

基于仿生嗅觉的中医四诊:嗅诊数字化方法研究

王海楠,周华英*

(广东药科大学 医药信息工程学院,广东 广州 510006)

摘要:目的:中医四诊的客观化和数字化是国内外中医学者的研究目标,但由于气体的不稳定性与易挥发性导致研究者在嗅诊领域的研究相对较少。方法:利用电子鼻检测慢性肺炎患者和健康者的口腔气味信息,构建基于BP神经网络算法的嗅诊分析系统,展开对中医嗅诊数字化方法研究。结果:实验结果表明,以relu为激活函数和binary_crossentropy为损失函数的组合构建BP神经网络嗅诊分析系统表现最优,其预测准确率达99.1%。结论:该方法为嗅诊数字化方法研究提供参考,为中医四诊客观化、数字化研究提供新手段。

关键词:仿生嗅觉;中医四诊;嗅诊数字化;电子鼻

DOI:10.11954/ytctyy.202301033

中图分类号:241.2

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1673-2197(2023)01-0130-05



本的角度对PCV的治疗产生长久积极的影响,也亟需更多研究数据支持。

在此之前,明目地黄汤在眼科的应用多集中于糖尿病视网膜病变^[13]、白内障^[14]、青光眼^[15]、视网膜色素变性^[16]等,尚无关于明目地黄汤治疗PCV的相关研究。本例是第1例采用Nd:YAG激光联合雷珠单抗及明目地黄汤治疗PCV并视网膜前出血的病案报道,疗效颇佳,对未来PCV的临床诊疗有一定参考价值。我们期待创新性应用中西医结合治疗,能为提高PCV患者视力、减少复发提供更大助力。

参考文献:

- [1] 范文娜. 健脾化痰方联合抗VEGF3+PRN治疗息肉状脉络膜血管病变的临床研究[D]. 南京:南京中医药大学,2021.
- [2] HO C S, LAI T Y. Current management strategy of polypoidal choroidal vasculopathy[J]. Indian Journal of Ophthalmology, 2018,66(12):1727.
- [3] 卜倩,阿依努·努拉厚. 息肉样脉络膜视网膜病变患者血清细胞因子检测及危险因素分析[J]. 国际眼科杂志,2020,20(2):354-357.
- [4] 刘子扬,陈有信. 息肉状脉络膜血管病变的危险因素分析[J]. 眼科新进展,2018,38(6):538-541.
- [5] CHO J H, PARK Y J, CHO S C, et al. Posttreatment polyp regression and risk of massive submacular hemorrhage in eyes with polypoidal choroidal vasculopathy[J]. Retina (Philadelphia, Pa.), 2020,40(3):468-476.
- [6] 文峰. 咽喉青绿血管造影术及其临床应用[J]. 眼科研究,2006,

20(2):113-118.

- [7] 廖燕红,龚雁,陈利双,等. 息肉状脉络膜血管病变的光学相干断层扫描及血管成像的观察[J]. 国际眼科杂志,2019,19(10):1805-1807.
- [8] 张霜,张杰,徐鑫彦,等. 息肉状脉络膜血管病变导致黄斑下出血的治疗进展[J]. 国际眼科杂志,2019,19(6):950-955.
- [9] ZHAO X, ZHANG W, MENG L, et al. The polyp regression rate and treatment prognosis of different interventions for polypoidal choroidal vasculopathy: a systematic review and meta-analysis[J]. Graef's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology, 2021,259(4):855-872.
- [10] CELIK DULGER S, OZDAL P C, TEKE M Y. Valsalva retinopathy: Long-term results and management strategies[J]. European Journal of Ophthalmology, 2020;1369560911.
- [11] KIM J Y, SON W Y, KIM R Y, et al. Recurrence and visual prognostic factors of polypoidal choroidal vasculopathy: 5-year results[J]. Scientific Reports, 2021,11(1):116-120.
- [12] 李文清,宋艳萍. 息肉样脉络膜血管病变治疗前后光学相干断层扫描的图像特征[J]. 眼科新进展,2019,39(9):849-853.
- [13] 冯现永. 明目地黄汤加减联合激光治疗糖尿病视网膜病变临床观察[J]. 国医论坛,2017,32(2):46-47.
- [14] 肖胜昔. 明目地黄汤对老年性白内障患者视力、抗氧化指标的影响[J]. 四川中医,2020,38(2):172-174.
- [15] 路旭旭,董怡,樊静. 明目地黄汤联合西药治疗开角型青光眼疗效及对患者眼血流动力学和视觉诱发电位的影响[J]. 陕西中医,2021,42(10):1423-1425.
- [16] 罗丹. 明目地黄汤加减治疗视网膜色素变性肝肾阴虚型的临床研究[J]. 中外医学研究,2012,10(5):4-6.

(编辑:陈涛)

收稿日期:2022-04-06

基金项目:广东省大学生创新创业训练项目(S202010573022);广东省科技创新战略专项资金("攀登计划")项目(pdjh2022b026)

作者简介:王海楠(2000—),男,广东药科大学硕士研究生,研究方向为中医药信息处理。E-mail:3181935312@qq.com

通讯作者:周华英(1974—),女,博士,广东药科大学讲师,研究方向为信息获取与控制 and 中医药信息处理。E-mail:287059250@qq.com

Research on the Digital Method of Traditional Chinese Medicine Four Diagnosis Olfactory Diagnosis Based on Bionic Olfactory

Wang Hainan, Zhou Huaying*

(College of Medical Information Engineering, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

Abstract; Objective: The objectification and digitization of the four diagnosis of traditional Chinese medicine is the research goal of traditional Chinese medicine scholars at home and abroad, but due to the instability and volatility of gas, researchers have less research in the field of olfactory diagnosis. **Methods:** In the paper, an electronic nose was used to detect the oral odor information of patients with chronic pneumonia and healthy people, and an olfactory diagnosis analysis system based on BP neural network algorithm was also constructed. The digital method of traditional Chinese medicine olfactory diagnosis was studied. **Results:** The experimental results showed that the BP neural network olfactory diagnosis analysis system based on the combination of relu as the activation function and binary_crossentropy as the loss function had the best performance, and its prediction accuracy was 99.1%. **Conclusion:** This research method provides a reference for the research of digital methods of olfactory diagnosis, and provides a new way for the objectification and digitization of four diagnostic methods of traditional Chinese medicine.

Keywords: Bionic Olfaction; Four Diagnoses of Traditional Chinese Medicine; Digital Olfactory Diagnosis; Electronic Nose

中医四诊“望、闻、问、切”是中医基础诊断的核心与精髓,从现代科学发展以来就有许多科研人员致力于寻求科学方法促进中医向客观化、智能化和数字化发展。近些年来国内有许多学者在中医标准化和规范化领域提出了许多假设,做了大量的研究工作^[1-4]。在冠心病领域中研究人员在面诊、舌诊、脉诊领域均得到十分显著且有说服力的客观化研究成果^[5]。在糖尿病领域,研究者通过使用 Smart TCM-I 型中医生生命信息分析采集系统,提取并分析该病在舌头上所反映的特征,对 2 型糖尿病患者的诊疗有了突破性的进展^[6]。但由于气体的不稳定性与易挥发性,研究者在嗅诊领域的研究相对较少。

中医四诊中的闻诊是指医生通过听与嗅来了解患者病情,其中嗅诊是指医生根据病患者体内所散发出或排泄物的气味进行判断,进而采取相应的治疗方案。在气味研究领域,国内外研究者们利用仿生嗅觉技术(Electronic nose, 俗称电子鼻)展开对气味数字化研究,并分别应用于癌症、肺病等疾病预测^[7-9]。本文基于仿生嗅觉技术,对中医四诊中的嗅诊展开数字化方法研究,以期对中医嗅诊的数字化和标准化研究提供参考。

1 对象与仪器

1.1 研究对象

2019 年 6 月—2019 年 11 月在广东省广州市某三甲医药住院部选择慢性肺炎患者 107 名作为研究对象,其中男性 67 例,女性 40 例,年龄 30~75 岁。同时在该医院体检中心选择健康志愿者 88 名作为对照组,其中男性 50 名,女性 38 名;年龄 30~55 岁。病患者和对照组成员在性别构成和年龄分布上均符

号统计学意义,具有可比性。所有数据的采集在采集前均获得志愿者的同意,并且签署相应的协议进行授权。

1.2 仪器

PEN3 电子鼻(德国 Airsense 公司),由自动进样器、传感器阵列和计算机信号处理系统组成。PEN3 电子鼻的测量室是由 10 个金属氧化气体传感器组成的传感器阵列,其功用及特点见表 1。

表 1 PEN3 系统各传感器名称及特点

编号	传感器名称	性能	选择气体	检测范围
S1	W1C	对芳香成分灵敏	甲苯	10 ppm
S2	W5S	灵敏度大,对氮氧化物很灵敏	NO ₂	1 ppm
S3	W3C	对氨水、芳香成分灵敏	苯	10 ppm
S4	W6S	对氢气灵敏	H ₂	100 ppm
S5	W5C	对烷烃、芳香成分灵敏	丙烷	1 ppm
S6	W1S	对甲烷灵敏	CH ₄	100 ppm
S7	W1W	对硫化物灵敏	H ₂ S	1 ppm
S8	W2S	对乙醇灵敏	CO	100 ppm
S9	W2W	对芳香成分、有机硫化物灵敏	H ₂ S	1 ppm
S10	W3S	对烷烃灵敏	CH ₃	10 ppm

2 气味检测

2.1 口腔气体的采集

两组志愿者的口腔气体采集时间均于上午 8:00—12:00 完成。要求在采集前 1 h 禁止饮食,禁烟禁酒等;在采集前先用纯净水漱口,自行向经过消毒的带有吸嘴的气体存储袋内呼气 1 000 mL,随后常温保存并转移至气味检测实验室。

2.2 实验准备

设置气味检测实验环境温度 25℃、相对湿度<85%、采样时间 120 s、传感器冲洗时间 180 s 等参数。

连接电子鼻与电脑,调整好电子鼻的工作参数。为确保测试数据的精度,本实验设置每份样品连续采样12次。

2.3 气体信息检测与数据存储

气味样品静置30 min后,连接电子鼻进气装置,启动电子鼻检测系统,将气袋吸嘴与电子鼻气室接口管相接,使气袋内的气体匀速流入电子鼻气室内,通过电子鼻分析模块输出气味指纹图谱。将患病者数据与对照组数据分开存储。每份样品测试完

毕,得到12个数据文件,每个文件为 120×10 的数据矩阵(120 s内10个传感器的测量值)。195份样品(107份患者样品和88份健康者样品)全部测试完毕,共获得2340($195 \times 12 = 2340$)个数据文件。

2.4 气味响应曲线

气味样品经电子鼻检测后,得到响应曲线见图1。图1显示,传感器W5S(S2)反应最灵敏,病患者1号和病患者2号的S2响应值为18.5~21.9;健康者1号和健康者2号的S2响应值为13.7~15.8。

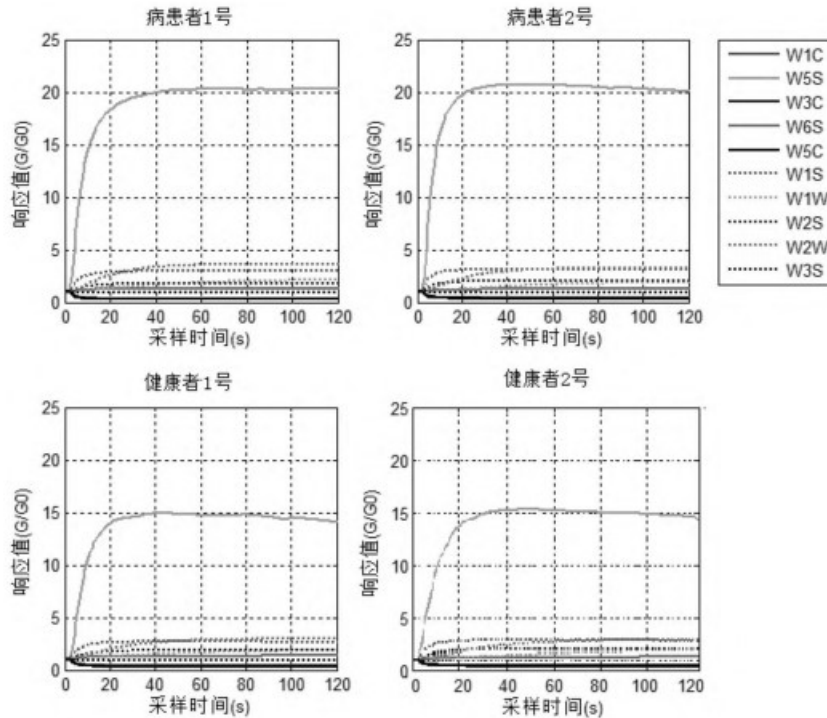


图1 2例肺炎疾病患者和2例健康者口腔呼出气味响应图谱

3 数据与方法

3.1 数据前期处理

数据特征提取方法使用Python中的Pandas库中的方法对采集好的气体数据进行数据预处理与特征提取^[10-11]。Pandas库是一个专门处理二维数据的库,可以将数据转换为内置的DataFrame类型存储到计算机中,再对其进行处理,由于其简单方便,便于操作数据类型转换等特点,也是一款常用的数据预处理库。

3.2 数据格式转换

由于气体数据是10列120行的二维数组形式,为了最大程度保证数据的不变性,本次项目所采用的方法是通过Python的Pandas库将数据转换为一维数组的形式,变换为120列并且将所有数据汇总到一个表中,且将患病的数据标记为1,未患病的数据标记为0。

3.3 BP神经网络

BP神经网络是一种前馈神经网络,由输入层、隐藏层和输出层构成^[12]。本项目设计的BP神经网络由四层构成,分别为输入层、两层隐藏层、输出层。网络训练时,通过修改各层的激活函数与损失函数,对比不同参数下的准确率来寻找一个最适合本次项目的参数。训练完毕,保存各项参数,完成模型的构建。

3.4 系统设计

本项目结合PyQT5与QT Designer技术,设计并实现中医嗅诊分析预测系统^[13]。系统界面如图2。系统功能包括使用说明、数据导入、查看数据预测结果与查看气味指纹图谱。系统的内核则为从两个算法中各选择一个参数最佳,准确率最佳的模型导入到系统中,以实现系统预测的最佳效果。图2中右上部分展示嗅觉图与具体导入数据的结构,图底部显示预测的结果是否患病。

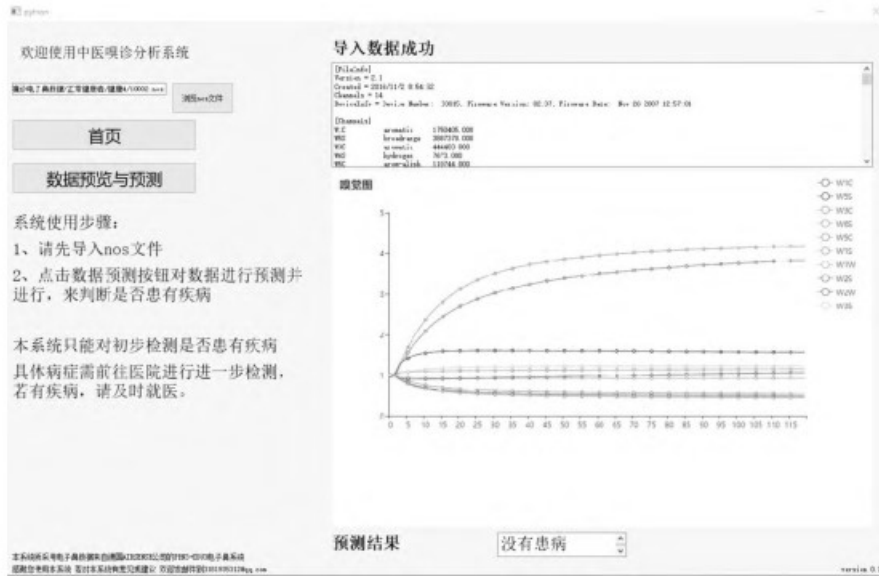


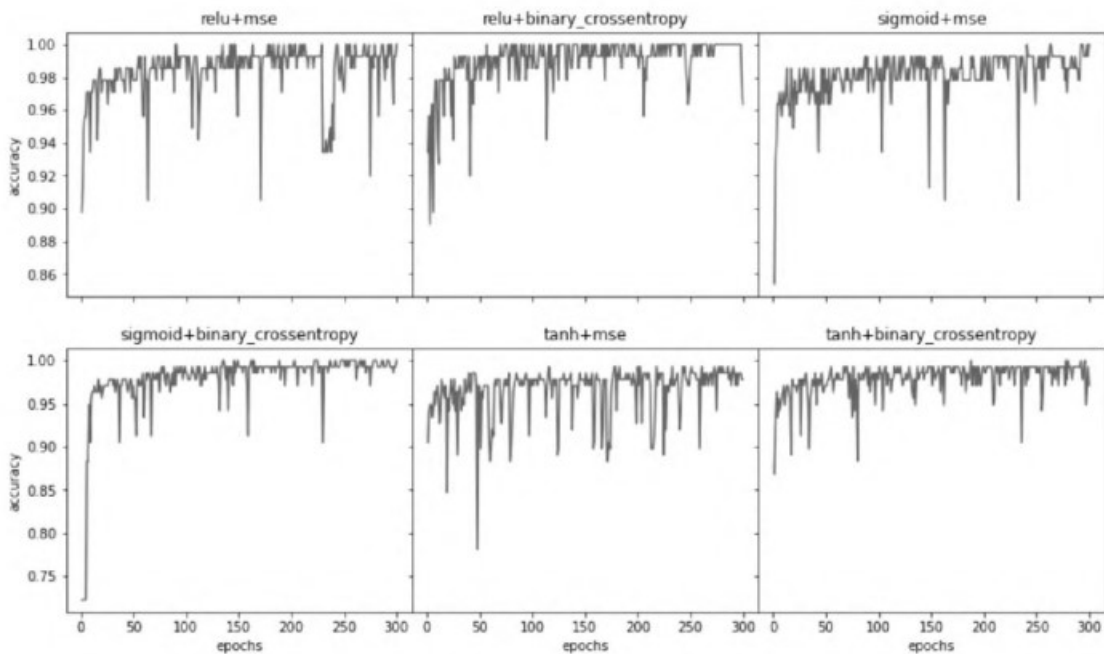
图2 中医嗅诊分析预测系统界面

4 实验结果

4.1 嗅诊分析系统训练与构建

修改各全连接层之间的激活函数,与模型编译时的损失函数来寻求相对较适合气味数据分析的参数模型。其中激活函数依次选取 Relu、Sigmoid 与 Tanh,优化器选择 Adam,损失函数选择 Binary_cross-

entropy 与 Mse。通过组合,寻求适合气味数据分析的最优参数组合。训练时,将所有气味测试数据分为 70% 的训练集和 30% 的测试集。训练次数 epoch 设为 300。各组合训练后模型在验证集上的结果如图 3 所示。



注:图片上的英文代表单个模型中激活函数+损失函数的组合(例如:激活函数 relu+损失函数 mse)。

图3 不同参数组合的测试集准确率

由图3可以看出,所有组合的准确率都比较高,随着训练次数的增加,准确率均在90%以上,但以tanh为激活函数的模型,其准确率稳定性差,Sigmoid

其次,最稳定的是以relu为激活函数且损失函数为binary_crossentropy的BP神经网络模型。通过分析,因为本项目的数据分析为二分类任务,作为二分类

类中的损失函数, binary_crossentropy 函数比 mse 函数表现更佳。因此,通过分析比较,以 relu 作为激活函数, binary_crossentropy 作为损失函数, adam 作为优化器的 BP 神经网络构建本项目的嗅诊分析系统。

4.2 系统测试

为测试嗅诊分析系统的可靠性和准确性,利用 30% 的测试集进行测试。测试结果如图 4。图 4 是以可视化的混淆矩阵来展示嗅诊分析系统测试的准确率。图中 x 轴为预测值, y 轴为真实值, 当两个轴对应的标签均一致时, 表示预测结果与实际结果相同。例如图中 y 轴的未患病(No risk of disease)与 x 轴的未患病(No risk of disease)所对应的值为 90, 代表有 90 人未患病者的预测结果为未患病, 说明预测结果与真实结果一致; 相反, y 轴的 3 位患病(Risk of disease)者的预测结果在 x 轴的未患病(No risk of disease)被预测为未患病, 表明预测结果与真实结果不一致。由图可知, 对于 342 个测试数据文件中, 339 个数据文件的预测值与真实值一致(其中: 90 个文件为健康者数据, 249 个文件为病患者数据), 3 个数据文件预测结果有误, 预测准确率达 99.1%。

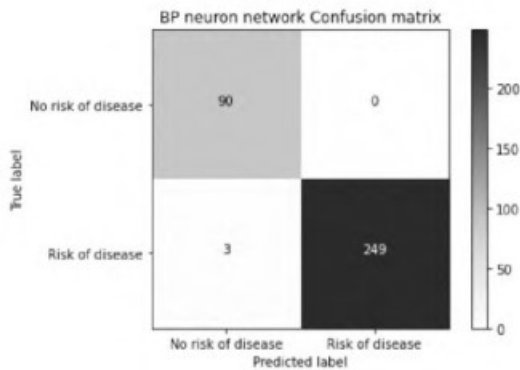


图 4 嗅诊分析系统测试结果

5 结论

中医四诊——嗅诊客观化、数字化研究是中医四诊数字化、智能化发展的重要基础。本项目基于仿生嗅觉技术, 利用电子鼻检测慢性肺炎患者和健康志愿者的口腔气味信息, 对嗅诊数字化方法展开研究, 构建基于 BP 神经网络算法的嗅诊分析系统。

实验结果表明, 选择以 relu 激活函数和 binary_crossentropy 损失函数为组合构建的 BP 网络模型表现最优, 其预测准确率达 99.1%。研究结果表明, 该方法对嗅诊数字化方法研究提供了实验参考, 为中医四诊的客观化、数字化发展提供了新手段和新方向。

参考文献:

- [1] 林雪娟, 梁丽丽, 刘丽桑, 等. 基于电子鼻的慢性胃炎寒热病间的气味图谱特征研究[J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(4): 1193-1197.
- [2] 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.
- [3] 钱秀云, 柳辰羽, 李杰, 等. 浅谈中医四诊的延伸[J]. 中国民间疗法, 2021, 29(14): 1-3.
- [4] 孔亮, 杨婷, 范华雨, 等. 中医四诊客观量化的研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(1): 63-66.
- [5] 陈晓红, 毛萍, 孙艳艳, 等. 冠心病中医四诊客观化研究进展[J]. 中国中医药现代远程教育, 2019, 17(4): 130-131.
- [6] 徐艺峰, 王忆勤, 郝一鸣. 2 型糖尿病患者中医主证舌诊客观参数分析[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2021, 23(2): 402-409.
- [7] ZHOU H, LUO D, GHOLAMHOSSEINI H, et al. Identification of Chinese herbal medicines with electronic nose technology: applications and challenges[J]. Sensors (Basel, Switzerland), 2017, 17(5): 1073-1094.
- [8] VAN DER SAR I G, WIJBENGA N, NAKSHBANDI G, et al. The smell of lung disease: a review of the current status of electronic nose technology[J]. Respiratory Research, 2021, 22(1): 224-246.
- [9] BIKOV A, HERNADI M, KOROSI B Z, et al. Expiratory flow rate, breath hold and anatomic dead space influence electronic nose ability to detect lung cancer[J]. BMC Pulmonary Medicine, 2014, 14(1): 194-202.
- [10] 刘新鹏, 高斌, 利用 Python 和 Pandas 进行学生成绩处理[J]. 信息与电脑, 2020, 32(7): 3-6.
- [11] 王诗翔. 交互的 Python 数据分析入门[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2020.
- [12] 李航宇. 基于数据挖掘方法的电子鼻数据研究分析[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- [13] 蒲天杭. 基于 Python 语言的仪器管理与测试系统研究[J]. 中国仪器仪表, 2020, 40(2): 4-7.

(编辑: 张 晗)