DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2025.09.005

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

刘迈,王晶,王曼睿,樊林淼,周恒宇,张晓晴
(北京中医药大学生命科学学院,北京 100029)

摘要:目的 旨在探索分割一切模型(Segment Anything Model,SAM)系列图像分割大模型在数字化中医望诊研究中的应用,有望减少在中医理论指导下为训练舌、面、目、手等图像的特定部位分割模型过程中所需的大量人工标注工作。方法 首先采用快速分割一切模型(Fast Segment Anything Model,FastSAM)完成无监督分割舌、面、目等图像,评估其分割完整的舌部、面部和目部的效果,表明FastSAM能够高效分离中医望诊所需的特定部位。其次采用SAM在框选提示下可弥补FastSAM对舌部的裂纹、面部的额头、眼部的眼络、手部的指甲等细节部分分割结果不理想的缺点。结果 FastSAM在舌部和面部的交并比(Intersection over Union,IOU)值均超过0.9,目部超过0.8,表明在整体或部分图像分割方面表现良好,并且SAM能针对FastSAM无法处理的细节部位展现出良好的分割效果。结论 SAM系列模型为后续中医理论指导下实现中医望诊图像特征分析提供一种新的分割方法,实现零样本分割各类中医望诊维度图像,从而有望大量减少中医望诊图像特征的人工标注工作量,同时有效提升中医望诊的准确性和可靠性。

关键词:图像分割;舌诊;面诊;目诊;甲诊;四诊客观化
中图分类号:R222.19 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-7717(2025)09-0021-08

Application exploration of SAM and FastSAM Interactive Segmentation Technology in Ojectification of Traditional Chinese Medicine Inspection Diagnosis

LIU Mai, WANG Jing, WANG Manrui, FAN Linmiao, ZHOU Hengyu, ZHANG Xiaoqing
(School of Life Sciences, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China)

Abstract: *Objective* This study explored the application of the Segment Anything Model(SAM) series in digitalizing traditional Chinese medicine(TCM) inspection diagnosis research, aiming to reduce extensive manual annotation required for specific part segmentation models of tongue, face, eye, and hand under TCM theoretical guidance. *Methods* First, the Fast Segment Anything Model(FastSAM) was used to perform unsupervised segmentation on images of the tongue, face and eyes. The evaluation of its ability to fully segment these areas indicated that FastSAM is highly effective in isolating the specific regions needed for TCM diagnostics. Secondly, SAM used with bounding box prompts, can compensate for FastSAM's suboptimal performance in segmenting finer details such as cracks in the tongue, the forehead on the face, blood vessels in the eyes, and fingernails on the hands. *Results* FastSAM achieved Intersection over Union(IOU) values exceeding 0.9 for both the tongue and facial areas, and over 0.8 for the ocular area, indicating its good performance in overall or partial image segmentation. Additionally, SAM demonstrated the excellent segmentation results for detailed areas that FastSAM cannot handle. *Conclusion* The SAM series of models offers a novel segmentation approach for the subsequent analysis of image features in TCM inspection guided by TCM theory. It enables zero-shot segmentation of various TCM inspection images across different dimensions, potentially significantly reducing the manual annotation workload for TCM inspection image features. At the same time, it effectively enhances the accuracy and reliability of TCM inspection.

Keywords: image segmentation; tongue diagnosis; face diagnosis; eye diagnosis; hand diagnosis; objectification of four diagnostic methods

四诊客观化是中医药现代化进程中的重要组成部分,加速推进四诊客观化研究显得尤为迫切[1-2],在《难经》中有"望而知之谓之神",故实现望诊的客观化和智能至关重要,其关键就在于对望诊图像的精准分割以获得更完整的信息,助力于疾病诊断[3-4]。在舌象客观化方面,舌体的精确分割直接影响舌特征分析的效率和准确性,是后续特征分析的基础[5]。从最

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFC3502301)
作者简介:刘迈(2000-),男,陕西渭南人,硕士在读,研究方向:中医药人工智能。
通讯作者:张晓晴(1973-),女,北京石景山人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中医智能诊断设备及大数据。E-mail:zhangxq@tsinghua-tj.org。

初的舌图像阈值分割算法[6]，发展到基于 Snake 模型的可变模型舌象分割法[7]，再到当前基于深度学习的网络算法[8]，舌体分割算法在不断完善。然而，要实现对舌尖、舌边、裂纹等细节的精确分割，需要专门的模型训练或研究特定算法。例如，卢运西等[9]发现，Deeplab 系列分割方法的平均交并比（Mean Intersection over Union，MIoU）可达 98%。针对裂纹特征的分割，已有研究采用[10] U－Net＋SE 的方法，[11]基于宽线检测器的统计形状特征识别舌头是否有裂纹。对于齿痕特征的分割[12]，有研究运用粗预测引导的残差 U 型网络的方法进行分割。尽管存在多种针对不同舌图特征的分割方法，但目前仍缺乏一种能够相对统一准确分割所有舌图特征的方法。

在面象客观化方面，面部不同部分代表着不同的脏腑[13]，因此精确地分割面部区域对后续特征的分析至关重要。中医理论体系下完整的面诊分区，使用普通的深度学习算法需要大量数据作为学习样本，且对数据采集和训练设备要求高，模型训练难度大。有研究表明，改进的 U－Net 方法能有效提高面部图像分割的精度[14]，LIN 等[15]通过训练深度卷积神经网络，成功分割患者面部照片的不同区域，此外，Voronoi 图技术在面部分割中也有所应用[16]，但也缺乏能实现零样本分割不同面图部位的方法。

在目诊客观化方面[16]，眼底血管分割是眼科成像中最常见的课题[18]。基于机器学习对眼底图像进行视网膜血管分割非常重要，有研究基于[19] U－Net 并引入注意力机制的神经网络 Eye－UNet，用于低质量人眼图像分割技术，但该方法仍无法满足中医望诊理论对上下眼睑、目内外眦等部位的分割需求。在手部甲诊客观化方面，有引入 Snakes 算法分割甲部[20]，但目前尚未引入 SAM 分割技术。

随着学科交叉融合不断深化，计算机技术在中医药领域得到了多元化应用，图像处理在中医望诊领域发展迅速，且有广泛的应用前景[21]。对于需要特殊分割的部位，需要专门训练相应的分割模型[22]。然而，在医学领域中，图像数据标注耗费大量人力，需要专业人员全程参与[23]。而在中医理论下望诊图像的精确分割是望诊图像处理的核心问题，对于大规模医学图像，需要快速且准确的分割模型，因此本文引入了 FastSAM 模型。然而，对于舌图的舌尖、舌边、裂纹，目图的目内眦，手图的指甲，以及面图的鼻部和下颌部等更为精细的分割需求，需进一步采用 SAM 模型实现精细分割。

为实现望诊客观化所需的不同区域分割，需采用不同的分割技术，甚至针对特定部位需要训练相应的分割模型。在中医药领域，尚未发现有研究采用 SAM 模型对望诊图像进行细节化分割。SAM 模型以其强大的泛化能力，能够显著减少标注时间并提升标注质量，尤其在需要标记多种解剖结构的情境下表现更为突出[24－25]。因此，本文引入 SAM 模型，旨在探索其在分割中医望诊图像特定部位方面的应用，以推动中医药现代化发展进程。

1 SAM 及 FastSAM 介绍

1.1 SAM 介绍 SAM 主要用于图像分割任务，是计算机视觉中的一项创新性突破。SAM 在多个学科中都有所应用，在医学领域[26]，SAM 实现了左心室自动分割，并有效地从磁共振成像（Magnetic resonance imaging，MRI）中分割显著性前列腺癌区域[27]。在交通领域，SAM 被用于铁路场景的分割[28]，同时在遥感影像中也展现了其分割能力[29]。SAM 结构如插页Ⅴ图 1 所示，主要由三部分组成：标准的视觉变换（Vision Transformer，ViT）图像编码器、多种提示方式的提示编码器以及轻量级掩码编码器。SAM 基于 Dosovitskiy 等人提出的 ViT 模型，并在包含 10 亿个掩模的 1100 万张图像的大型数据集上进行了训练。SAM 的显著优点在于其出色的零样本分割性能，适用于各种分割任务和广泛的应用场景[24]。SAM 模型支持提示式分割，其设计灵活且通用，能够提供强大的预训练模型以满足各种下游应用需求。在交互式临床医疗等领域，SAM 能够实时输出分段掩码，支持多种灵活的提示和组合方式，使得单个模型能够适应多种未知任务。然而，SAM 在处理特定物体时表现突出，但在其他情况下可能不稳定或失败，特别是在没有明确提示的情况下[25]。因此，为了获得良好的分割效果，选择合适的提示方式至关重要，并可能需要通过微调 SAM 来适应特定的医学数据[4]。

1.2 FastSAM 介绍 SAM 的改进版本有多种，其中 FastSAM 用于提高推理速度，高质量分割一切模型（SAM in High Qualit，HQ－SAM）与语义分割一切模型 Semantic－SAM 用于提高预测精度。FastSAM 是基于 YOLOv8－seg 算法的快速分割模型，其运行速度如插页Ⅴ图 2 所示比 SAM（32×32）快 50 倍。FastSAM 配备了实例分割分支的对象检测器，在基本低级边缘检测任务中，通过选择全实例分割阶段的 Mask 概率图，再对所有 Mask 概率映射进行 Sobel 滤波[31]操作，生成边缘映射。最后，用非极大值抑制（Non－maximum suppression，NMS）[23]来结束预测。该方法借鉴了 YOLACT 技术，并利用了由 SAM 发布的广泛的 SA－1B 数据集。通过在仅图像注释数据集（Segment Anything 1－Billion，SA－1B）数据集的 2%（即 1/50）上训练卷积神经网络（Convolutional Neural Networks，CNN）检测器，FastSAM 实现了与 SAM 相当的性能，同时大大降低了计算和资源需求。值得特别指出的是，FastSAM 只有在全分割模式下成功分割出特定区域，这些区域在框选提示或语言提示下才有可能输出所需的分割结果。

2 分割效果指标的介绍

IoU 值是用于衡量预测分割区域与真实分割区域之间的重叠程度，测试集上的 MIoU 很高，但是实际的分割结果很差，几乎没有分割出前景，主要是因为要分割的目标占总面积之比太少，即出现样本不均衡的问题。此时，前景所占的比例太小，背景所占的比例太大，前景背景占比严重失衡。背景的 IoU 大大提高了 MIoU，导致 MIoU 不再准确，更重要的是前景的 IoU，需要说明的是在本文真实分割区域是使用 Labelme 所标注的区域，而预测分割区域是模型根据提示所预测出的区域，重叠程度越强，IoU 值就越大，说明模型分割效果就越好。如插页Ⅴ图 3 所示，IoU 的计算方法为 IoU＝TP/（TP＋FP），TP 为前景被正确预测为前景的像素点个数，为背景被错误预测为前景的像素点个数，FP 为前景被错误预测为背景的像素点个数[32]。

3 SAM 与 FastSAM 在目诊中的应用

3.1 目诊的意义和传统方法 眼睛在中医中又称目，目诊是中医望诊中的重要内容，目与体内多个脏腑经络都有着密切的联系，目可视为一个完整的“全息胚”[36]，在《黄帝内经》中有[33]：“诸脉者，皆属于目”，“五脏六腑之精气，皆上注于目而为之精”等论述，目诊最早出现在马王堆出土的《阴阳脉死候》

中有:“面黑,目寰,视衰,则气先死”,在《重订通俗伤寒论》中强调了目诊在诊法中地位,载有:“凡病至危,必察两目,视其目色,以知病之存亡也,故观目为诊法之首要”。采用观察目部进行辨证论治的理论基础有五轮学说和八廓学说[34]。其中五轮学说能通过观察目的不同部位,推测出应脏腑功能的盛衰,其源于《灵枢·大惑论》:“精之窠为眼,骨之精为瞳子,筋之精为黑眼,血之精为络,其窠气之精为白眼,肌肉之精为约束”[35]。

而八廓学说则是通过诊察眼目八廓,即白睛上血络的细微变化可了解脏腑功能与疾病的基本情况。在《审视瑶函》中有:“夫八廓应乎八卦,脉络经纬于脑,贯通脏腑,以达血气,往来滋养于目”,“盖验靡之病与轮不同,而廓惟以轮上血脉丝络为凭。或粗细连断,或乱直赤紫,起于何位,侵犯何部,以辨何脏何腑之受病,浅深轻重,血气虚实,衰旺邪正之不同,察其自病传病,经络之生克逆顺而调治之耳”[34]。在现代研究中,白睛络脉是一个可触及的复杂微血管网络,对其定量化评估可以揭示微血管血流动力学特性[37],微循环功能障碍与干眼症、高血压病、冠心病、高脂血症、糖尿病、镰状细胞性贫血以及大血管等许多疾病之间存在密切关系,通过识别白睛络脉包括[38]血脉、斑等特征辅助临床医师进行证型判别,但这些理论都要求分割模型能够对目部有较好的分割能力。

3.2 FastSAM 模型在目部图像分割中的应用 目诊与高血压病有着密切的关系,准确分割出白睛图像对高血压病诊断具有极为重要的意义[39-40]。使用四诊仪(上海道生医疗科技有限公司,型号 DS01-A)所采集得到的图像,运行 FastSAM 模型在框选提示下精确地将带有血脉的区域分割出来,插页Ⅴ图 4 展示了 FastSAM 在框选提示下对目的分割效果,包括了黑睛、部分白睛等的分割结果。本研究试验方案及相关文件已通过北京中医药大学东直门医药医学伦理委员会批准(伦理批号:2023DZMEC-228-02)。

表 1 展示了眼睑与白睛与黑睛、白睛与黑睛、黑睛及部分白睛分割结果所对应的 IoU 值。

表 1 分割效果图各个部分的 IoU 值

分割部位	眼睑+白睛+黑睛	白睛+黑睛	黑睛	部分白睛
IOU	0.861 9	0.900 3	0.921 6	0.814 6

3.3 SAM 在目诊图像中的精细化分割 在插页Ⅵ图 5 中的目图是由北京博奥晶典生物技术有限公司自主研发的 MyEyeD-10 白睛无影成像健康智能分析系统(械注准 20182160164)所采集的图片,传统若要进行眼部脉络的提取,则需设计专门的自动提取方法[41],根据插页Ⅵ图 5 中的 FastSAM 与 SAM 分割效果对比显示,在 FastSAM 的全分割模式下,不同颜色反映了其能够成功分割的不同区域。从图中可观察到,FastSAM 不能够分割出上下眼睑、眼内外眦、眼白及其血管络脉。相较之下,SAM 技术能够精确分割上述位置,显示出其在眼部结构分割中的优势。

4 SAM 与 FastSAM 在舌诊中的应用

4.1 舌诊的重要性和传统方法 舌诊是中医望诊重要的组成部分,其能洞察疾病本质,指导临床辨证论治[42]。舌诊起源于春秋战国时期,在殷墟出土的甲骨文中,就有关于“疾舌”的记载[42]。《黄帝内经》阐明了人体的统一整体观,象征着舌诊的系统性、理论性初步形成。在东汉末年,张仲景在《伤寒杂病论》中首创“舌胎”一词,并且在疾病中辨舌质、辨舌态、辨舌感,全面将舌诊技巧运用到临床辨病辨证,进一步丰富并发展了舌诊[42]。在《辨舌指南》中指出:“四诊以望居先,望者何?察面色、观目神、辨舌苔、验齿垢四者而已。四者之中,尤以辨舌最为重要。盖舌为心之外候,苔乃胃之明徵”,这是指通过观察舌苔、舌质、舌下络脉的变化,来探究人体内气血阴阳运行、脏腑功能变化的诊察方法。《临证验舌法》中言:“凡内外杂证,亦无一不呈其形,著其色于舌”,可见通过舌诊也能够认识脏腑功能的现象和本质、局部和整体的变化。

4.2 FastSAM 在舌诊图像分割中的效果 舌图像的区域分割是舌诊智能化、定量化分析中的关键步骤。舌体分割指的是从整体图像中准确提取舌体部分,其价值在于衡量预测掩膜与真实掩膜的交并比。通过研究 FastSAM 相关代码并进行调试,成功计算了算法预测的掩膜与人工在 labelme 上标注的真实舌像掩膜之间的交并比。使用 DS01-A 型四诊仪所采集的图像,运行 FastSAM 相关代码,其分割结果如插页Ⅵ图 6 所示,在第一部分中,舌体并未完整展示,但模型仍能准确分割出舌体,其交并比高达 0.977 7。通过调整与色彩相关的代码,将背景色改为黑色后,结果如第二部分分割齿痕舌所示,交并比达到了 0.961 4。在第三部分,上半部分使用 Labelme 标注,再次分割,交并比为 0.967 4。这些结果表明该模型在舌体分割方面具有显著效果和精度。

4.3 SAM 在舌诊图像中的精细分割效果 舌苔、舌尖、舌边、裂纹、齿痕等特征在诊断里有重要的意义[43-44],如插页Ⅶ图 7 所示 FastSAM 无法对舌体的细节特征进行精确分割,只能实现整体舌头分割。相比之下,SAM 模型能够达到更好的分割效果。传统的分割算法若要处理这些特征,必需进行人工标注。对于舌象图像的详细分割,例如裂纹、齿痕、舌尖、舌边、舌苔等,需要经过专门的训练才能实现。通常使用 Labelme 进行标注,该工具会生成包含舌体实例坐标、类别和尺寸等关键信息的 JS 键值对数据(JavaScript Object Notation,JSON)文件。标注完成后,将 JSON 文件转换为通用物体检测数据集(Common Objects in Context,COCO)数据集格式,然后输入深度学习网络进行训练[45],而 SAM 无需独立进行训练,仅需通过框选提示的方式即可实现对舌体的精细化分割。

5 SAM 与 FastSAM 在面诊中的应用

5.1 面诊的特点和传统方法 面诊是中医诊法中的特色之一,是中医临床辨证的有力依据[46-48]。面部不同部位与相应脏腑的功能状态密切相关,《素问·刺热篇》[33]中云:“肝热病者,左颊先赤;心热病者,颜先赤;脾热病者,鼻先赤;肺热病者,右颊先赤;肾热病者,颐先赤。”在《灵枢·五色》[35]中有:“黄帝曰:明堂者,鼻也;阙者,眉间也;庭者,颜也;蕃者,颊侧也;蔽者,耳门也。”。同样,面部不同部位与脏腑的关系在钱乙的《小儿药证直诀》[52]中有“左腮为肝,右腮为肺,额上为心,鼻为脾,颏为肾”的论述;而针对面型的变化在《灵枢·五阅五使》中有“肺病者,喘息鼻张。肝病者,眦青。脾病者,唇黄。心病者,舌卷短,颧赤。肾病者,颧与颜黑”[49]。《黄帝内经》中针对面色与病位的关系有着详细阐述[50],通过观察面部色泽变化,有助于临床对疾病病位、病性的判断[51],故是否能精确分割出面图中五脏六腑的特定反映区域,影响到其图像特征与疾病诊断之间回归关系的研究[51]。

5.2 SAM 与 FastSAM 在面诊图像分割中的应用 插页Ⅶ图 8 展示了基于 FastSAM 分割的进一步结果。面部整体的分割采用了 FastSAM 的语言提示模式,其 IOU 值为 0.979 4,表现出良好的分割效果。然而,在全分割模式下,FastSAM 仅能成功分割出面部整体,而对于额头、左右颊和下颏等细节部位,FastSAM 无法达到预期的分割效果。采用 SAM 的框选提示模式进行进一步分割时,边缘不规整的现象尤为明显,显示出分割效果不佳。

6 SAM 在甲诊中的应用

甲诊是中医望诊中不可或缺的一环,在《素问·六节藏象论篇》[35]中有"肝者,罢极之本,魂之居也;其华在爪"的论述,甲诊作为辅助诊断的方法之一,通过经络联系可以反映出五脏六腑、四肢百骸、五官九窍的情况是否正常[53],在自然光线下,通过捏、推、挤、捋等多种手法,来观察患者双手指甲的形态、色泽、半月痕等多种特征变化情况[54]。而脏腑、经络、气血与指甲的特征有着密不可分的联系,准确分割出指甲对研究其定量化特征与脏腑状态之间的关联极为关键[55],插页Ⅶ图 9 展示了在全分割模式下,尽管 FastSAM 能够分割出手部的指甲,但其分割效果并不理想。在框选模式下,FastSAM 也未能如预期般获得良好的分割结果图。可以观察到,FastSAM 仅对手部做了简单的分割。相比之下,SAM 在框选提示下能够精确地分割出中指和无名指的效果图。

7 结果与讨论

通过本文研究,SAM 系列模型展现了在中医望诊理论下进行图像分割的潜力。这些模型能有效辅助人工标注,提高标签质量并缩短标注时间。实验结果表明,对于大规模中医望诊图像的简要分割,经过对 FastSAM 进行了部分代码调整,支持中文文件的批量处理和相关指标的计算,也能够快速且有效地达到预期结果。然而,针对舌部的齿痕、裂纹、舌尖、舌边,面部的额头、两颊、下颏,眼部的眼络、目胞、目内外眦,还需要使用 SAM 并结合框提示模式才能获得较为满意的分割效果。特别地,精细的图像分割通常需要精确的边界框提示支持,而 SAM 对点提示和框提示的随机性较为敏感[31]。未来的研究方向可以进一步增强生成的边界框提示,评估其不确定性以优化分割结果,并改进 FastSAM 模型,以提升其对细节特征的分割能力。

本文尚未探索 SAM 模型本身的改进,也未引入在医学领域表现出色的改进模型即医学任意分割模型(Segment Anything in Medical Images,MedSAM)、外科解耦的全景分割模型(Surgical Decoupled Segment Anything Model,Surgical - DeSAM)、基于自然图像分割模型的医学图像增强(SAM - based image enhancement,SAM - IE)和带不确定性修正的全景分割模型(Segment Anything Model with Uncertainty Rectification,UR - SAM)等在医学领域中表现良好的改进模型,这些模型在医院诊断实践中展示出了出色的分割能力[56-58]。但本文凸显了 SAM 在中医望诊理论下的应用潜力,尽管未提供具体的分割指标,且从其对舌面细节部位的分割结果来看,其边缘并不规整,需要进一步改进以获得更精确的分割结果。医学图像的准确分割对于后续图像特征分析至关重要[60-61],深度学习模型在医学图像分割领域展示出了巨大的潜力[62],SAM 通过分割舌、面、目的细节特征,为中医定量化研究提供了有力支持。未来的工作将继续改进模型,以更好地满足中医药领域的应用需求。

参考文献

[1] 张孟之,高洁,李文,等. 人工智能时代下的中医四诊客观化研究初探[J]. 贵阳中医学院学报,2019,41(1):100 - 102.
[2] 田飞,常俊,赵静,等. 中医四诊客观化研究面临的主要问题与挑战[J]. 天津中医药,2015,32(7):445 - 448.
[3] KONG L,HUANG M,ZHANG L,et al. Enhancing diagnostic images to improve the performance of the Segment Anything Model in medical image segmentation [J]. Bioengineering,2024,11: 270.
[4] 吴疃,胡浩基,冯洋,等. 分割一切模型(SAM)在医学图像分割中的应用[J]. 中国激光,2024,51(21):27 - 42.
[5] 封晓燕,田琪,徐云峰,等. 基于双编码特征提取路径的舌体分割方法[J]. 生物医学工程研究,2024,43(2):123 - 128.
[6] 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.
[7] 高清河,刚晶,王和禹,等. 基于 GVFSnake 模型的舌像分割研究[J]. 科技视界,2018(6):131 - 132.
[8] ZHOU J,ZHANG Q,ZHANG B,et al. TongueNet: A precise and fast tongue segmentation system using U - Net with a morphological processing layer [J]. Applied Sciences,2019,9(15): 3128.
[9] 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.
[10] 王一丁,孙常浩,崔家礼,等. 基于深度学习的舌裂分割算法研究[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2021,23(9): 3065 - 3073.
[11] LI X,WANG D,CUI Q. WLDF: Effective statistical shape feature for cracked tongue recognition [J]. Journal of Electrical Engineering and Technology,2017,12(1): 420 - 427.
[12] 彭开来. 基于深度学习的齿痕舌图像分割方法[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2022:9.
[13] 马圆港,冯跃,林卓胜,等. 基于文献计量学和文本分析法的智能中医面诊分区方法系统性综述[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2024,26(5):1132 - 1141.
[14] 詹文栋,龚庆悦,朱金阳,等. 基于改进 U - Net 的面部红外热成像的分割[J]. 计算机时代,2023,(10):89 - 93,99.
[15] LIN S,LI Z G,FU B W,et al. Feasibility of using deep learning to detect coronary artery disease based on facial photo [J]. Eur Heart J,2020,41(46): 4400 - 4411.
[16] CHEDDAD A,MOHAMAD D,MANAF A A. Exploiting Voronoi diagram properties in face segmentation and feature extraction [J]. Pattern Recognition,2008,41(12): 3842 - 3859.
[17] 姜益宏,周伟民,李莲,等. 目诊在心血管疾病中应用的理论基础及研究进展[J]. 湖南中医药大学学报,2024,44(6): 1140 - 1144.
[18] 李翔,邓颖,蒋鹏飞,等. 基于眼底图像视网膜血管分割、分类方法的中医目诊研究[J]. 湖南中医药大学学报,2021,41(3): 406 - 411.
[19] WANG YANXIA, WANG JINGYI, GUO PING. Eye - UNet: a UNet - based network with attention mechanism for low - quality human eye image segmentation[J]. Signal, Image and Video Processing,2022(4):1097 - 1103.
[20] 王瑞云. 中医甲诊系统的研究[D]. 天津:天津大学,2018.
[21] 赵紫娟,强彦,赵涓涓,等. 图像智能处理方法在中医中的应用与挑战[J]. 太原理工大学学报,2022,53(3):405 - 419.

[22] 刘慧琳,韩吉,李福凤. 基于复杂网络对舌、面诊图像特征提取及分割分类文献的可视化研究[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化,2024,26(5):1336 - 1343.
[23] HE S,BAO R,LI J,et al. Computer vision benchmark segment - anything model (SAM) in medical images: Accuracy in 12 datasets [J]. arXiv preprint,arXiv,2023(10):2304.
[24] WANG J L,JIA R D,ZHENG J, et al. Segment anything model - based method for precise froth size determination in flotation process [J]. Chemical Engineering Science,2025(12):121657.
[25] QU C,ZHANG T,QIAO H,et al. Abdomenatlas - 8k: Annotating 8,000 CT volumes for multi - organ segmentation in three weeks [C]. In: Thirty - seventh Conference on Neural Information Processing Systems Datasets and Benchmarks Track,2023(2):32.
[26] ZHU Y,XIONG C,ZHAO H,et al. SAM - Att: A prompt - free SAM - related model with an attention module for automatic segmentation of the left ventricle in echocardiography [J]. IEEE Access,2024(12):50335 - 50346.
[27] ALZATE - GRISALES YJA, MORA - RUBIO A, GARCÍA - GARCÍA F,et al. SAM - UNETR: Clinically significant prostate cancer segmentation using transfer learning from large model [J]. IEEE Access,2023,11: 118217 - 118228.
[28] 王卫东,刘延,邱实,等. 用于铁路场景语义分割的改进动态图卷积神经网络[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2025,37(1):139 - 147.
[29] H ALI,M F BULBUL,Z SHAH. "Prompt engineering in medical image segmentation: An overview of the paradigm shift," in 2023 IEEE International Conference on Artificial Intelligence, Blockchain,and Internet of Things (AIBThings) [J]. IEEE,2023(1): 1 - 4.
[30] 谭鲲鹏,唐甲锋,赵志斌,等. 基于视觉大模型的激光粉末床熔融铺粉缺陷检测[J]. 中国激光,2024,51(10):275 - 284.
[31] ZHANG L,DENG X,LU Y. Segment Anything Model (SAM) for medical image segmentation: A preliminary review [C]// 2023 IEEE International Conference on Medical Imaging,2023:7.
[32] 倪佳宁,王启明,朱瑞虎,等. 基于零样本深度学习的码头表观剥落病害区域分割与定量计算[J]. 水运工程,2024,(2): 162 - 168.
[33] 黄帝内经集注素问[M]. 天津:天津科学技术出版社,2004: 21 - 32.
[34] 刘冬华,蒋鹏飞,刘培,等. 中医目诊的诊断原理及常见诊病部位[J]. 中华中医药杂志,2022,37(9):5294 - 5298.
[35] 张婷,王琳. 中医舌诊客观化研究进展[J]. 实用中医内科杂志,2024,38(6):82 - 85.
[36] 杨紫阳,卢丙辰. 中医眼科的全息观[J]. 中医临床研究,2017,9(6):5 - 7.
[37] ASIEDU KOFI, KRISHNAN ARUN V, KWAI NATALIE, et al. Conjunctival microcirculation in ocular and systemic microvascular disease. [J]. Clinical & experimental optometry,2023(7):1 - 9.
[38] 王今觉. 望目辨证诊断学[M]. 北京:中国中医药出版社,2013: 76 - 224.
[39] 宋添力,马婧,李海霞,等. 基于中医目诊理论和白睛成像 AI 及光学技术分析高血压病患者目络特征及发病机制的关联性研究[J]. 中华中医药学刊,2024,42(12):15 - 19,285 - 287.
[40] 刘璇,张琼艺,全虹翰,等. 基于数字化目诊技术解析高血压的目络特征及与证候要素的相关性[J]. 中国中医基础医学杂志,2024,30(3):413 - 417.
[41] 朱贵冬,沈理,王今觉. 基于外推跟踪的眼部白睛血管自动提取方法[J]. 计算机工程,2005(17):6 - 8.
[42] 靳士英,黄子天. 舌诊的发展史略[J]. 现代医院,2022,22(3): 469 - 475.
[43] 陈溶瑾,杜雅琦.《伤寒杂病论》舌诊浅析[J]. 河南中医,2019, 39(1):9 - 13.
[44] 陈家旭. 中医诊断学[M]. 北京:中国中医药出版社,2015: 234 - 260.
[45] 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.
[46] 刘璐,周艳霞,亓鲁光. 面诊在内分泌疾病诊疗中的应用[J]. 四川中医,2014,32(3):33 - 34.
[47] 胡洁娴,刘旺华. 中医面部色诊现代研究进展[J]. 中医学报, 2020,35(5):1001 - 1005.
[48] 夏淑洁,李灿东. 基于整体观念的五辨论治思维探析[J]. 天津中医药,2020,37(2):158 - 161.
[49] 关茜,徐莹,杨帅,等. 中医面诊特征与疾病关系探究[J]. 中华中医药杂志,2022,37(2):902 - 905.
[50] 朱方石.《内经》面部五色诊浅析[J]. 中华中医药学刊,1990 (3):17 - 18.
[51] 位庚,周睿,李福凤. 中医面诊脏腑分属理论的研究概况[J]. 求医问药(下半月),2013,11(2):340 - 341.
[52] 宋·钱乙. 小儿药证直诀[M]. 北京:人民卫生出版社,2006:24.
[53] 刘舒悦,焦媛,张若诗,等. 中医甲诊理论源流与临床应用探微[J]. 中国中医药图书情报杂志,2022,46(5):46 - 49.
[54] 王文华,李捷珈. 指甲诊病[M]. 上海:上海中医学院出版社, 1990:23.
[55] 孙朝润. 中医学对指甲的认识[J]. 中医研究,2020,33(12): 10 - 12.
[56] MA J,HE Y,LI F,et al. Segment anything in medical images [J]. Nat Commun,2024,15: 654.
[57] YUYANG SHENG,SOPHIA BANO,MATTHEW J CLARKSON, et al. Surgical - DeSAM: decoupling SAM for instrument segmentation in robotic surgery. [J]. International journal of computer assisted radiology and surgery,2024(7):1267 - 1271.
[58] WANG C Y,CHEN H B,ZHOU X, et al. SAM - IE: SAM - based image enhancement for facilitating medical image diagnosis with segmentation foundation model[J]. Expert Systems With Applications, 2024(PC):123795.
[59] 高诗岳,杨珺涵,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.
[60] GEERT LITJENS,THIJS KOOI,BABAK EHTESHAMI BEJNORDI, et al. A survey on deep learning in medical image analysis[J]. Medical Image Analysis,2017(1):60 - 88.
[61] ZHOU S KEVIN, GREENSPAN HAYIT, DAVATZIKOS CHRISTOS, et al. A review of deep learning in medical imaging: Imaging traits, technology trends, case studies with progress highlights, and future promises. [J]. Proceedings of the IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers,2021(5):820 - 838.
[62] ZHANG Y C,SHEN Z R,JIAO R S. Segment anything model for medical image segmentation: Current applications and future directions[J]. Computers in Biology and Medicine,2024(12):108238.

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

(正文见 21 – 25 页)

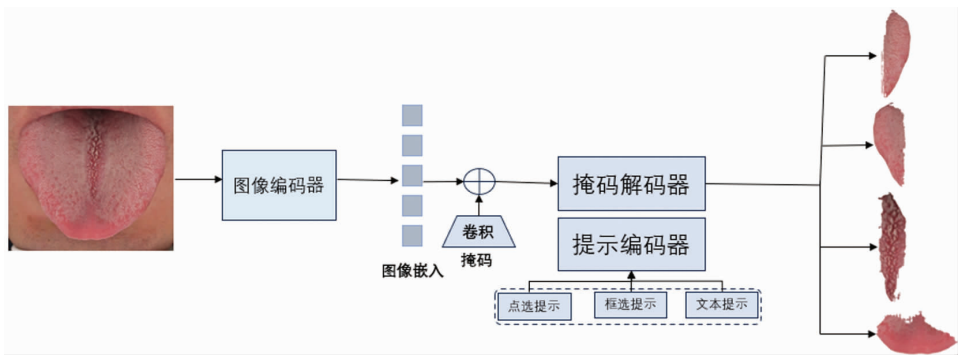


图 1 SAM 结构总览

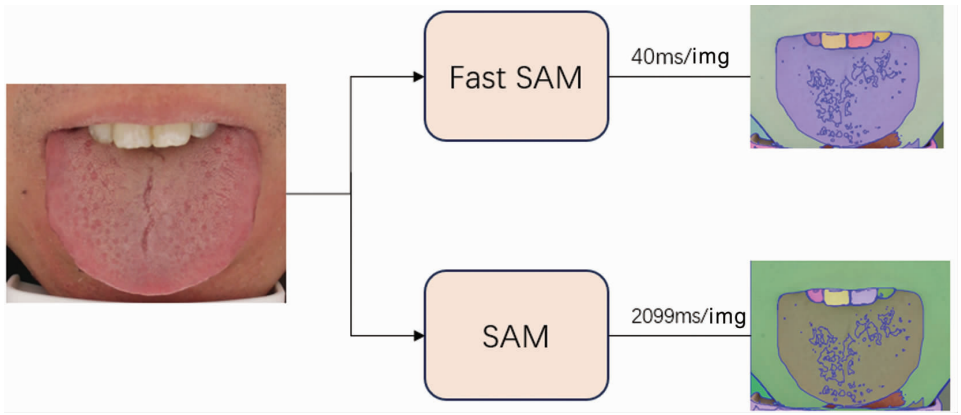


图 2 FastSAM 与 SAM 速度比较

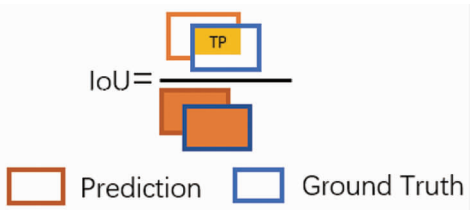


图 3 IoU 值计算

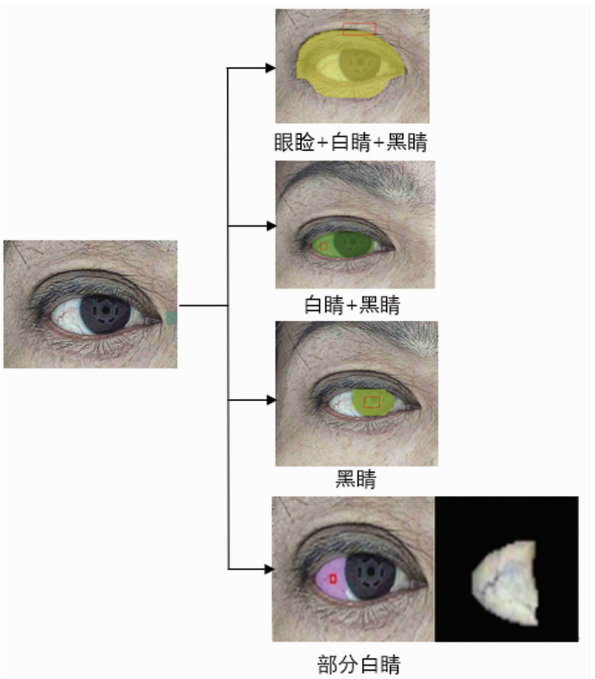


图 4 FastSAM 对目的分割效果

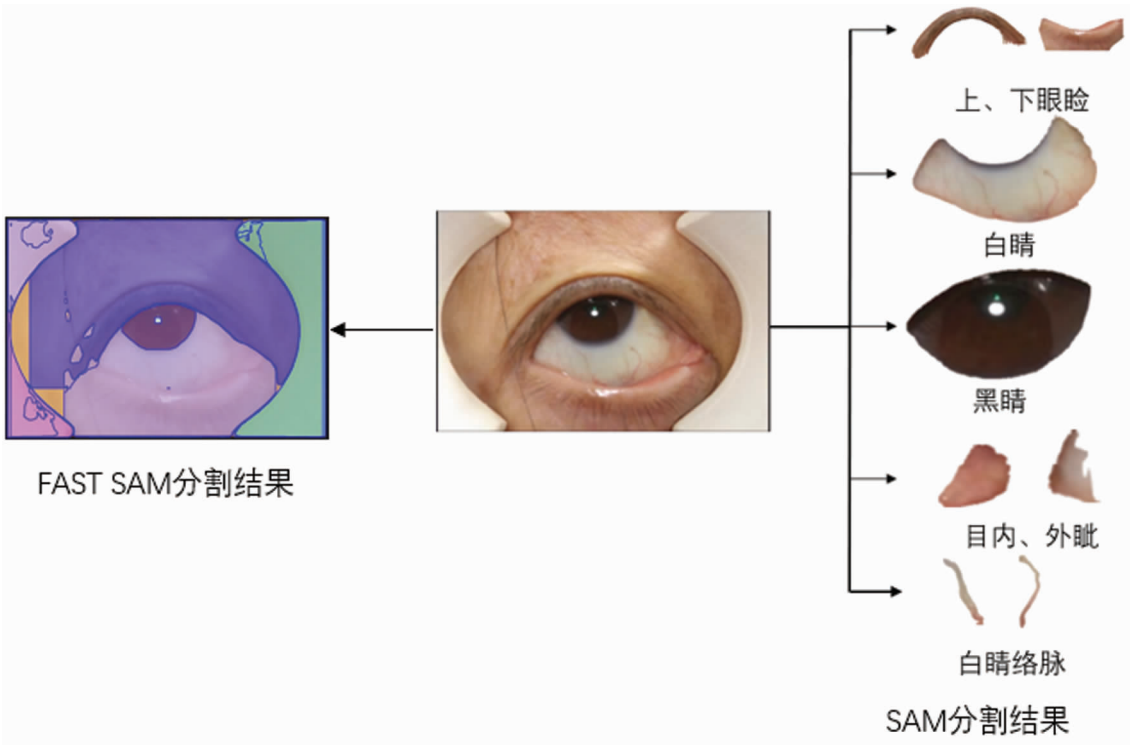


图 5　FastSAM 与 SAM 对目的细节分割效果对比

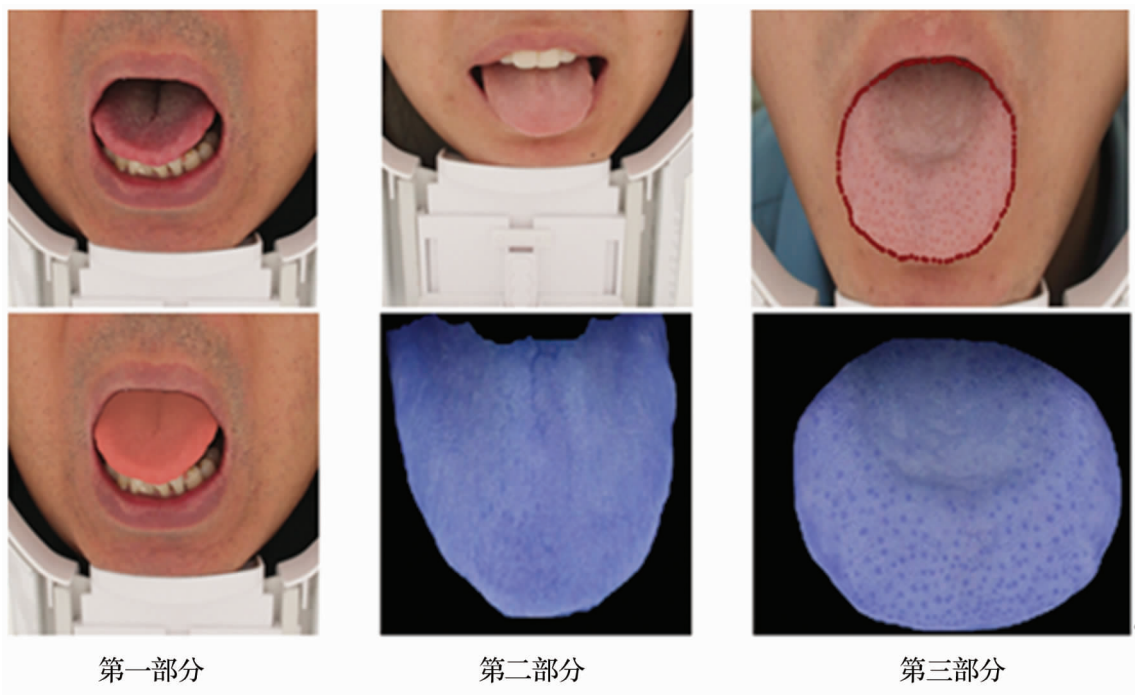


图 6　FastSAM 对舌的分割效果

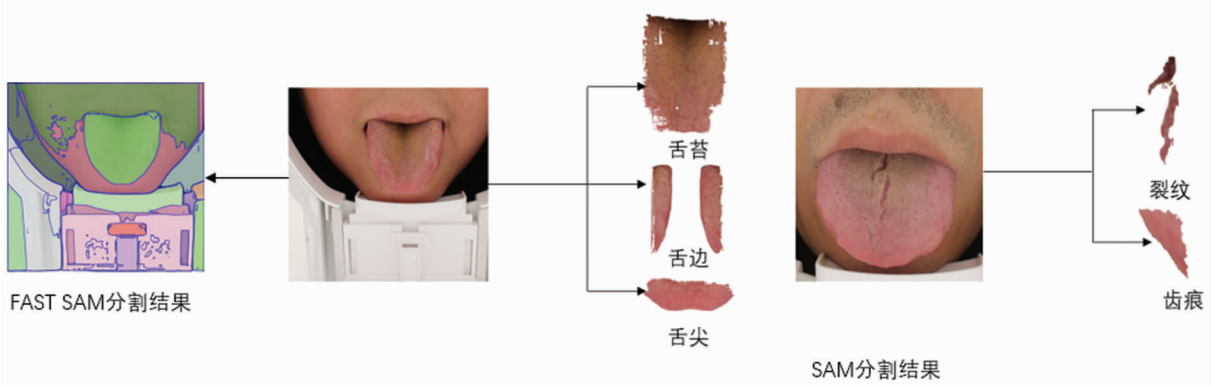


图 7 FastSAM 与 SAM 对舌的细节分割效果对比

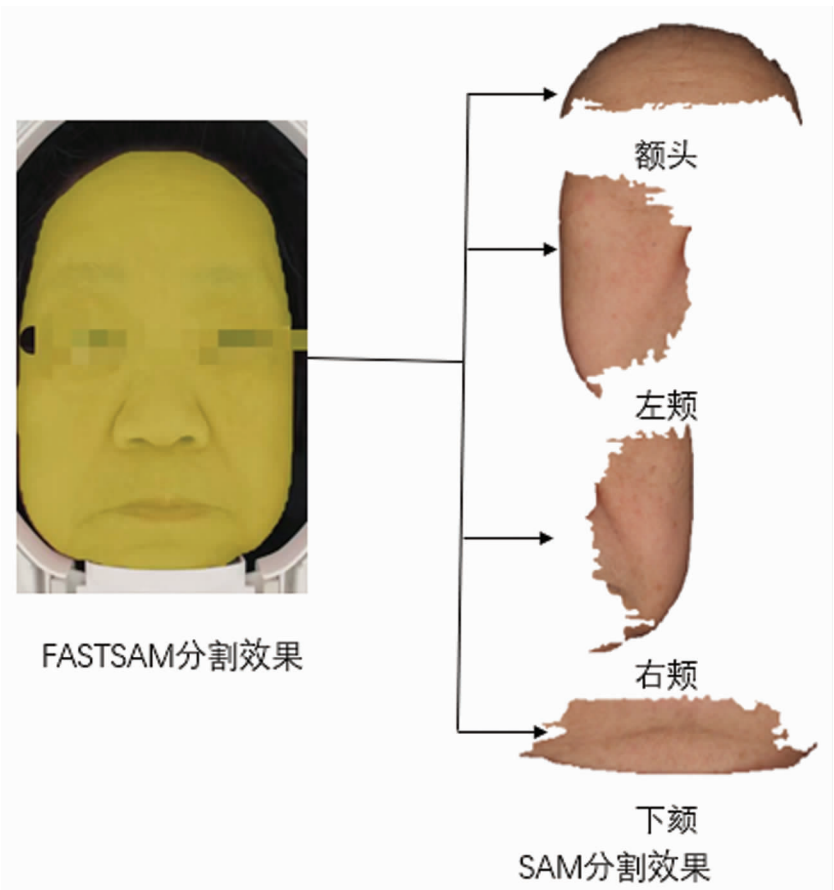


图 8 FastSAM 及 SAM 对面的分割效果

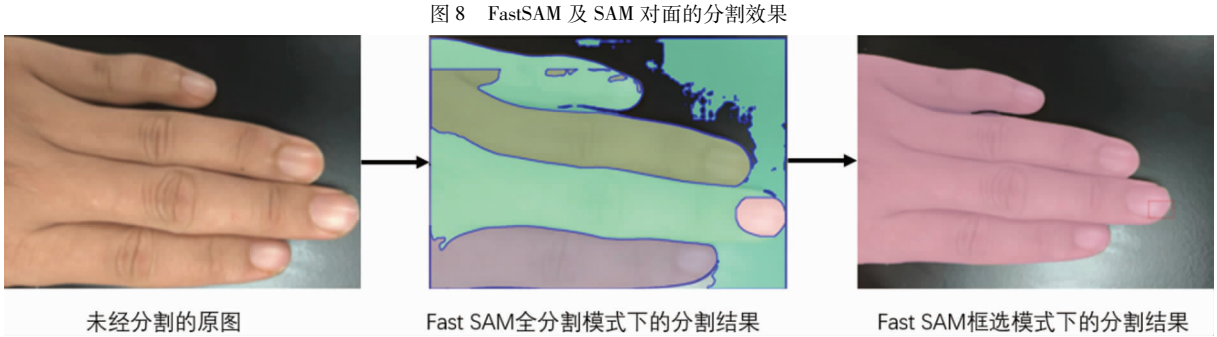


图 9 FastSAM 与 SAM 对指甲的分割效果对比