 Faster R-CNN 目标检测框架实现舌象图像的预处理流程，能够通过区域建议网络（RPN）自动定位舌体关键区域，为后续分析提供标准化输入和结合多特征融合的方法留下标准化的接口，其结果表明，该算法相较于直接使用具有更好的鲁棒性和分割精度。结合吴欣等^[29]有关深度学习在舌象分类中的研究综述，得知舌诊研究文献发表数量整体呈波浪式上升趋势，但增加速度缓慢，且相关的主题主要围绕舌诊客观化研究、中医舌诊、中医舌象、中医诊断、图像分割、图像处理、特征提取和冠心病等内容。

深度学习的识别精度和识别速度相较于传统的方法都有一定的优化，其被广泛应用于舌诊客观化研究。李承颖^[30]研究的 Mask R-CNN 算法对裂纹舌的识别与严重程度具有高精度判断，对舌体边界明显的图片有较好的分割效果。此外宋超使用的迁移学习方法能够减少对舌象图像数据的依赖，并一定程度上提升模型的性能和加速模型的训练，但是迁移学习仍然面临较大的挑战，舌象图像与大规模图像数据集中的数据分布可能存在差异，这可能导致迁移学习效果不佳，以及模型的选择和优化等^[31]。如表 1 所示不同算法存在优缺点，可以根据对应的适用场景选择对应的最优算法。

2.2.3 舌象与具体病症结合

基于深度学习的智能舌诊系统可通过多模态特征融合技术，对舌体形态、色泽及舌苔分布等关键特征进行结构化分析，结合标准化舌象数据库实现智能分类，为临床提供高效辅助诊断支持。李军等^[32]基于糖尿病患者舌象的颜色、纹理、舌苔比例三类特征数据建立了一个随机森林模型，该模型对提升糖尿病诊断模型性能具有一定意义，莫国凤等采用 ConvNeXt 模型、朴素贝叶斯网络、K 近邻模型、决策

表 1 各算法优缺点比较

分割方法	结构文献	优缺点	缺点
传统方法	颜色空间转换和纹理等	减少了人为因素带来的误差，提高了准确率	对光照敏感和计算效率低，边缘模糊处理差
全卷积网络	FCN	效率高；计算量少，适合高分辨率图像；多尺度特征融合提升边界精度	上采样易丢失细节；对小目标分割效果差；模型复杂度高，训练需大量数据
基于编解码器的模型	U-Net	结构融合多尺度特征，边界分割准确	对复杂背景或遮挡目标适应性有限
	TU-Net	在 U-Net 的基础上融合注意力机制与多尺度模块能够有效地提高分割精度	计算复杂度高，对硬件要求高，且需大量数据训练以避免过拟合
DeepLab	DeepLabv3	空洞卷积 +ASPP 多尺度特征捕捉，边界精准	计算复杂度高，硬件要求严，小样本易过拟合
卷积神经网络	CNN	基础特征提取强，结构灵活适配多任务	缺乏分割专项设计（如上采样 / 跳跃连接）
	ResNet-34	残差连接缓解梯度消失，轻量级适用小数据	深度有限，复杂场景特征提取能力弱
	ResNet-50	更深残差模块提升特征抽象能力，精度更高	参数量大，训练成本高，移动端部署难
R-CNN	Mask R-CNN	RoIAlign+ 实例分割双任务，检测分割同步	模型复杂，推理速度较慢
其他方法	迁移学习微调	预训练模型快速适配，数据需求低效率高	领域差异可能导致性能下降，需优化
	ConvNeXt	现代架构优化，性能提升	计算量增加，需平衡性能与资源消耗

树算法以及支持向量机模型进行舌象分类辨识,结果显示在一众模型中 ConvNeXt 模型表现最优,其平均准确度高达 89.44%,在验证集中,对于痰湿证与非痰湿证两个类别的分类,ConvNeXt 模型的平均准确度、精确率和召回率均接近 90%^[33]。这些数据表明,ConvNeXt 模型在舌象分类辨识中具有很高的准确性,能够为中医舌诊的客观化研究及冠心病的临床诊断提供有力支持。

2.2.4 多模态数据融合舌诊

中医诊断强调“四诊合参”,单一模态的舌象分析难以全面反映人体复杂的生理病理状态。近年来,多模态数据融合技术逐渐成为舌诊智能化研究的重要方向。肖雯迪等^[19]系统梳理了中医望诊多模态融合技术的应用,提出将舌象、面象、目诊等多模态视觉信息进行联合分析,通过特征级融合和决策级融合提升诊断准确性,综合诊治,具有极高的临床价值。此外,多模态智能化舌诊能够融合舌象视觉特征与文本描述、临床检验指标、脉象、面诊等多源异构数据,使用深度学习实现跨模态特征对齐与互补信息融合,突破传统单模态舌诊的信息局限,推动中医舌诊从经验依赖型向数据驱动型转变。

2.2.5 舌诊系统化、平台化和移动端部署

深度学习赋能的智能舌诊系统已在临床实践中展现出显著应用价值。例如,邵尤伟^[34]研发的舌诊分析平台,通过集成深度神经网络模型,可自动提取舌体的形态结构、色泽分布及舌苔质地等关键特征,并基于多维度数据融合生成量化诊断报告,为中医辨证提供了客观化参考依据,具有相当大的研究意义,此外李磊^[35]设计的基于 Django+Ajax+vue.js+MySQL+PyTorch 的智能舌象分析系统,能够在来自不同数据域的舌象数据环境下依旧具有很好的舌体提取效果。该系统在多家医院取得不错的反响。

高诗岳等^[36]创新构建了融合智能舌诊设备与移动端分析系统的中医大数据平台,该方案以中医理论体系为核心,依托物联网与人工智能技术,实现了舌象数据从多模态智能采集、云端标准化整合、跨域共享协作到 AI 辅助决策的全流程数字化管理,并对其医疗、教学、科研方面的应用进行展望,对未来中医药行业客观化、信息化、定量化发展起到促进作用。

2.2.6 舌诊与大模型结合

大语言模型的突破性发展为舌诊智能化开辟了新的技术路径。大模型凭借其强大的自然语言理解与生成能力、跨模态信息处理能力以及知识整合能力,能够将舌象视觉特征与中医诊断文本描述在统一的语义空间中进行对齐,实现从“看图识舌”到“辨证论治”的一体化智能诊断。张默等人用阿里达摩院开源的通义千问 VL 模型,通过人工智能技术分析

验证多模态模型在中医舌诊辨识与疾病诊断(HP 感染)中的效能,结合大模型的快速学习的优势,在不同的阈值下得到了不错的召回率^[37]。

3 结论与展望

深度学习可以帮助中医舌诊实现数字化、精准化,推动中医舌诊诊断体系向现代化转变,然而基于深度学习的舌诊分析技术从图像识别到特征分析,从临床转化应用的角度仍存在标准化体系不完善、多模态数据融合不足等问题,还有较大的提升空间和行业前景。一是模型可解释性不足,深度学习的黑箱特性难以满足临床诊断的可信性要求;二是临床适配性不强,现有研究多从算法出发而非临床痛点出发,导致模型与临床实践脱节;三是标准化体系缺失,数据采集、标注、评估缺乏统一规范,阻碍了技术推广。

针对当前舌诊智能诊断的局限性,基于深度学习研究还可以从以下方面进行拓展研究以提升其临床实用价值:一方面将采集流程标准化和舌象数据参数的标准化,统一数据格式,奠定良好的智能化舌诊数据基础;打破传统舌诊的信息维度限制,在现有二维可见光基础上发展结合红外热成像、高光谱、三维结构光等技术的多模态舌诊设备获取舌体的温度、光谱、立体等信息,此外,可以结合用户的面部参数、腕部脉象和近期睡眠情况等数据,综合所有参数进行舌诊;依托大数据技术构建“宏观-微观”整合分析框架,如结合舌苔菌群测序数据、代谢组学数据,建立舌象特征与微观指标的关联模型,将与病症结合的舌象特征库作为基础,运用跨模态深度学习算法建立舌象宏观表型与分子生物学特征的关联模型,从而揭示舌象变化与疾病发生发展的多层次作用机制,为中医证候的客观化诊断提供更加科学的依据。

参考文献:

- [1] 江涛,屠立平,许家佗.中医舌象智能诊断技术研究述评及展望[J].中国中医药信息杂志,2024,31(7):182-187.
- [2] KER J, WANG L P, RAO J, et al. Deep learning applications in medical image analysis[J]. IEEE access,2017,6:9375-9389.
- [3] WANG Y L, SHI X M, LI L, et al. The impact of artificial intelligence on traditional Chinese medicine[J]. The american journal of chinese medicine,2021,49(6):1297-1314.
- [4] 王吉庆,张蕾,徐世芬,等.基于机器学习的真实世界健康人舌象与年龄及性别相关性研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2024,26(11):2806-2814.
- [5] 王昇,刘开华,王丽婷.舌诊图像点刺和瘀点的识别与提取[J].计算机工程与科学,2017,39(6):1126-1132.
- [6] 阮群生.智能中医舌诊系统关键技术及应用研究[D].厦门:

- 厦门大学,2022.
- [7] 江涛. 基于深度学习的舌象智能诊断研究与应用 [D]. 上海: 上海中医药大学,2020.
- [8] 江智泉, 周作建, 鲍剑洋, 等. 人工智能背景下的中医舌诊客观化研究概述 [J]. 计算机时代,2022(1):1-4.
- [9] 吴淑凡, 吴清平. 基于偏微分方程的图像去噪技术研究 [J]. 信息技术与信息化,2022(11):29-32.
- [10] 刘慧琳, 冯跃, 徐红, 等. 深度学习的舌体分割研究综述 [J]. 计算机科学与探索,2021,15(12):2276-2291.
- [11] CHEN L C, PAPANDREOU G, SCHROFF F, et al. Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation [EB/OL]. (2017-12-05)[2026-03-19]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.0558>.
- [12] XUE Y S, LI X Q, WU P, et al. Automated tongue segmentation in Chinese medicine based on deep learning [C]//Neural Information Processing. Berlin: Springer,2018:542-553.
- [13] 杨丛旭, 王耀巍, 王新慧, 等. 许家松辨治慢性肾病舌诊经验 [J]. 山东中医杂志,2024,43(9):921-925.
- [14] 李海涛, 张晓明, 郭婷婷, 等. 胡斌名老中医舌诊脾胃病经验 [J]. 中国医药科学,2024,14(7):100-103.
- [15] 侯小芬. 基于人工智能舌诊辨识系统的高血压病慢病管理系统的构建 [D]. 合肥: 安徽中医药大学,2024.
- [16] 白雪. 2 型糖尿病合并高血压数字化舌诊差异化比较研究 [D]. 沈阳: 辽宁中医药大学,2024.
- [17] 刘小雨, 李玉锋, 王垂杰, 等. 舌下络脉诊法在慢性萎缩性胃炎临床诊疗中的应用 [J]. 实用中医内科杂志,2025,39(8):9-11.
- [18] 屈德春, 吕琨, 朱跃坤, 等. 结直肠癌患者舌苔变化与舌苔菌群和肠道菌群的相关性研究 [J]. 世界中医药,2024,19(12):1802-1810.
- [19] 肖雯迪, 朱龙, 王洋, 等. 中医望诊多模态融合技术的应用与思考 [J]. 中医杂志,2024,65(17):1741-1746.
- [20] 谢涛. 基于图像处理的舌像分割及润燥识别研究 [D]. 上海: 华东理工大学,2017.
- [21] 孙可心. 基于全卷积神经网络的医学图像分割 [D]. 西宁: 青海师范大学,2022.
- [22] HUANG Z H, MIAO J Q, SONG H B, et al. A novel tongue segmentation method based on improved U-Net [J]. Neurocomputing,2022,500:73-89.
- [23] 张康. 基于 BP 神经网络的舌色和苔色自动分类研究 [J]. 时珍国医国药,2020,31(10):2550-2552.
- [24] 卢运西, 李晓光, 张辉, 等. 中医舌象分割技术研究进展: 方法、性能与展望 [J]. 自动化学报,2021,47(5):1005-1016.
- [25] 张镇. 基于深度卷积神经网络的舌诊客观化研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学,2021.
- [26] 肖庆新, 张菁, 张辉, 等. 基于轻型卷积神经网络的舌苔颜色分类方法 [J]. 测控技术,2019,38(3):26-31.
- [27] XIAN H M, XIE Y Y, YANG Z Z, et al. Automatic tongue image quality assessment using a multi-task deep learning model [J]. Front physiol,2022,13:966214.
- [28] 邱童. 基于深度学习与多特征融合的舌象诊断算法 [J]. 现代信息科技,2020,4(1):63-65.
- [29] 吴欣, 徐红, 林卓胜, 等. 深度学习在舌象分类中的研究综述 [J]. 计算机科学与探索,2023,17(2):303-323.
- [30] 李承颖. 基于深度学习的舌象分割及分类方法研究 [D]. 西安: 西安理工大学,2021.
- [31] 宋超. 基于深度迁移学习的舌象特征分类方法研究 [D]. 南京: 南京财经大学,2020.
- [32] 李军, 胡晓娟, 周昌乐, 等. 基于随机森林算法的糖尿病舌象特征分析和诊断模型研究 [J]. 中华中医药杂志,2022,37(3):1639-1643.
- [33] 英国凤, 王辉, 常娜娜, 等. 基于深度学习 ConvNeXt 模型的冠心病痰湿证舌诊信息分类辨识 [J]. 中国医药导报,2024,21(16):21-23.
- [34] 邵尤伟. 基于深度学习的智能舌诊方法研究 [D]. 厦门: 厦门大学,2018.
- [35] 李磊. 基于深度学习的智能舌像分析方法研究及系统实现 [D]. 厦门: 厦门大学,2020.
- [36] 高诗岳, 杨琚涵, 张世祺, 等. “手机端中医舌诊疾病分析系统”及舌诊仪研究进展 [J]. 实用中医内科杂志,2024,38(11):75-77.
- [37] 张默, 金雪, 李宇明, 等. 基于多模态大模型探索智能化医疗在中医舌诊中的临床研究 [J]. 中药药理与临床,2025,41(3):72-76.

【作者简介】

姜集帆(2001—),男,江西上饶人,硕士研究生,研究方向:图像分割处理。

曾水圣(1999—),男,江西赣州人,硕士研究生,研究方向:图像分割处理。

张康(1980—),通信作者(email:21846498@qq.com),男,江西南昌人,硕士,副教授,研究方向:医学图像处理研究。

(收稿日期:2025-09-05 修回日期:2026-04-07)