

基于Matlab深度学习的智能听诊系统应用程序开发

陆嘉文¹, 陈始圆², 袁履凡¹, 陈扶明³, 谢长勇⁴, 李川涛⁵

1. 上海理工大学健康科学与工程学院, 上海 200093; 2. 海军军医大学海军特色医学中心航空医学研究室, 上海 200433; 3. 中国人民解放军联勤保障部队第940医院医学工程科, 甘肃 兰州 730050; 4. 海军军医大学海军特色医学中心医研部, 上海 200433; 5. 海军军医大学海军特色医学中心航空生理心理训练队, 上海 200433

【摘要】提出一种基于Matlab APP Designer的深度学习智能听诊软件系统, 该软件系统配套隔离式无线电子听诊设备与内置的谷歌网络深度学习模型, 实现了对患者心肺音的可视化听诊、听诊数据的存储、呼吸音的智能分类、远程听诊与教学听诊, 并在医院进行了试用。试用结果表明该软件操作简单, 心肺音数据显示清晰, 在医院及医疗条件薄弱单位具有很强的实用价值和推广前景。

【关键词】深度学习; APP Designer; 可视化听诊; 谷歌网络

【中图分类号】R318

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2023)05-0602-07

Application development of intelligent auscultation system based on Matlab deep learning

LU Jiawen¹, CHEN Shiyuan², YUAN Lüfan¹, CHEN Fuming³, XIE Changyong⁴, LI Chuantao⁵

1. School of Health Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Department of Aviation Medicine, Naval Medical Center, Naval Medical University, Shanghai 200433, China; 3. Department of Medical Engineering, 940 Hospital of the Joint Service Support Force of the People's Liberation Army, Lanzhou 730050, China; 4. Medical Research Department, Naval Medical Center, Naval Medical University, Shanghai 200433, China; 5. Aviation Physiological and Psychological Training Team, Naval Medical Center, Naval Medical University, Shanghai 200433, China

Abstract: A deep learning intelligent auscultation software system based on Matlab APP Designer is developed. The software system is equipped with isolated wireless electronic auscultation equipment and built-in GoogLeNet model to realize the visualization auscultation of heart and lung sounds, storage of auscultation data, intelligent classification of breath sounds, remote auscultation and teaching of auscultation. The trial results show that the software is easy to operate, can clearly display heart and lung sound data, and has high practical value and application prospects in hospitals and units with poor medical resources.

Keywords: deep learning; APP Designer; visualization auscultation; GoogLeNet

前言

听诊对医生具有重要意义, 通过听诊可以对患者的病理病情进行初步筛查, 为进一步评估病情和制定诊疗方案奠定基础。随着检查手段日益增多, 医生可借助其他手段查明心脏疾病, 能够识别心肺音、会听诊的医生在逐渐减少, 新医生在听诊知识方

面也缺少实战经验。目前, 在临床上仍未有一套成熟的听诊教学方案, 其原因之一就在于听诊时的听诊信息无法共享, 因此, 将心肺音可视化就显得尤为重要^[1]。听诊时为应对交叉感染, 听诊器由传统听诊器逐步转变为无线电子听诊器, 可视化的听诊技术能够大大提升听诊效率与医患关系。新生儿先天性心脏病筛查日益受到重视^[2], 听诊作为重要筛查手段之一, 智能筛查具有很强的应用前景。以往对于听诊可视化的研究主要以科研技术测试和大数据开发为目的, Zhang等^[3]通过频谱图中的数学形态学来识别正常呼吸音中的湿罗音; Serato等^[4]使用移动应用程序和数字听诊器收集了匿名患者的心肺音数据并进行测试, 结果表明K邻近和支持向量机在分类上更为准确, 准确率分别为100%和99.00%。因此本研究从医生和患者的实际需求出发, 设计了一款符合听

【收稿日期】2023-01-10

【基金项目】国家自然科学基金(61901515); 海军特色医学中心抗疫专项基金(20M0201); 海军军医大学军民融合专项基金(21X0201)

【作者简介】陆嘉文, 硕士, 研究方向: 信号处理、电生理疲劳研究, E-mail: 1091798365@qq.com

【通信作者】李川涛, 博士, 助理研究员, 研究方向: 便携生理信号监测设备研制、数字信号处理, E-mail: lichuantao614@126.com

诊诊断流程的应用程序,并在医院中进行了试用。

APP Designer 是美国 Math Works 公司为 Matlab 软件量身定制的应用程序构建平台,属于 GUIDE 代替产品。APP Designer 建立在基于 Web 的技术上,并允许应用程序在 Web 上运行,开发环境友好,相比 GUIDE 具有更丰富的组件和更稳定的编程模型^[5]。鉴于以上优点,APP Designer 已经广泛应用在医疗、教学、仿真研究等领域^[6-7]。

1 软件需求分析及功能设计

1.1 需求分析

通过正确的心脏听诊,可以简便地获取许多心

脏疾病的重要信息,如二尖瓣狭窄、主动脉瓣狭窄、风湿性心脏病等,对于早期筛查诊疗具有重要意义^[1]。但心脏听诊作为一个教学内容一直是一个难点,医学生们没有办法高效获取相关知识,教师也没有固定的教学方法去实际应用,往往需要根据病源来进行临时教学,这种方法的效率十分低下,学生也会失去学习兴趣^[8]。软件需求分析图见图1。心脏听诊的本质是对声音进行识别,如果将声音可视化,将“听觉”转化为“视觉”,结合听诊位置、音频波形图、疾病讲解,建立听诊数据库,那么将会大大提升教学规模与教学质量^[9],这也是未来的新趋势。

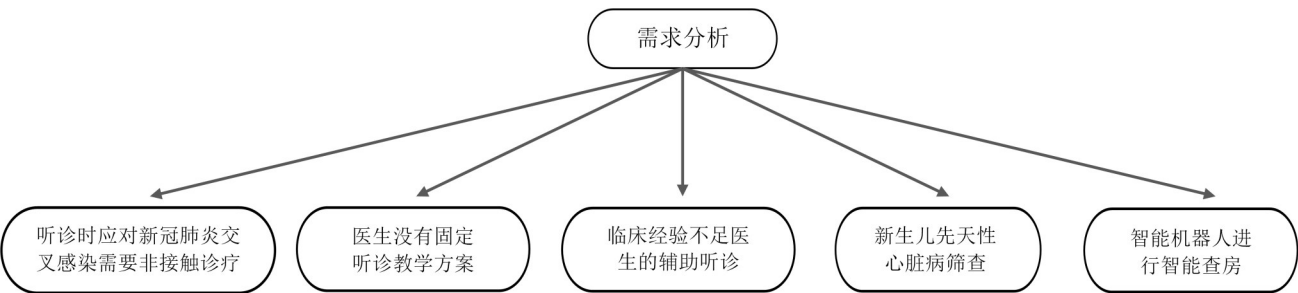


图1 软件需求分析
Figure 1 Software requirements analysis

1.2 软件功能模块

依据心脏听诊与教学特点,并考虑软件产品的完

整性,本研究设计的深度学习智能听诊软件系统共分为7大模块,各模块功能及主要组件如表1所示。

表1 软件功能模块
Table 1 Software function modules

模块名称	模块功能	所用组件
用户信息	填写听诊患者姓名、年龄、过往诊断疾病	面板、标签、文本
听诊位置	选择不同的心肺音听诊位置	选项卡组、坐标区、面板、按钮组、图像
听诊时域图和时频图	将电脑端麦克风接收到的音频信号通过时域与时频域实时显示图像	面板、坐标区
深度学习智能听诊结果	显示深度学习分类好的心肺音	坐标区
专科查体	根据听诊与深度学习听诊结果,给出患者诊断结果,输入于界面内	面板、文本
远程听诊	将深度学习诊断结果、医生诊断结果与听诊音频信息打包发送至指定邮箱	面板、图像、按钮、文本
教学听诊	播放预存的不同情况下的心音、呼吸音音频文件,显示音频波形图等信息	菜单栏、标签、图像、坐标区、面板

2 软件处理关键技术

Matlab2022a 自带的 APP Designer 共有常用组件 21 种、容器 3 种、图窗工具 3 种、仪器组件 10 种、航空

组件 8 种,可以满足绝大多数的软件界面和布局设计要求。Matlab 自带丰富的工具箱和接口函数,使得软件相关功能实现变得更加简便,从而实现快速开发和迭代。

2.4 病理音定位

特征定位使用的是卷积神经网络和特征热力图可视化,易于理解,并且可解释性较强,对于了解病

情的轻重程度也有较好的辅助价值,反向激活函数能够准确定位附加病理音位置,部分结果如图3所示。

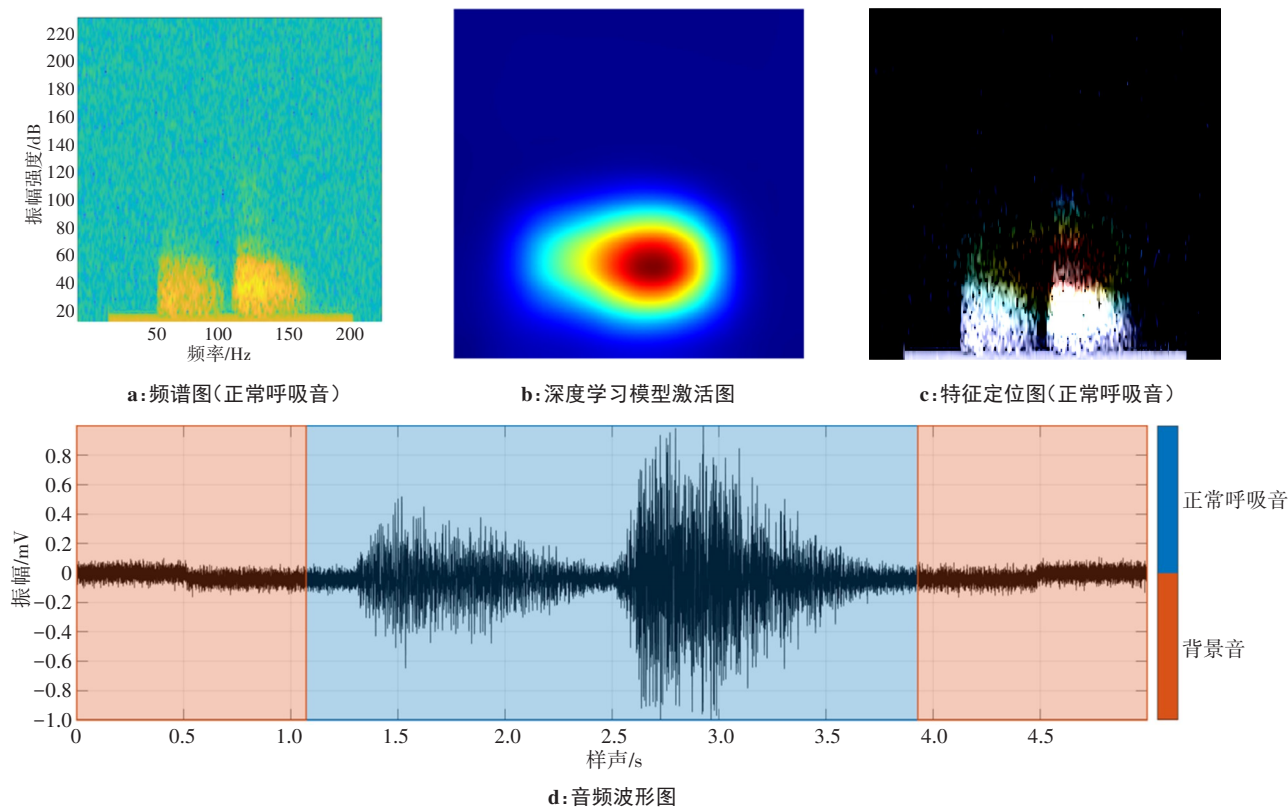


图3 病理音定位图

Figure 3 Pathological sound localization

3 功能实现及测试

该软件通过外接听诊设备对病人 13 个位置的心肺音音频样本进行采样,并实时显示心肺音音频波形图,接着通过内置深度学习算法模型进行分类,显示分类好的数据结果,再由医生填写每个位置的专科查体情况,若医生想要回顾听诊完成情况及专科查体填写情况,可直接点击听诊完成情况选项卡进行查看,所有位置的听诊音频数据及深度学习智能分类结果都会自动保存在电脑的指定文件夹内,单击发送邮箱按钮会将文件夹内的数据打包好发送至指定邮箱,实现远程听诊功能。在菜单栏中有内置的标准心肺音和问题心肺音音频及疾病种类图片,可实现教学听诊功能。

3.1 用户信息

用户信息的填写帮助医生了解听诊前患者患有哪些疾病,并且听诊时会根据用户信息来创建保存听诊音频数据的文件夹。

3.2 听诊位置

听诊位置分为前胸肺音听诊区:右肺上叶、左肺

上叶、右肺中下叶、左肺下叶,背部肺音听诊区:左肩胛间区、右肩胛间区、左肩胛下区、右肩胛下区,心脏听诊区:主动脉瓣听诊区、肺动脉瓣听诊区、主动脉瓣第二听诊区、三尖瓣听诊区、二尖瓣听诊区。

3.3 听诊时域图和时频图

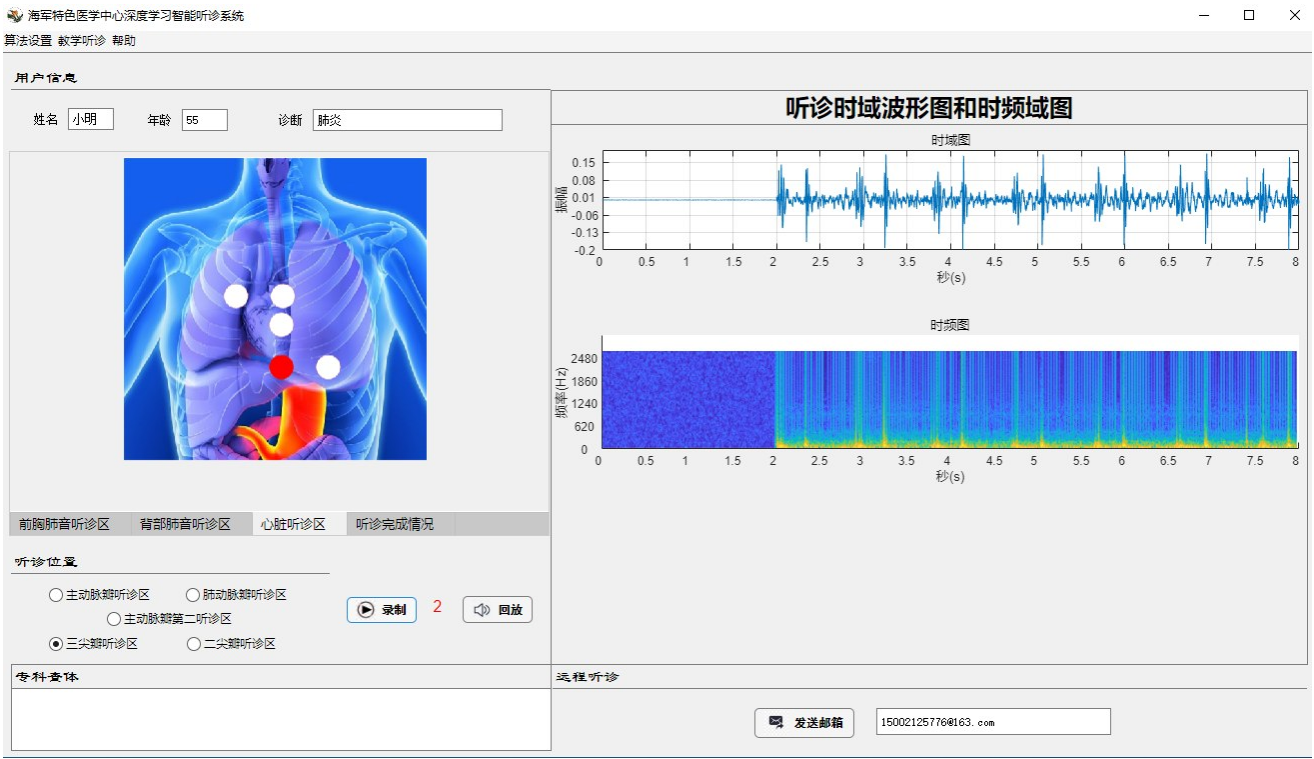
在填写完用户信息并选择对应听诊位置后,将听诊器置于相应位置后按下录制按钮,录制按钮右侧会开始进行 8 s 倒计时,软件右侧区域会开始实时显示听诊位置的音频时域图和时频域图,软件需外接无线电子听诊器配套使用,使用界面如图 4 所示。

3.4 智能听诊结果

深度学习智能听诊结果会从 8 s 的音频数据选取其中的 5 s,代入 GoogLeNet 深度学习模型进行处理,再将处理好的结果分类显示出来,作为初步探索,目前仅实现肺音的智能分类。

3.5 听诊完成情况

医生会对每个位置进行专科查体的填写,通过听诊器来听心脏有没有杂音、肺部有没有干湿啰音,以此判断是否存在心脏瓣膜脱落,或者瓣膜关闭不



3.6 远程听诊

由于医生听诊技术不同, 偏远地区的医生可能对听诊技术不是很熟练, 因此, 需要将听诊时的音频数据通过远程传输让拥有优秀听诊技术的医生进行远程听诊。在所有位置听诊完成后, 单击发送邮箱按钮, 可将所有已听诊位置的音频波形图、音频数据以及专科查体信息发送至指定邮箱, 若是想发送至其他邮箱, 直接更改即可。具体代码如图 6 所示。

```
writetable(Result,[workpath2,'table.xlsx']);
% 账号设置
mail = '15002125776@163.com'; // 邮箱地址
password = 'FZJQZWZRZMLDESCA'; // 密码
% 服务器设置
setpref('Internet','E_mail',mail);
setpref('Internet','SMTP_Server','smtp.163.com'); // SMTP 服务器
setpref('Internet','SMTP_Username',mail);
setpref('Internet','SMTP_Password',password);
props = java.lang.System.getProperties();
props.setProperty('mail.smtp.auth','true');
props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.class','javax.net.ssl.SSLSocketFactory');
props.setProperty('mail.smtp.socketFactory.port','465');
% 收件人
receiver=app.Email_Address.Value;
% 邮件标题
mailtole='智能听诊报告';
% 邮件内容
maindir = workpath2;
subdir = dir(maindir);
address=[];
for k = 1:size(subdir)
    if isequal( subdir(k).name, '.')||isequal( subdir(k).name, '..')
        continue;
    end
    address{k-2} = fullfile(maindir, subdir(k).name);
end
mailcontent=[app.Name.Value,'_',app.Age.Value,'岁_',app.Diagnosis.Value];
% 发送
sendmail(receiver, mailtole, mailcontent,address);
msgbox('发送成功!');
```

图 6 远程传输代码
Figure 6 Remote transmission code

3.7 教学听诊

医学生对听诊技术的学习一直是个难题, 没有一套固定的教学方案, 为此本软件提供了教学听诊功能, 可以通过播放预存的不同情况下的心音、呼吸音音频文件, 显示音频波形图等信息, 达到教学听诊的作用, 具体如图 7 所示。

3.8 医院试用情况

基于课题组研制的软件系统和硬件设备^[13], 在海军特色医学中心心血管内科同主治医生进行了交流, 主治医生表示该听诊设备声音清晰, 软件界面简洁明了, 证明了该软件系统具有较强的使用价值(图 8)。

4 结 语

本课题组开发出可视化、远程化和智能化的听诊系统, 并在医院进行了试用, 虽然能够满足医生日常随访住院病房听诊需求, 但是分类准确度还有待提高, 特别是目前仅实现了呼吸音的智能诊断。该系统采用了仿人耳听觉的梅尔时频变换和谷歌卷积神经网络, 实现了心肺音可视化听诊和远程听诊, 基于人工智能初步实现了智能听诊, 未来拟采用 VGG^[14]、“空间注意力”^[15]、“通道注意力”^[16]、“残差网络”等先进模型和大数据迁移学习来提高模型的准确度。经过持续开发, 拟在新冠肺炎集中诊疗病区用于入院患者的初筛和分级诊疗; 拟在儿童医院, 用

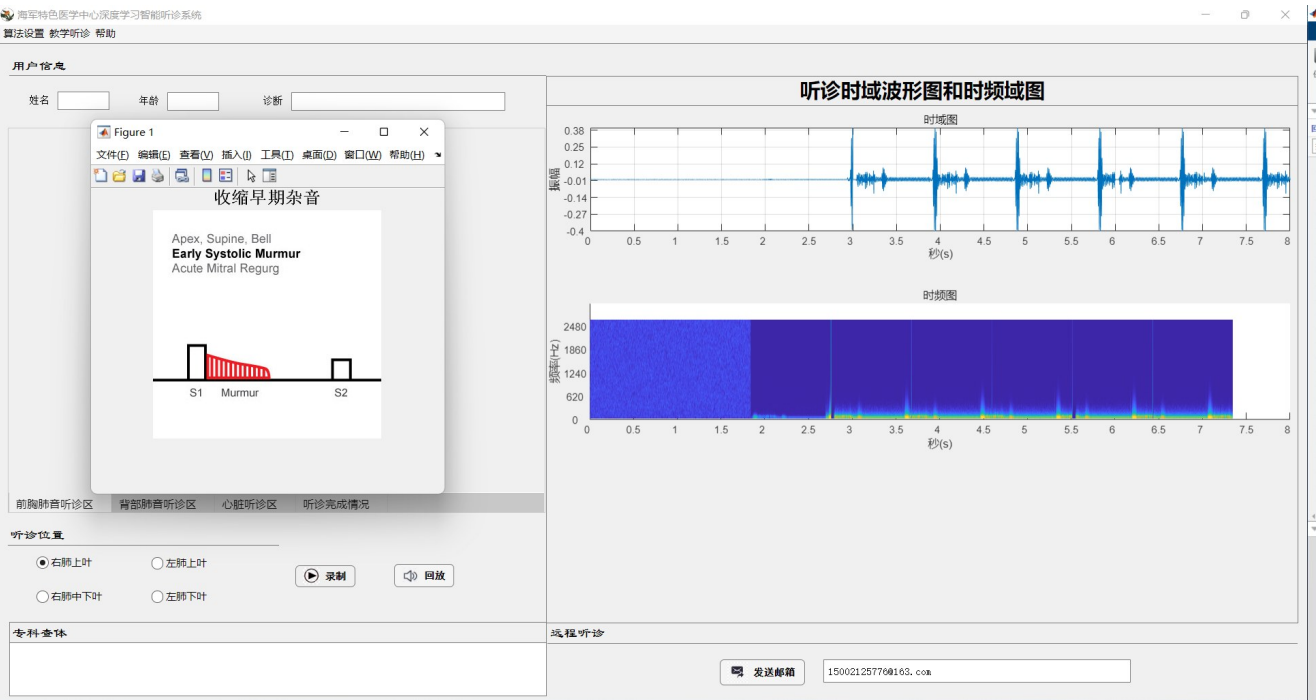
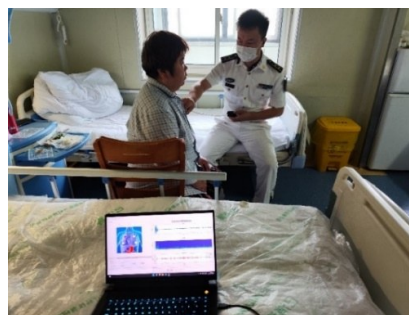


图 7 教学听诊
Figure 7 Teaching of auscultation



a: 咨询内科医生软件布局



b: 智能听诊系统病房试用

图8 医院试用情况

Figure 8 Trials in hospital

于新生儿先天性心脏病筛查;拟赋能医疗机器人,在远程医疗和智慧医疗中发挥作用。但需要指出的是,现有数据库ESC-10和ESC-50中,环境噪音包括了下雨声、说话声和医疗设备的运转声音等噪音,这势必增加了研究的难度使得疾病音的识别准确度不高。规范化的智能听诊能够有效降低对智能算法的要求,可有效促进该技术的真正应用。其中规范化听诊包括病人的姿态、着装以及听诊环境的改善,在后续的研究中,该软件还将加入对患者听诊位置的智能识别定位、基于心音的附加病理音识别等功能,便于新手医生以及医疗条件薄弱地区进行听诊。

【参考文献】

- [1] Li S, Li F, Tang S, et al. A review of computer-aided heart sound detection techniques[J]. Biomed Res Int, 2020. DOI: 10.1155/2020/5846191.
- [2] 张笃飞, 陈仁伟, 莫泽来, 等. 心脏听诊及经皮脉搏血氧饱和度筛查海南省新生儿先天性心脏病[J]. 岭南心血管病杂志, 2021, 27(6): 713-718.
Zhang DF, Chen RW, Mo ZL, et al. Cardiac auscultation and pulse oximetry in screening for neonatal congenital heart disease in Hainan province[J]. South China Journal of Cardiovascular Diseases, 2021, 27(6): 713-718.
- [3] Zhang KX, Wang XF, Han FF, et al. The detection of crackles based on mathematical morphology in spectrogram analysis[J]. Technol Health Care, 2015, 23 (Suppl 2): S489-S494.
- [4] Serato JH, Reyes R. Automated lung auscultation identification for mobile health systems using machine learning [C]. 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI). IEEE, 2018: 287-290.
- [5] 黎剑波, 熊超. 基于APP Designer的站用铅酸蓄电池性能分析软件设计[J]. 电子技术与软件工程, 2021(16): 29-30.
Li JB, Xiong C. APP Designer-based performance analysis software design for station lead-acid batteries[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2021(16): 29-30.
- [6] 于欣杰, 王美姣, 赵加强. 基于Matlab App Designer光学实验虚拟仿真系统的设计与实现[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(1): 45-50.
Yu XJ, Wang MJ, Zhao JQ. Design and realization of optical experiment virtual simulation system based on Matlab App Designer [J]. Experiment Science and Technology, 2022, 20(1): 45-50.
- [7] 臧营邦, 刘旭阳, 王加敏. 基于Matlab App Designer的最优化方法辅助教学设计[J]. 电脑与信息技术, 2022, 30(1): 81-83.

- Zang YB, Liu XY, Wang JM. Auxiliary teaching design of optimization methods based on Matlab App Designer [J]. Computer and Information Technology, 2022, 30(1): 81-83.
- [8] 肖懿慧, 雷新军, 舒娟, 等. 心脏听诊可视化数据库的建立和应用[J]. 实用心电学杂志, 2020, 29(3): 185-187.
Xiao YH, Lei XJ, Shu J, et al. Establishment and application of visual database for cardiac auscultation [J]. Journal of Practical Electrocardiology, 2020, 29(3): 185-187.
- [9] 林雪, 张潇, 刘继海, 等. 医学生心音听诊现状和培训需求调查分析[J]. 基础医学与临床, 2021, 41(12): 1856-1859.
Lin X, Zhang X, Liu JH, et al. Investigation and analysis on the status of heart sound auscultation and training needs of medical students[J]. Basic and Clinical Medicine, 2021, 41(12): 1856-1859.
- [10] 马祎. 使用数字听诊器的肺音分类算法研究和实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2020.
Ma W. Research and implementation of lung sound classification algorithm using digital stethoscope[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2020.
- [11] 杜慷. 基于深度学习和迁移学习的肺音识别方法研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2019.
Du K. Research on lung sound recognition method based on deep learning and transfer learning [D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2019.
- [12] 杨琳坚. 基于深度学习的啰音检测方法研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2021.
Tang LJ. Research on rales detection method based on deep learning [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2021.
- [13] 李川涛, 曹文, 姚永杰, 等. 隔离式无线电子听诊器的研制及其应用研究[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2022, 29(3): 403-406.
Li CT, Cao W, Yao YJ, et al. Development and practical application of an isolated wireless electronic stethoscope[J]. Chinese Journal of Nautical Medicine and Hyperbaric Medicine, 2022, 29(3): 403-406.
- [14] 封晨, 纪腾飞, 杨琳. 基于VGG16卷积神经网络的5G高噪调制识别技术[J]. 中国新技术新产品, 2022(13): 45-48.
Feng C, Ji TF, Yang L. 5G high-noise modulation recognition based on VGG16 convolutional neural network[J]. New Technology & New Products of China, 2022(13): 45-48.
- [15] 许畅, 王朝辉. 基于空间注意力的CNN特征增强方法[J]. 计算机技术与发展, 2022, 32(6): 74-78.
Xu C, Wang CH. Feature augment of convolutional neural Network based on spatial attention[J]. Computer Technology and Development, 2022, 32(6): 74-78.
- [16] 新增源, 张晓瀛, 谭思源, 等. 基于集成时频通道注意力的倒残差神经网络干扰识别[J]. 信号处理, 2023, 39(2): 343-355.
Jin ZY, Zhang XY, Tan SY, et al. Jamming identification based on inverse residual neural network with integrated time-frequency channel attention [J]. Journal of Signal Processing, 2023, 39(2): 343-355.

(编辑: 薛泽玲)