

本文引用: 张仕娜, 盛博洋, 夏帅帅, 高远, 晏峻峰. 基于中医舌色变化比较分析的自我健康监测方法研究[J]. 湖南中医药大学学报, 2024, 44(8): 1468-1475.

基于中医舌色变化比较分析的自我健康监测方法研究

张仕娜¹, 盛博洋¹, 夏帅帅¹, 高远¹, 晏峻峰^{1,2*}

1.湖南中医药大学中医学院,湖南长沙 410208;2.湖南中医药大学信息科学与工程学院,湖南长沙 410208

[摘要] 目的 为了预防未知疾病对个人健康造成的损害以及减少个人健康监测的成本,依据中医舌色变化能反映人类诸多疾病的原理,提出一种基于舌色变化比较分析的自我健康监测方法。**方法** 通过图像采集设备采集个人舌象,利用深度学习和传统图像处理技术,借助 RGB 与 CIE Lab 色彩模型的转换关系,获得舌色的特征值,建立自我健康标准舌象数据库。采集新的舌象,通过异向缩放模板匹配原理从数据库中找到最佳匹配模板,通过差分比较分析法得到新采集的舌象与最佳匹配的模板舌象的舌色变化特征值,结合定量参数设置范围进行自我健康监测。通过自我舌象异常仿真实验验证所提方法的有效性。**结果** 通过自我舌象数据库构建、异向缩放模板匹配、舌色差分分析等技术实现了自我舌色变化阈值的设置,并能提取新采集的舌象图像的舌色,将之与标准舌象数据库中的舌色进行差分,再将差分与已设定阈值比较,从而监测健康。异常仿真实验验证了所提方法的有效性和实用性。**结论** 基于中医舌色变化比较分析的自我健康监测方法能简便地对个人健康状态进行监控,同时对中医舌诊的客观化发展起到一定的推进作用。

[关键词] 舌色;自我健康监测;深度学习;模板匹配;差分比较分析法

[中图分类号]R241.25

[文献标志码]A

[文章编号]doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2024.08.016

Self-health monitoring method based on comparative analysis of tongue color changes in TCM

ZHANG Shina¹, SHENG Boyang¹, XIA Shuashuai¹, GAO Yuan¹, YAN Junfeng^{1,2*}

1. School of Chinese Medicine, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China;

2. School of Informatics, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China

[Abstract] Objective According to the principle that tongue color changes in Chinese medicine indicate human diseases, to propose a self-health monitoring method based on the comparative analysis of tongue color changes, so as to prevent the damage of unknown diseases to personal health and reduce the cost of personal health monitoring. **Methods** Personal tongue images were collected by image acquisition equipment. Using deep learning and traditional image processing technology, as well as leveraging the conversion relationship between RGB and CIE Lab color models, the characteristic value of tongue color was obtained to establish a self-health standard tongue image database. The new tongue image was collected, and the best matching template was identified from the database through the principle of anisotropic scaling template matching. Then the characteristic values of the tongue color changes of the newly collected tongue image and the best matching template tongue image were obtained through the difference comparison analysis method, and the self-health

[收稿日期]2024-01-14

[基金项目]国家自然科学基金面上项目(82274588);湖南省教育厅重点项目(21A0250);湖南中医药大学研究生创新课题项目(2022CX02);湖南省研究生科研创新项目(QL20220183)。

[通信作者]*晏峻峰,女,博士,教授,博士研究生导师,E-mail:teacheryan@qq.com。

monitoring was carried out combined with the setting range of quantitative parameters. The effectiveness of the proposed method was finally verified by self-tongue anomaly simulation experiments. **Results** The setting of self-tongue color change thresholds was achieved through techniques such as self-tongue image database construction, anisotropic scaling template matching, and tongue color difference analysis. The tongue color of newly acquired tongue images can be extracted, the difference with the tongue colors in the standard tongue image database can be calculated, and the difference values can be compared with the set threshold value to monitor health. The validity and practicability of the proposed method was verified by the anomaly simulation experiments. **Conclusion** The self-health monitoring method based on the comparative analysis of tongue color changes in TCM can conveniently monitor personal health status, and play a certain role in promoting the objectification development of TCM tongue diagnosis.

[**Keywords**] tongue color; self-health monitoring; deep learning; template matching; differential comparative analysis

《素问·四气调神大论篇》记载：“圣人不治已病治未病，不治已乱治未乱，此之谓也。”该思想提倡养身保健、防重于治^[1]。现今人们对健康愈发重视，然而经常去医疗机构进行健康检测对绝大部分人来说并不现实。随着信息技术的快速发展，中医舌诊研究愈加丰富，舌色作为中医舌诊的主要指标之一，有着丰富的临床价值，可作为个人健康监测的有效指标；当下个人舌象图像的采集变得简单，深度学习技术能较好地分析复杂环境下的舌象图像特征^[2-4]。基于此，本研究提出一种基于舌色变化比较分析的自我健康监测方法，通过判断自我健康监测时采集的自我舌象与自我标准舌象数据库中舌象的舌色差分析^[5]获得的变化值是否超出预设定的个人正常舌色变化阈值，来定量表征个人舌色特征与生理病理之间的联系，进而对个人健康起到监测预警作用，推动中医舌诊客观化与中医现代化进程。

1 理论基础

1.1 舌象基础

中医学认为，舌可以体现人体脏腑的内在变化，舌不同区域对应不同脏腑(如图 1A)^[6]，不同区域的

舌象变化则反映不同脏腑的生理病理变化。为了便于研究舌各区域的舌象特征，本研究以“洛书”九宫图(如图 1B)^[7]的舌区域划分理论为依据，将舌象进行区域划分并与相应脏腑进行匹配(如图 1C)^[7]。

1.2 舌色与健康的关系

舌色是舌象的重要组成部分，与健康息息相关^[8-12]，通过舌色的判别能够发现已经发生的或即将发生的病症，对疾病防治有着重要作用。中医学认为，正常舌色为淡红，其余病理舌色有白舌、红舌、青紫舌、绛舌，代表不同的病症，如脾肾阳虚、气血不足的病症舌色多表现为淡白色；红舌多为热证的表现，常见于高热、胃炎、肺炎等；青紫舌是体内血液运行不畅有瘀血的表现，多见于冠心病、肺心病、肝硬化等。不同体质的个体健康舌色存在差异，如张莹^[13]对 3 种偏颇体质(痰湿质组、湿热质组、阴虚质组)与平和质组之间舌色色度的差异进行研究和统计发现，CIE Lab 各通道的色度值存在一定差异，表明不同个体在自我健康状态下的舌色不同，说明通过对比分析自我舌色变化来进行健康监测是科学的。

1.3 颜色空间的图像处理方式

RGB 颜色模式是一种颜色标准，R 是指红色

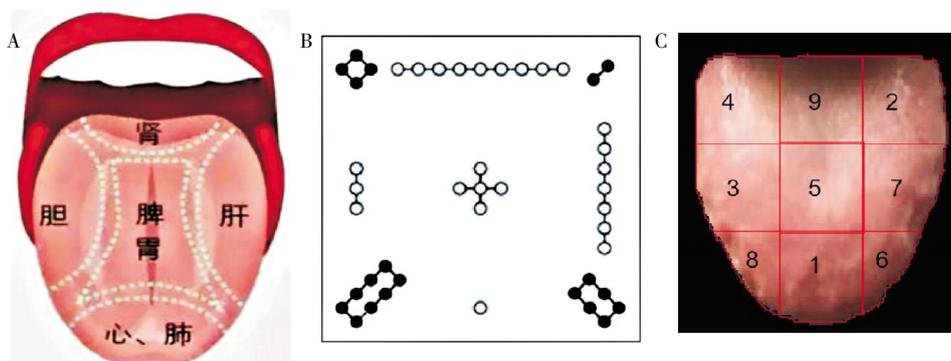


图 1 舌脏腑区域划分图

Fig.1 Division diagram of tongue and zang-fu regions

注：A.舌对应脏腑图；B.“洛书”九宫图；C.舌区域划分图。图 C 中 4、3、8 区域为右边，对应胆；2、7、6 区域为左边，对应肝；8、1、6 为舌尖，对应心、肺；5 区域为舌中，对应脾、胃；4、9、2 区域为舌根，对应肾。

(red, R)、G 指绿色 (green, G)、B 指蓝色 (blue, B)。通过对 R、G、B、3 个通道的叠加,任意色光 F 都可以表示如公式①所示:

$$F=r[R]+g[G]+b[B] \quad ①$$

式中:r、g、b 为基色光单位,用来表示任意光 F; R、G、B 为像素的 3 个通道分量,R、G、B 的值域都是 [0,255]。

RGB 几乎可以表示人类视力所感知的任何颜色,是现实生活中运用最为广泛的颜色系统。CIE Lab 颜色空间基于人眼的视觉感知设计,其色域更加广阔,包含了 RGB 和 CMYK 的所有色域,且弥补了 RGB 模式色彩分布不均的不足。由于其对颜色的描述更接近中医的舌色诊断实际过程,所以中医的舌色特征基本上是基于 CIE Lab 模式进行的^[14]。

RGB 借助 XYZ 颜色空间能够转成 CIE Lab 模式,转换公式如下^[15]。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412 & 0.357 & 0.180 \\ 0.212 & 0.715 & 0.072 \\ 0.019 & 0.119 & 0.950 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad ②$$

$$\begin{aligned} L^* &= 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \\ a^* &= 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right] \\ b^* &= 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right] \end{aligned} \quad ③$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3}\left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29}, & t \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3 \end{cases} \quad ④$$

式中:n 是每个通道中第 n 个像素点;t 值由 X、Y、Z 3 个通道的值决定; X_n 、 Y_n 和 Z_n 一般默认为 95.047、100 和 108.883。通过②~③式将原始数据从 RGB 颜色空间先转换到 XYZ 颜色空间,再转换到 CIE Lab 颜色空间。

由于 L^* 的值域是 [0,100]、 a^* 值域是 [-128,127]、 b^* 值域是 [-128,127],常用的机器视觉软件如 opencv、halcon 等对其数据进行了量化,使其处于 [0,255] 范围。量化原理 $L=L^* \times 2.55$, $a=a^*+128$, $b=b^*+128$ 。本研究首先将采集的 RGB 图像转成 CIE Lab,便于与中医医师分析舌色特征结合,之后再利用视觉处理软件 halcon 对其进行数据量化处理,方便在机器视觉软件内进行无符号表示。

1.4 舌色的差分原理

舌色的差分原理通过对舌象图像中像素的差异进行分析获取其对应的特征,通过图像采集设备采

集的舌象包含舌色、舌苔、舌形等特征,这些特征整体都反馈到舌象图像像素上;当个人从健康状态到患有某种疾病时,其舌体的特征能够反映出某些变化,这些变化也都整体反馈到舌象图像像素上。通过对健康状态和患病状态下个人舌象图像的分析、处理和差分,可获取其变化的特征值。设置其变化的阈值来进行自我健康监测预警,通过设置的阈值范围来消除舌色以外其他舌象特征的干扰。

2 基于舌色变化比较分析的自我健康监测方法

目前的舌色研究多基于批量临床数据,然后类推至个体,难以兼顾个体的特殊性;且为了防止外界环境干扰并利于舌象图像处理,舌象采集的环境要求较严格,加大了舌象采集的难度^[16-17]。在自我环境下采集舌象并进行舌色对比将是简便、有效、低成本的自我健康监测方法。为此,本研究提出基于个人舌色变化比较分析的健康监测方法。该方法旨在借助图像采集设备在自然环境下获取个人舌象图像,并通过对舌色的客观化差分分析来进行自我健康监测。具体内容如下。首先,在特定条件要求下采集适量的自我舌象图片,建立自我标准舌象数据库,并以同等条件下采集的定量数据为内容构建个人舌色变化对比库,以标准库和对比库中舌色的各区域变化差值为基准设定个人舌色变化的阈值;然后,采用 YOLOv5 与传统图像处理技术相结合的方法对个人新采集的舌象和标准舌象数据库中的舌象图像数据进行处理和分析;最后,采用异向缩放模板匹配技术,找出个人新采集的舌象与标准数据库内相似性最大的舌象,再将两者进行差分分析,以识别新舌象的舌色变化情况,将获得的差值与设置好的阈值进行比较,从而监测患者的健康变化情况,并进行健康预警。

2.1 个人舌象数据库的建立

2.1.1 舌象采集方法 用图像采集设备(手机、相机等)获取个人清晨空腹时的舌象,尽最大可能保持每次采集舌象的外界环境(距离、光照、角度、时间点等)一致。

2.1.2 个人标准舌象数据库的建立 每天采集 10 张个人舌象,每次间隔 1 min,以 1 周为一个生活周期连续采集,最终采集 70 张个人舌象,该数据集建立为个人标准舌象数据库。该库存储个人日常舌象,为新采集舌象的舌色对比分析提供参照。

2.1.3 个人舌象变化对比库的建立 采集第 2 周的共 70 张舌象数据,建立为个人舌象变化对比库。该

库的主要功能是通过与标准库中舌色变化的差值分析计算,得出个人舌色正常变化的阈值,并作为自我舌色健康状态评估的主要参考值。若通过图像处理分析计算后,发现新采集舌象与个人标准舌象数据库中的舌色变化范围超过该阈值,则进行健康预警。

2.2 舌象图像处理

舌象图像处理的内容包括:复杂环境下的面部舌体分割、新采集舌象与个人标准舌象数据库中相似性最大的舌象匹配。

YOLOv5 是一种基于深度学习的目标检测模型,能在复杂环境下较为准确地提取舌体的具体位置。根据图像处理原理,舌象在形态最相似时,进行差分才能更准确反映舌象间的差异,传统图像处理技术在图形匹配上有更大优势^[18]。为此,本研究提出基于 YOLOv5 深度学习与传统图像处理相结合的技术方法进行舌体的分割、匹配和差分。首先利用 YOLOv5 模型进行已采集图像的舌体分割,单独生成只有舌体的图像,然后采用传统图像处理技术对该图像进行异向缩放模板的创建、基于颜色空间转换的舌色提取等处理。

2.2.1 基于 YOLOv5 的舌象处理模型训练 YOLOv5 图像处理模型对训练数据的构造要求较高^[19-20],要训练出高效、准确的舌体识别模型,需要大量的来源于不同人群的舌象数据集。为了能准确识别个人舌象,并降低训练成本,本研究提出基于自我标注数据集进行 YOLOv5 模型训练的方法,通过对数据集的自我舌体标注,提高模型训练效率。数据集的标注利用 Labelme 标注工具,采用多边形标注方法,如图 2 所示。

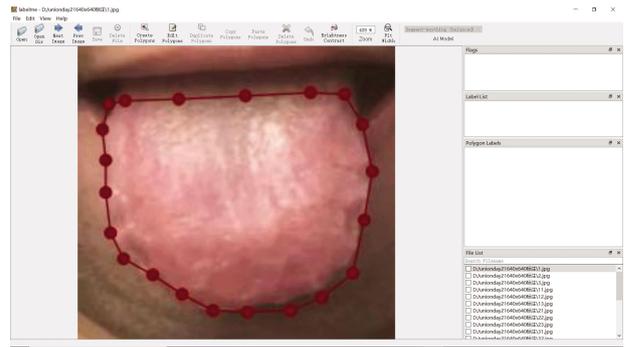


图 2 自我舌象标注方法

Fig.2 Display of self tongue image annotation method

标注的数据量越大,训练出的模型识别舌体的准确性越高,但为了减轻舌体标注的工作量,需要确定标注数据集的最小值。在上述采集的 70 张个人标准舌象数据集中取每天的 1 张舌象图进行标注,总共标注 7 张,以 YOLOv5s-seg.pt 模型为基础,训练出 best.pt,并应用该模型对标注库和对比库中存储的共 140 张舌象图进行舌体分割检测,准确率为 9.28%。取每天的 2 张舌象图进行标注,共标注 14 张,检测准确率 38.57%。取每天的 3 张舌象图进行标注,共标注 21 张,检测准确率 100%。这些数据间接说明本研究所提出的基于自我标注训练集的模型训练的有效性和可行性,避免了因使用通用模型而采集大量数据集的难题。因此,本研究 YOLOv5 模型训练所需的标注数据量为每天中的 3 张舌象图,共 21 张。模型训练的核心配置:操作系统为 Windows10,CPU 为 12th Gen Intel(R)Core(TM)i7-12700H 2.69 GHz, GPU 为 NVIDIA GeForce RTX3060 Laptop GPU,平台为 Python 3.9 和深度学习 yolov5-seg-master。

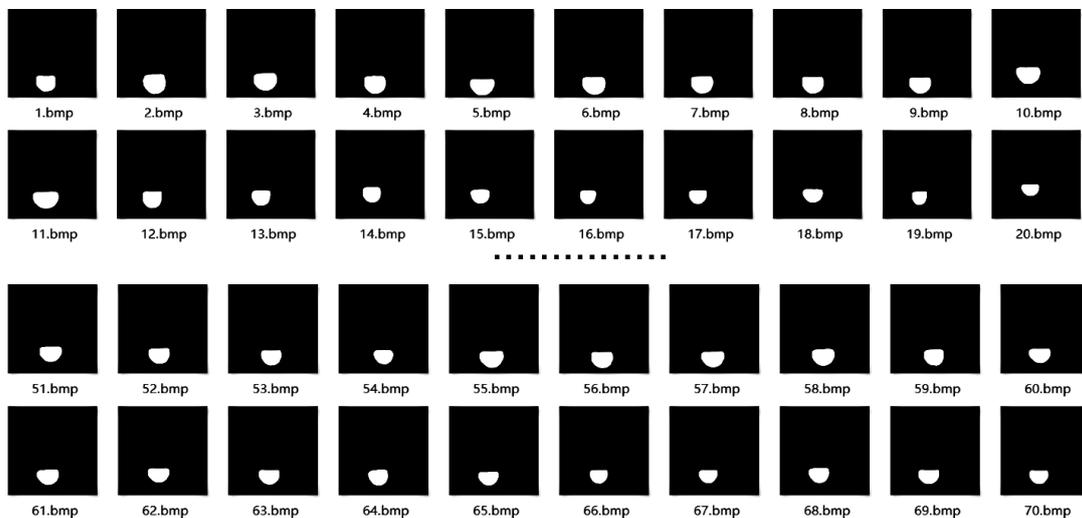


图 3 舌体二值图像

Fig.3 Binary image of tongue body

2.2.2 基于传统图像处理技术的相似舌象匹配 为了在进行自我健康监测时,更方便、准确地将新采集舌象与个人标准舌象数据库中最相似的舌象进行匹配,需要对舌象进行处理,生成二值图像,并将舌象图按照图 1C 中的九宫格图进行图像形态学处理^[21],以提取各脏腑所对应区域的舌色灰度值。使用 halcon 视觉软件将经过 YOLOv5 舌体分割模型的舌象图像进行处理,并生成舌的二值图像,如图 3 所示。经 halcon 软件转换的 CIE Lab 各区域的 L、a、b 通道的平均灰度值即舌色值,如表 1 所示。表 1 数

据和图 3 舌象对应绑定,在查找相似性时,首先匹配到图 3 中的舌象图像,再对应找出该舌象图像在表 1 中的舌色特征。

2.3 基于异向缩放模板匹配的舌象处理

异向缩放模板的原理是匹配的图像不仅在大小上可以缩放变化,而且 X、Y 方向大小缩放的比例不同^[22]。新采集的舌象在与标准数据库内的舌象进行舌色差分比较时,理想状态下若二者的舌象形状和大小都相同,则能更加准确地差分两者舌象中九宫格区域的舌色特征变化,而事实上个人在进行舌象

表 1 个人舌象数据库脏腑对应区域平均灰度值

Table 1 Average grayscale values of corresponding regions of zang-fu in the human tongue image database

脏腑	灰度值	舌象 1	舌象 2	舌象 3	舌象 4	舌象 5	...	舌象 69	舌象 70
胆	L	203.91	205.74	204.38	206.60	200.63	...	207.84	207.85
	a	141.28	139.41	141.75	140.34	142.02	...	139.52	139.86
	b	144.49	144.24	143.94	143.21	143.14	...	143.66	143.99
肝	L	194.73	197.03	184.93	184.34	189.40	...	183.79	178.07
	a	141.56	140.10	142.91	142.39	142.80	...	141.18	142.33
	b	144.83	144.41	144.64	143.98	143.81	...	144.88	144.93
心、肺	L	177.06	181.87	179.77	177.20	183.25	...	164.61	165.64
	a	145.18	145.05	147.52	146.03	146.66	...	145.09	145.83
	b	147.17	146.32	146.87	145.77	145.31	...	147.04	147.74
肾	L	210.52	209.85	197.66	199.72	197.59	...	201.75	198.00
	a	136.49	134.46	137.52	137.12	138.34	...	135.95	136.28
	b	143.61	144.86	144.66	143.48	143.22	...	143.89	143.53
脾、胃	L	221.11	225.58	220.25	222.01	215.17	...	222.78	219.16
	a	139.53	136.31	139.66	138.95	141.80	...	137.68	141.01
	b	141.82	141.65	141.27	141.01	141.22	...	141.89	142.23

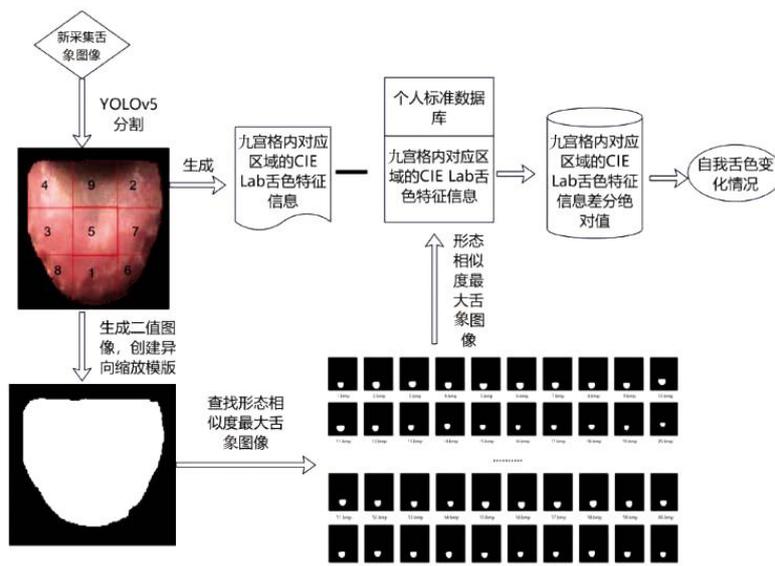


图 4 异向缩放模板匹配图像处理流程

Fig.4 Flowchart of image processing matching with non directional scaling template

采集时,每次采集舌象的距离不同、舌体大小不同、每次张口伸舌的长度和宽度存在差异。鉴于此,自我舌象的模板匹配属于异向缩放模板匹配的范畴。本研究提出的舌象异向缩放模板匹配方法的具体流程见图4。对新采集的舌象,首先,通过YOLOv5和传统图像处理技术,生成只有舌体的二值化图像和舌体的九宫格区域分割图,并创建二值图像的异向缩放模板;然后,与标准数据库中的二值图像(图3)进行匹配,找出相似度最大的舌象;最后,将新舌象与相似度最大的舌象分别对应的九宫格区域分割图的舌色进行差分,计算获得的绝对值,即为个人舌色变化值。

2.4 自我舌色变化的阈值设定

个人在伸舌取图过程中,可能出现黏液、水泡附着,将影响计算机对舌色的提取和计算,另外,未经专业训练,个人的伸舌不一定达到中医舌诊的要求,通过单张舌象图的舌色变化衡量测试结果可能会造成结果偏倚。因此,采用多张舌象舌色变化的平均值作为舌色变化值。个人舌象变化对比库中采集个人每天10张、1个周期内的舌象图,将对比库中1d内的10张舌象图分别与标准库中的舌象图进行匹配和差分,将10张舌象图的差分绝对值的平均值作为1d的舌象变化值,以此类推,可获得7d内的每个脏腑对应区域的舌色变化平均值。以个人为例获得的7d内的舌象舌色与自我标准舌象数据库的舌色差分,绝对值变化情况如表2所示。取对应脏腑各颜色通

道的最大差值(maximum, Max)作为自我舌色的变化阈值。在进行自我健康监测时,可根据自我意愿或要求,将Max进行浮动设置,变为 $Max \pm S$ (S为偏移量),以收紧或放松对自我健康监测的预警要求。

2.5 自我健康监测应用

完成个人舌象数据库建立、图像处理、异向缩放模板匹配和舌色变化阈值设定等流程后,可进行个人健康监测的应用。对个人的健康监测按一定周期(1周1次或2周1次等)进行。根据图像处理原理,在光照、距离、伸舌情况、时间点等条件均一致的情况下,所采集的舌象图像的舌色变化只能来自人体脏器的变化。因此,本研究的方法应用在自我健康监测过程中,新采集待测试的舌象,越接近个人舌象标准数据库舌象采集环境,越能准确差分舌色变化情况,从而更加准确地观测个人不同脏器的生理病理变化情况,达到监测健康的目的。

在自我健康监测过程中,如果舌色变化超过了根据个人常规舌色变化设置的阈值,需要多次测试排除偶然事件;若多次测试得出的舌色差分均超出阈值,则需加强关注或至医院进行检查和调理。

3 异常仿真验证

研究提出了基于中医舌色变化的自我健康监测方法,其流程严谨、客观、复杂。为了验证该方法的科学性和有效性,以个人的舌象为例进行异常仿真验证。验证方法是将个人常规舌色变化与人为制

表2 自我舌色变化情况

Table 2 Changes in self tongue color

脏腑	灰度差分值	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日	Max
胆	L_d	2.42	2.04	2.19	4.41	5.94	9.34	6.97	9.34
	a_d	1.39	1.26	3.24	1.25	1.81	1.09	3.01	3.01
	b_d	3.09	0.89	4.37	1.12	1.61	1.10	1.67	4.37
肝	L_d	5.19	5.72	10.53	3.62	9.19	5.14	7.29	10.53
	a_d	1.55	1.30	4.27	1.03	0.87	1.15	2.55	4.27
	b_d	2.98	0.48	4.09	1.05	0.71	0.60	0.64	4.09
心	L_d	8.70	5.13	9.02	9.18	11.92	7.73	14.38	14.38
肺	a_d	2.85	1.71	3.85	1.16	1.77	1.41	2.79	3.85
	b_d	3.77	0.86	4.72	0.96	1.09	1.14	0.95	4.72
肾	L_d	8.14	6.63	7.91	11.37	12.16	8.65	5.55	12.16
	a_d	0.77	1.12	2.94	1.31	1.22	1.06	2.66	2.94
	b_d	2.00	0.65	3.17	0.69	0.97	0.64	0.77	2.00
脾	L_d	3.93	2.71	7.31	4.40	6.15	6.96	11.66	7.31
胃	a_d	1.36	1.55	2.49	1.18	1.58	1.25	3.55	3.55
	b_d	3.60	0.98	4.73	1.49	1.05	1.01	0.83	3.60

造的异常舌色变化进行对比分析,分别将两者与标准舌象数据库中的舌色变化差值与阈值进行对比,从而分析个人健康状况。

3.1 个人正常舌象的舌色变化监测

在与个人标准数据库采集舌象的同等环境下,采集日常舌象进行 3 次测试,1 周 1 次,共历时 3 周。每次采集 10 张图,取其舌色变化均值作为自我舌色的变化情况。采用上述健康监测方法获得的舌色变化均值结果如表 3。

3.2 个人异常舌象的舌色变化监测

病理性舌色一般分为红色、白色、青紫和绛等,通过饮食可使舌染色,出现舌苔假象,即染苔,在临床中可能引起误判,间接表明可通过饮食来异常仿真个人舌色的病理变化。本研究经食用易染色的食物仿真个人舌色的病理变化^[23]。通过食用红心火龙果模拟仿真舌色红色变化、芒果模拟仿真舌色黄色变化、牛奶模拟仿真舌色白色变化。在与个人标准数据库采集舌象的同等环境下,第一天采集 10 张食用火龙果后的舌象,第二天采集 10 张食用芒果后的舌象,第三天采集 10 张食用牛奶后的舌象。通过研究所提方法对舌色的处理、差分,获得的食用不同食物的 10 张舌色变化均值情况如表 3。

通过表 3 可以看出,在正常测试 1 中,舌色变化均值仅有两次超过阈值情况,且超过的数值较小,且可经过偏移量 S 进行阈值微调;在正常测试 2、正常

测试 3 中未出现超过预警情况,符合实际健康状况。而在异常仿真情况下,有些脏腑器官对应的舌体区域舌色有明显变化,部分数据明显超出 Max 值,符合舌体被动染色的实际情况。

实验表明,本研究提出的方法能够有效判别自我舌象的舌色变化,并能通过舌的区域划分,分析相应脏腑功能的变化情况;通过以个人日常健康状况为依据的舌色变化阈值设定,能够简便、高效地对个人的健康情况进行监测并及时预警。

4 总结

本研究在中医舌色变化反映人体脏腑生理病理变化的理论上,借助现代移动设备和深度学习图像处理技术,提出基于自我舌色变化比较分析的自我健康监测方法,详细阐述了该方法的具体流程,对涉及的理论知识、图像处理技术和舌象匹配、差分方法进行了细节阐述和说明,最后通过异常仿真实验验证了所提方法的科学性和有效性。本研究未对文中涉及的舌色数据和相关参数进行批量验证;实验体量较小,未在人群中多次观察和应用。后续将进行一系列的深入研究,以期取得更好的结果。

本研究所提的方法与《素问·四气调神大论篇》中所期望的“治未病”思想契合,能够简便、高效地对个人健康进行监测和预警,是一种兼顾个体特殊

表 3 实际测试和异常仿真实验结果

Table 3 Actual test and abnormal simulation experiment results

脏腑	Max±S	差分阈值	正常测试 1	正常测试 2	正常测试 3	红心火龙果	芒果	牛奶
胆	9.34±S	L_d	4.91	3.91	2.65	6.61	8.24	5.67
	3.01±S	a_d	3.14*	1.83	0.72	7.48*	2.04	5.18*
	4.37±S	b_d	1.45	1.90	2.07	7.35*	1.30	5.69*
肝	10.53±S	L_d	7.83	5.16	7.04	18.12*	10.84*	9.30
	4.27±S	a_d	3.05	1.25	1.10	3.84	1.86	5.89*
	4.09±S	b_d	1.27	1.87	1.12	5.38*	1.70	4.79*
心	14.38±S	L_d	12.13	5.24	4.37	9.91	18.13*	9.10
肺	3.85±S	a_d	3.24	2.87	0.99	1.52	2.63	5.40*
	4.72±S	b_d	1.78	2.49	1.96	6.05*	1.49	5.12*
肾	12.16±S	L_d	11.87	9.45	8.55	24.42*	7.78	7.55
	2.94±S	a_d	2.85	1.30	0.69	13.37*	1.51	5.34*
	2.00±S	b_d	1.21	1.65	1.18	7.08*	2.45*	4.44*
脾	7.31±S	L_d	4.59	2.92	3.22	20.65*	13.44*	5.81
胃	3.55±S	a_d	4.60*	1.71	0.77	15.48*	1.79	5.97*
	3.60±S	b_d	0.85	1.16	1.99	9.69*	4.96*	6.01*

注:以“*”标记的数据表示该数值大于设置的阈值,属于预警情况。

性、机体健康动态变化性的自我健康监测模式,该方法对环境的选择、数据库的采集、健康监测时间及周期未进行严格设定,可取决于自我需求,方便、灵敏,应用范围较广,且使用本研究提出的健康监测方法能有效记录个人从未病态到已病态的舌象变化情况,形成宝贵的中医舌象数据集,对中医舌诊客观化和中医现代化发展起到促进作用。

参考文献

- [1] 万水,许奎,王元千,等.芜湖市5G+中医治未病健康管理服务云平台的构建[J].生物医学工程与临床,2023,27(6):796-802.
- [2] ZHU L, XIN G J, WANG X, et al. A fast tongue detection and location algorithm in natural environment[J]. Computers, Materials & Continua, 2022, 73(3): 4727-4742.
- [3] WEI L I U, JINMING C H E N, BO L I U, et al. Tongue image segmentation and tongue color classification based on deep learning[J]. Digital Chinese Medicine, 2022, 5(3): 253-263.
- [4] 王鑫,辛国江,张杨,等.基于Dilated ADU-Net的开放环境下的舌象分割算法[J].计算机与现代化,2024(4):48-54.
- [5] 陈琳琳,邓华军,张殿喜,等.基于图像差分及邻域特性的航空磁环缺陷检测[J].科技创新与应用,2023,13(23):50-53.
- [6] 李灿东.中医诊断学[M].4版.北京:中国中医药出版社,2016.
- [7] 卢玲,徐学军,马燕,等.一种基于时令变化的舌诊技术[J].科研信息化技术与应用,2019,10(4):41-49.
- [8] YUAN L, YANG L, ZHANG S C, et al. Development of a tongue image-based machine learning tool for the diagnosis of gastric cancer: A prospective multicentre clinical cohort study[J]. EClinicalMedicine, 2023, 57: 101834.
- [9] XIE J C, JING C C, ZHANG Z Y, et al. Digital tongue image analyses for health assessment[J]. Medical Review, 2021, 1(2): 172-198.
- [10] 王朝雨,黄奎麟,代国威,等.基于卷积神经网络的脑卒中中医辨证分型舌象分类研究[J].湖南中医药大学学报,2023,43(8):1460-1467.
- [11] 段梦遥,毛伯,周恒宇,等.不同中医体质类型的舌象特征定量分析[J].中华中医药杂志,2023,38(10):4955-4958.
- [12] 徐钰莹,杨宇飞,张雪雪,等.3384例晚期结直肠癌患者中医舌象特征研究[J].世界中西医结合杂志,2024,19(3):433-440.
- [13] 张莹.平和质与三种偏颇体质的舌象研究[D].北京:北京中医药大学,2012.
- [14] 史士恒,汪瀚,孙兰婷.基于Lab颜色模型探讨湿热内蕴型肝豆状核变性患者治疗前后舌象的特点[J].山西中医药大学学报,2023,24(11):1222-1226.
- [15] 尚文文,王亚伟,薛双双,等.基于舌象色谱比较分析的舌诊方法[J].激光与光电子学进展,2020,57(3):186-194.
- [16] LI Z R, REN X J, XIAO L, et al. Research on data analysis network of TCM tongue diagnosis based on deep learning technology[J]. Journal of Healthcare Engineering, 2022, 2022: 9372807.
- [17] 段梦遥,王楚皓,谈宇权,等.315例冠心病患者舌象特征客观化研究[J].中医杂志,2024,65(9):921-927.
- [18] 刘贤华,邱实,胡文博,等.基于改进形状匹配的扣件缺陷检测方法[J].铁道科学与工程学报,2022,19(7):1872-1879.
- [19] 朱智惟,单建华,余贤海,等.基于YOLOv5s的番茄采摘机器人目标检测技术[J].传感器与微系统,2023,42(6):129-132.
- [20] 黄家才,赵雪迪,高芳征,等.基于改进YOLOv5s的草莓多阶段识别检测轻量化算法[J].农业工程学报,2023,39(21):181-187.
- [21] 南诺,侯作勋,曹东晶,等.一种基于图像形态学的深空图像模糊复原方法[J].航天返回与遥感,2023,44(2):101-108.
- [22] 熊国楚.基于仿射图像匹配的图像分类方法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2022.
- [23] 钟俐芹,辛国江,彭清华,等.中医舌诊染苔图像数据集[J].中国科学数据(中英文网络版),2023,8(3):444-453.

(本文编辑 周旦)