|  |  |
| --- | --- |
| 类别 | 编 号 |
| A | 2022WLWA |

3S杯全国大学生物联网技术与应用“三创”大赛

创意设计项目申报书

（2022年）

项目名称： 基于物联网技术的呼吸音智能辨识系统

项目编号： 2022WLWA

申 请 人: 钟家昕 学 号: 2013920129

所在单位: 天津工业大学

专业名称: 智能医学工程专业

学生类别：博士研究生□ 硕士研究生□ 本科生☑ 专科生□

电 话: 152841794647 邮 箱: [3494520796@qq.com](mailto:3494520796@qq.com)

指导教师: 王慧泉 职 称: 副教授

申报日期：2022年 5 月 28 日

中国通信学会 中国电子学会 制

**申报须知**

一、创意内容：充分发挥选手的丰富想象和原始创意，围绕互联网+时代和未来物联网社会的生产、生活、文化、科学、教育、管理等各个方面的原创性思想、理念、观点、描述、表示、设计、手段与方法，面向未来物联网社会的智慧服务提供各种类型的创意设计。

二、设计要求：提交符合上述内容的创意设计作品及其设计报告，其中包括：设计方案、创新思想、创意表现、应用前景、潜在价值等，具有独特性和原创性。

三、请于报名截止之前将申报书发至ciciot@njupt.edu.cn大赛邮箱，申报书命名格式为“项目编号”+“项目名称”+“姓名”

四、联系方式：

大赛网址：<http://3s.njupt.edu.cn/>

大赛邮箱：[ciciot@njupt.edu.cn](mailto:ciciot@njupt.edu.cn)

大赛工作QQ 群：见报名通知

联系人 ：**朱  玉：025-83535035，13770345830**

[**ciciot@njupt.edu.cn**](mailto:ciciot@njupt.edu.cn)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | 基于物联网技术的呼吸音智能辨识系统 | | | | | | | | |
| 项目编号 | 2022WLWA | | | | | | | | |
| 申请人 | 姓 名 | 钟家昕 | 性 别 | 女 | 出生年月 | 2002年8月 | 身份证号 | 511502200208232781 | |
| 所 在  单 位 | 天津工业大学 | | 在读学 历 | 本科 | | 在读  专业 | 智能医学工程专业 | |
| 学 号 | 2013920129 | | 已 获  学 位 | 无 | | 毕业专业 | 无 | |
| 联 系  电 话 | 15284179467 | | 电 子  信 箱 | 3494520796@qq.com | | QQ号 | 3494520796 | |
| 指导教师 | 单位/职务 | | | 职 称 | 联系电话 | | | 电子邮箱 | |
| 王慧泉 | 天津工业大学/副院长 | | | 副教授 | 13752356051 | | | huiquan@tiangong.edu.cn | |
| 团队成员 | 学 号 | 学历/学位 | 专 业 | | 身份证号 | | | 联系电话 | |
| 龙思成 | 2013920215 | 本科 | 智能医学工程专业 | | 450902200110260535 | | | 15077782990 | |
| 马逸群 |  | 本科 | 电子科学与技术专业 | |  | | |  | |
| 夏宁宁 | 1910940412 | 本科 | 电子科学与技术专业 | | 330226200109214959 | | | 13867882233 | |
|  |  |  |  | |  | | |  | |
| **一、创意内容**（面向未来物联网社会的智慧服务和需求进行各种类型创意设计，包括原创性思想、理念、观点、描述、表示、设计、手段与方法等）  **1. 原创性思想**  目前临床上采用的听诊器以传统声学听诊器为主，其优点在于成本较低，操作简单，但在目前新冠疫情形式下，却暴露出许多不容忽视的局限性，例如：穿着防护服的医护人员不方便佩戴听诊器耳塞；无法调节音量强弱，易受环境噪声干扰临床诊断；仅供单人使用，无法共享满足临床会诊需求等问题。随着“移动互联网+”时代的来临，使得医学信号处理在呼吸音诊断设备上的研究越来越趋向于集成化与移动化，即智能医疗的概念普及。      图1 传统声学听诊器 图2 智能呼吸音辨识的数字听诊器结构图  因此，设计具有放大信号、滤波、降噪处理功能的数字听诊器，通过无线传输方式将呼吸音信号传至医生佩戴的无线耳机中，成为解决传统声学听诊器缺点的关键所在。在疫情严峻形势下，每天感染的患者数量庞大，如需要医生逐一听诊患者，将增大医生工作的重复性，甚至增大误诊机率，消耗大量的医疗人力、物力资源。将数字听诊器采集到的呼吸音数据传输到上位机，搭建呼吸音数据库，通过设计人工智能算法对采集到的数据进行特征分析，智能辨识呼吸音类型，如干啰音、湿啰音、咳嗽音等。完成对呼吸音进行初步分类，辅助医生诊断，减轻医务工作量。  **2. 创意理念与观点**  利用物联网技术、人工智能算法对传统声学听诊器进行改良，致力于实现呼吸音的无线传输、PC端保存记录、数据云端存储功能。搭建呼吸音数据库，编写神经网络算法实现呼吸音智能辨识分类等功能，使传统听诊器智能化，有效提高医务人员的工作效率，克服传统声学听诊器仅供单人使用和无法实时共享的局限性。  本项目响应国家“健康中国2030规划纲要”号召，深入贯彻落实习近平新时代中国特色社会主义思想和党的十九大精神，提升医疗卫生现代化水平和医疗生产力，节省劳动成本，切实落行“互联网+医院”、“5G智慧医疗”等物联网技术与医疗行业结合，促进国家医疗行业向智能化方向发展。 | | | | | | | | | |
| **注：项目名称应简洁明了，字数限25个汉字内; 申请书可加附页** | | | | | | | | | |
| **3. 创意描述**  基于物联网技术的呼吸音智能辨识系统的整体设计框架是：利用声音传感器采集患者的呼吸音信号，并将信号传入集成电路进行滤波、放大、去噪等处理，通过兼具蓝牙/WIFI模块的ESP32和MQTT物联网数据传输协议实现呼吸音信号的远程无线传输。采集到的呼吸音信号可通过USB数据传输线或蓝牙传输两种方式传至PC端，PC端通过卷积神经网络算法对呼吸音信号进行分析处理，从而达到识别出该段呼吸音所属类型为干啰音、湿啰音还是正常音这三种不同类型呼吸音的目的。并搭建软件上位机，实时监测并显示各种呼吸音特征参数。同时，可通过MQTT协议实时备份和获取采集到的呼吸音数据，搭建起呼吸音数据库，既可用于神经网络模型的训练，也可便于医生是实时共享，达到多人会诊，反复听诊的目的，也为今后呼吸类疾病研究提供有力的数据支持。        图3 基于物联网技术的呼吸音智能辨识系统的框架图  **4. 创意实现手段与方法**  **4.1 项目基础**  在硬件方面，项目组成员通过AD软件已绘制好前置放大电路和低通道滤波PCB电路图，为后续硬件系统搭建提供理论基础。在软件方面，收集到920份呼吸音音频并完成对音频文件的分类整理和清洗，为后续算法开发提供数据基础，上位机UI界面已初步搭建成功。同时项目利用已有的科研成果申请并成功受理实用新型专利两项，软件著作权一项。   1. **硬件基础**   根据后级电路处理要求，我们对采集到的电信号进行放大处理，绘制PCB电路图，使输出电压限制在合适范围内。采集到的信号并非纯粹的心肺音信号，会夹杂着各种杂声，根据电子技术知识和查阅相关文献资料，我们已设计好低通道滤波PCB电路图。    图4 前置放大PCB电路图 图5 低通滤波PCB电路图   1. **呼吸音数据库**   项目组成员经一年的准备学习，已收集126名参与者的920份呼吸音音频数据库并对数据进行了清洗，这其中包括126名参与者呼吸循环的开始和结束时间，是否存在爆裂音，哮喘音以及患病情况数据。并完成对这920份录音文件的分类整理以及标签划分，每一份音频文件都对应一份标签文件对其进行解释说明。    图6 呼吸音音频数据库   1. **上位机软件UI界面**   目前已根据该项目中上位机软件系统的需求设计出了呼吸音识别系统的界面，该界面能够显示呼吸音模拟数据，后期可以根据这个基础来完善该项目的全部功能。    图7 智能呼吸音识别系统UI界面   1. **科研成果**   针对此次项目，本项目组在基于现有的科研成果下申请了一项计算机软件著作权《基于物联网的家庭健康监护系统》，两项实用型新型专利《一种复合呼吸数据训练系统》、《一种产生数据的系统》，并均已成功受理。（受理通知书如附件一、二、三所示）  **4.2 项目实施技术路线**    图8 研究技术路线  **(1) 后端数据处理模式识别**  在前期项目过程中，因为还未实现软硬件系统的组合连接，可通过已有的呼吸音数据库数据对卷积神经网络模型进行验证。我们通过查阅大量的文献资料发现，一般通过卷积神经网络模型获得的识别准确率可高达85%左右。因此，我们定义识别准确率超过85%为算法有效。  **（2）上位机软件设计开发**  利用Python编写上位机软件呼吸音识别系统和呼吸音模拟系统UI界面，搭建通信模块、显示模块、数据处理模块和数据保存模块，实现显示设备连接状态信息、患者信息、呼吸音波形图以及经过分析后的得到的呼吸音类型。同时，数据处理模块通过小波法对接收到的数据进行去噪处理，输入到一维卷积神经网络进行分类识别，最后返回识别结果到显示界面。  **(3) 搭建采集、传输硬件设备**  为了防止各种各样的生理音和外界噪音所带来的混叠、失真、高频等因素对呼吸音信号产生的干扰和影响，我们设计同向电压放大电路和一阶低通道滤波电路对采集到的呼吸音信号进行预处理。选用兼具WIFI和蓝牙模块的ESP32作为无线传输的主控模块，音频模块选用TLV320AIC3254音频编解码器，通过HPL, HPR引脚连接耳机，直接驱动耳机而无需功放电路。  **(4) 组装调试**  呼吸音预处理PCB电路板设计有USB接口，通过数据线将硬件设备与上位机连接，前端采集到的呼吸音数据实时传输到PC端进行显示，分析处理，输入到已训练好的卷积神经网络模型，返回前端设备采集到的呼吸音类型，如是干啰音、湿啰音还是正常音，实现基于数字听诊器的智能识别系统的软硬件整合。   1. **优化设计**   我们最先选用一维卷积神经网络对呼吸音数据进行识别，得到识别准确率，若识别准确率低于85%，我们则进一步选用二维卷积神经网络进行优化处理，对模型进行校正。  **二、设计思路**（具有独特性和原创性的设计方案、创新思想、创意表现、应用前景、潜在价值等）  **1. 项目设计方案**  **1.1 系统总体功能描述**  本项目总体系统主要由呼吸音信号的采集和预处理系统、呼吸音信号传输系统、智能辨识呼吸音上位机软件系统、智能辨识呼吸音后端处理系统所组成。  (1) 在呼吸音信号的采集和预处理系统中选用普通的听诊头对呼吸音信号进行采集，同时对所采集到的信号经过采样、滤波、放大、模数转换、编码等方式对呼吸音信号进行处理，从而提高呼吸音信号平滑性，使信号可提取出优质的特征参数。  (2) 在呼吸音信号传输系统中通过前置部分的前置放大电路和低通滤波电路对信号进行放大和滤波处理，最后通过音频处理模块和ESP32主控模块实现呼吸音信号的无线传输功能。  (3) 在智能辨识呼吸音上位机系统中，主要用于可视化实时监测到的呼吸音相关数据信息，同时该系统能够运用已有的数据库进行模拟诊断，并且最终的后端数据处理的识别结果也会返回到上位机系统中  (4) 在智能辨识呼吸音后端数据处理中，将数据库中已经经过临床专家诊断分类过的呼吸信号，进行信号去噪处理、数据整理与呼吸切片，最后将预处理后的呼吸音数据输入到卷积神经网络（CNN）中，CNN可以通过网络自身层次结构自动提取特征后，并对其进行分类从而识别出呼吸音的类型。    图9 系统总体功能流程图  **1.2 项目方案内容**  **1.2.1. 呼吸音信号的采集和预处理系统**  **呼吸音信号采集：**信号采集选用普通的听诊器听诊头，将驻极体话筒放在听诊器的导音管内，驻极体话筒的振膜通过接受振动产生信号，振膜与固定的平面电极之间形成一个电容，两者之间的距离变化导致电容容量发生变化。在电容两端施加固定频率及大小的电压，通过电容的电流产生变化，从而获得电信号，并方便后续对信号的处理。  **呼吸音预处理电路：**呼吸音信号分析的前提是对采集的呼吸音信号进行初步处理。在采集人体呼吸音信号时，由于人体内部呼吸系统复杂性以及不同个体呼吸状况、年龄大小等因素，都会使呼吸音信号发生不确定变化，并且各种各样的生理音和外界噪音带来的混叠、失真、高频等因素会对呼吸音信号产生干扰，因此需要对呼吸音信号进行数字化处理与预处理，可以对不同干扰采取相应的处理手段。提高呼吸音信号平滑性，使信号可提取出优质的特征参数，信号的数字化需要进行放大或增益控制、反混叠滤波、采样、A/D转换及编码等过程。  **1.2.2. 呼吸音信号传输系统**  呼吸音信号传输系统主要由前置部分和硬件结构两部分组成。前置部分又分为前置放大电路和低通滤波电路。硬件结构分为主控模块和音频处理两大部分。   1. **前置放大电路**   前置放大电路采用同向电压放大，具体电路图如图10所示。在电路中，电容C1具有隔直耦合的作用，既防止电容两端直流电压的相互作影响，又将传感器产生的微弱交流信号传递给了运算放大器。  图10 前置放大电路  对于生物信号前置级一般要求是要具有高输入阻抗、高共模信号抑制比、低噪声、低漂移，因此本设计采用德州仪器的OPA387精密运算放大芯片。   1. **低通滤波电路**   虽然对拾音传感器设计时选择单指向性传声器，具有一定降噪效果，但采集到的信号并非纯粹的心肺音信号也会夹杂着各种杂声，比如环境噪声，体表皮肤的摩擦噪声，人体其他干扰信号和周围电器所产生的环境声等，根据心肺音信号的有效频段，本设计采用了一个低通滤波电路作为前置级的第二部分电路。低通滤波电路图如下所示。  图11 低通滤波电路图  其中，其截止频率由R5,C5决定。设计中采用的滤波为一阶低通滤波，其原因在于音频编解码器TLV320AIC3254中的数字滤波电路可满足不同的听诊模式对有效信号频段的要求。   1. **主控模块**   ESP8266 Wi-Fi模块是近几年中最受欢迎和最实用的模块之一。而ESP32模块是ESP8266的升级版本。除了Wi-Fi模块，该模块还包含蓝牙4.0模块。双核CPU工作频率为80至240 MHz，包含两个Wi-Fi和蓝牙模块以及各种输入和输出引脚， ESP32是物联网项目的理想选择。因此，本项目组选用ESP32作为信号无线传输模块。    图12 ESP32模块   1. **音频处理**   TLV320AIC3254音频编解码器通过HPL, HPR引脚连接耳机，其可直接驱动耳机而无需功放电路，其主要参数包括：采样速率从 8kHz 至 192kHz，集成 PLL包括512kHz至50MHz 的主输入时钟，I²C 或 SPI 控制接口，2 x 64mW(负载16)立体声耳机，封装选项为5x5 mm 32-QFN。  **1.3.3. 基于MQTT协议的物联网数据传输**  **(1) 传输原理概述**    图13 数据传输原理图  在数据传输中，采用物联网的核心数据传输协议：MQTT协议。MQTT是一个客户端服务端架构的发布/订阅模式的消息传输协议。其设计思想是轻巧、开放、简单、规范，易于实现。这些特点使得它对很多场景来说都是很好的选择，特别是对于受限的环境如机器与机器的通信（M2M）以及物联网环境（IoT）。  本项目中基于MQTT协议的数据传输基本原理是：客户端1（ESP32）向MQTT服务端发布一个MQTT主题（messages）,在该主题中带有呼吸音信号的采集和处理系统所得到的呼吸音数据，并且数据以JSON格式进行存储；客户端2（PC机）向MQTT服务端中订阅客户端1发布的主题（messages），从而获取到呼吸音数据，并将呼吸音数据显示在上位机系统上。  **（2）连接MQTT服务端与客户端订阅发布主题**    图14 MQTT客户端与服务端实现链接步骤图  MQTT客户端与服务端实现连接的步骤共有两步，第一步是客户端向服务端发送连接请求，该请求中包含有请求信息的CONNECT数据包；第二步则是服务端发送连接确认，该确认中包含有CONNACK数据包，该数据包中会返回连接状态码和当前会话状态。  当客户端发布消息时，也会向服务端发送PUBLISH数据包，该数据包中可以设置发布消息的状态，服务质量等级QoS设置为1是，服务端会向客户端发送PUBACK确认报文；当客户端向服务端订阅消息时，会发送SUBSCRIBE数据包，用于订阅MQTT主题，同时服务端会向客户端返回订阅确认数据包SUBACK。  **（3）数据包设置**   * **CONNECT数据包设置**   **①**设置客户端ID（ClientId），这是MQTT客户端的标识。MQTT服务端用该标识来识别客户端，ClientId必须是独立的，所以本项目中将ESP32的客户端标识设置为“client-1”，PC机客户端标识设置为“client-2”。  **②**设置清除会话（CleanSession）状态，为了确保数据传输的稳定性，我们将其设置为“false”，此时服务端会需要客户端确认收到保温，同时也会保存未收到的报文。  **③**MQTT用户密码认证，即只有通过用户名（username）和密码（password）的认证客户端才能够连接客户端，本系统中使用MQTT用户密码认证机制从而保证数据传输的安全性。  **④**MQTT心跳机制（KeepAlive），通过该机制可以确定MQTT服务端与客户端是否连接正常，本项目中心跳间隔设置为60秒。在心跳间隔内，如果客户端向服务端发送心跳请求消息，则证明客户端与服务端处于连接状态；若在1.5倍心跳间隔时间内仍未发送心跳请求，则此时可认为客户端与服务端断开了连接。  **⑤**通过设置MQTT遗嘱，可以在客户端与服务端意外断线时向外发出“掉线”消息提醒，从而能让我们在客户端与服务端意外断开时做出相应的补救措施。该系统中设置遗嘱的服务质量等级（LastWillQos）为“1”，从而确定服务端能够接收到遗嘱消息但又不占用过多的网络资源；通过设置遗嘱保留消息（LastWillRetain）从而确保客户端在任何时刻都能接收到最新的消息内容。  表1 CONNECT报文表   |  |  | | --- | --- | | CONNECT报文 | | | 名称 | **内容** | | ClientId | “client-1” | | CleanSession | false | | Username | “xxx” | | Password | “\*\*\*\*\*\*\*\*” | | LastWillTopic | “/messageswill” | | LastWillQos | 1 | | LastWillMessage | “unexpected exit” | | LastWillRetain | true | | keepAlive | 60 |  * **PUBLISH数据包设置**   **①**设置MQTT主题名（TopicName）和报文标识符（PacketId），主题名用于识别此消息应该发布到哪一个主题，MQTT设备可以通过该标识符对MQTT报文进行甄别和管理。  **②**为了确保服务端能够接收到ESP32客户端发送的消息，同时又保证较快的数据传输速度和不占用过多的网络资源，本系统将服务质量等级（QoS）设置为1**。**发送端在没有收到接收端的PUBACK确认报文以前，会重复发送同一条消息以确保服务端能够接收到消息。当发送端重复发送一条消息时，PUBLISH报文中的dupFlag会被设置为true。  **③**为了使PC机客户端在任何时刻都能够接收到最新的消息，本系统设置保留消息（RetainFlag）的状态为true。Payload的内容为ESP32发布在主题中的呼吸音数据。  表2 PUBLISH报文   |  |  | | --- | --- | | PUBLISH报文 | | | 名称 | **内容** | | PacketId | xxx | | TopicName | “/messages” | | QoS | 1 | | RetainFlag | true | | Payload | “Breath sound data” | | DugFlag | true |   **1.3.4. 智能辨识呼吸音上位机软件系统**  呼吸音采集设备主要负责采集呼吸音信号及其相关数据信息，要观测并分析这些数据信息，首先需要将这些数据显示出来。所以，为了实现前端硬件设备所采集到的呼吸音信号及其相关数据的可视化，本项目设计了一款智能呼吸音辨识上位机软件系统。该系统主要由两大部分组成，分别是呼吸音识别系统和患者呼吸音模拟系统。智能辨识呼吸音上位机软件系统整体框架图如下图所示。  图15 智能辨识呼吸音上位机软件系统整体框架图   1. **呼吸音识别系统**   在呼吸音识别系统中主要由通信模块、显示模块与数据保存模块、数据处理模块所组成，这四个模块集成了设备信息、患者信息、实时监测、呼吸音辨识四个主要功能，该系统的设计图如图16所示。    图16 呼吸音识别系统框图  通信模块主要控制该软件上位机与呼吸音采集设备的连接方式，可以将设备通过MQTT协议接入云域网从而将设备采集到的呼吸音相关数据存储在云端，这样既实现了远程连接、远程监测的功能，同时也保证了数据的安全性和可用性；同时也可以将呼吸音采集设备通过蓝牙与软件上位机进行连接，这种方式适用于近距离连接，开发成本较低。  显示模块主要用来显示信息与呼吸音采集设备所采集到的各类数据。在该模块中，可以显示出呼吸音采集设备与该软件上位机的连接状态与呼吸音的采集方式，从而使用户可以直接地确认该设备的工作状态是否正常，而不用再次返回检查设备，提高了工作效率。同时该模块也可以显示出当前被监测患者的基本信息。  为了可视化呼吸音采集设备所采集到的呼吸音信号及其相关数据，在该显示模块中则可以实时显示出所监测到的呼吸音数据，并在界面中显示设备采集到的原始呼吸音信号波形和经过预处理、信号去噪后的呼吸音波形图，这样，则可以将所有呼吸音相关的数据向医务人员展示，从而帮助更快更准确地进行诊断。在该显示界面中会返回出经过处理分析后的呼吸音类型，供使用者进行参考。  在数据保存模块中，可以将在监测时间段内设备所采集到的呼吸音数据及呼吸音的音频文件保存在电脑文件中。  **②患者呼吸音模拟系统**  本项目组根据已有的由126名参与者的920份录音组成的数据库用来模拟患者的呼吸音，并用患者呼吸音模拟系统来可视化使用数据库得到的测试结果。在患者呼吸音模拟系统中，主要有三个功能模块，分别是：模拟病例生成、显示呼吸音数据与呼吸信号波形图、显示呼吸音辨识结果。  在模拟病例生成模块中，首先需要按照前面提到的呼吸识别系统中的患者信息来手动输入模拟患者的基本信息，接着便从数据库中导入数据作为该模拟患者的呼吸音数据。在显示界面中，可以实时显示该模拟患者的呼吸音数据，并显示出该患者的原始呼吸音信号波形和经过预处理、信号去噪后的呼吸音波形图。同时在该界面中会返回经过处理分析后得到的呼吸音辨识结果，我们则可以通过经过算法处理后的辨识结果与原始数据集中给出的呼吸音类型进行对比，检验系统辨识的准确性。  **1.3.5. 智能辨识呼吸音后端数据处理**  本项目数据处理部分中，先将数据库中已经经过临床专家诊断分类过的呼吸信号，进行  信号去噪处理、数据整理与呼吸切片，最后将预处理后的呼吸音数据输入到卷积神经网络中，CNN可以通过网络自身层次结构自动提取特征后，并对其进行分类从而识别出呼吸音的类型。    图17 数据处理流程图  **①信号去噪**  在实际测取呼吸音信号中不可避免地存在一些噪声，如工频噪声，主要是由于人体分布电容与电极引线环路受电力系统及其他设备产生的频率为50HZ左右的工频电磁场干扰；基线漂移，即在信号采集过程中由于电极移动及肌体运动而产生的噪声，其频率小于5HZ。为了对信号进行分析处理，降低噪声，提取特征信号，通常使用低通、带通、高通滤波器滤波的方法去掉这些干扰噪声，但这些滤波器的参数不能随信号改变，而只能获得信号中的某一频带的信息，难以满足信号处理中的各种不同要求。因此，在本项目采用小波阈值法对信号进行去噪。  小波分析是近十几年来发展起来的一种新的数学理论和方法，目前已被成功地应用于许多领域。作为一种新的时频分析方法，小波分析由于具有多分辨分析的特点，能够聚焦到信号的任意细节，进行多分辨率的时频域分析，因而被誉为“数学显微镜”。  具体处理过程为:将含噪信号在各尺度上进行（正交）小波分解，保留大尺度（低分辨率）下的全部分解值;对于小尺度（高分辨率）下的分解值，可以设定一个阈值，幅值低于该阈值的小波系数置为零，高于该阙值的小波系数或者完整保留，或者做相应的“收缩”处理。最后将处理后获得的小波系数利用逆小波变换进行重构，恢复出有效的信号。  阈值的选取，使用最常用的VisuShrink，采用全局统一阈值。  其中，=MAD/0.6745，MAD为首层小波分解系数绝对值的中间值，N为信号尺度或长度。  C:/Users/lenovo/AppData/Local/Temp/wps.RIvmdgwps  图18 小波阈值去噪流程图  **② 数据整理与呼吸周期切片**  由于数据库中收集的呼吸长度不同，为确保输入尺寸的一致性，在输入到网络之前，需要对呼吸音数据进行切片。根据统计一个周期持续约2.7s，并且每个切片中至少有两到三个完整的呼吸循环周期，所以本项目呼吸音数据的每个切片长度设置为9s。  **③ 卷积神经网络**  卷积神经网络（CNN）是一类包含卷积计算且具有深度结构的前馈神经网络，也是一种模拟人类视觉深层层次结构的深层神经网络，是最常用的深度学习结构。不同于传统机器学习进行分类识别的方法，CNN可以通过网络自身层次结构自动提取特征并分类，具有较好的鲁棒性。所以利用卷积神经网络对呼吸音数据进行分析时，不需要额外地进行特征提取，可以将预处理后的呼吸音数据直接作为图像输入到卷积神经网络中。所以本项目组选取卷积神经网络模型对呼吸音数据进行特征提取和分类识别。  由于我们所涉及的呼吸音数据是时间序列，因此可以构建一个一维CNN模型，并且我们将在该模型中加入卷积层、池化层、随机失活层、全连接层、分类层。其具体表述如下：  **1)卷积层（Conv）**  它的功能是对输入的呼吸音信号自动进行特征提取，一般由若干卷积核构成，其中卷积核的本质是一个权值矩阵，矩阵中的每个元素都对应权重系数和偏差量。在本项目中，初步选取卷积核的宽度为5，高度将与每个时间步中的数据点数相同。在进行卷积运算时，卷积核窗按照顺序滑动，纸质覆盖输入矩阵的所有区域，对原始输入信号做滑动卷积运算并输出特征映射，其中卷积运算公式为：    其中l表示当前层数，表示第l层第j个特征图，表示该卷积核的权重矩阵， 表示当前输出特征图的偏置，conv(·)表示卷积操作，f（·）表示激活函数。  由于我们输入的是1D信号所以我们构建一维卷积层（Conv1D）从输入数据中提取特征。  2)池化层（Pooling）  为提高神经网络的运算速度，使特征更加突出，则在卷积操作后加入池化层实现下采样。该层是模仿人的视觉系统对数据进行降维处理，其中预设的池化函数可以将输出特征图中每个独立点的结果替换为该点相邻区域的特征图统计量。本项目初步采用池化大小为的1D最大池化（MaxPooling1D）。  **3)随机失活层（Dropout）**  为了防止训练过程中的过拟合现象，则在神经网络模型中引入随机失活层，使训练过程中每次更新参数时按一定概率随机失活部分神经元。随机失活层工作示意图如图20所示，左侧为未设置随机失活的网络结构，右侧为将隐藏层中两个单元失活后的网络结构。因为每个节点都有可能被失活，因此每个节点的权重会被控制在某个范围内，神经网络不会偏向于某个特定的节点，减少隐藏层神经元之间的相互依赖关系，从而达到减轻网络的过拟合的目的。本项目的卷积操作过程中，随机失活率初步定为0.1。    图19 随机失活层工作示意图  **4)全连接层（Fully Connected layer）**  该层中所有的神经元与上一层的所有神经元逐一连接，将位于全连接层之前的卷积层或者池化层中提取到的具有区分度的局部信息整合起来，并将局部特征通过权值矩阵映射回样本标记空间。在本项目中，全连接层采用ReLU激活函数，中间使用dropout进行连接。  **5)分类层（Softmax）**  在分类层中本项目采用归一化指数函数（Softmax）作为激活函数，并使用Softmax函数根据不同特征的重要性及对最终分类结果准确性的影响程度等因素，通过特征加权求和得到每个类别的分数，再转化成落入不同类别的概率，最后选取概率值最大对应的一类作为结果输出。由于本项目需要识别3类呼吸音，所以将类别个数设置为3。  本项目的卷积神经网络模型图如图21所示，其中输入信号经过卷积操作、全连接层、分类层处理后，得到的CNN的分类结果以出现正常音（Normal rale，N）、干啰音（Dry rale，D）、湿啰音（Wet rale、W）三类识别标识出现。    图20 用于呼吸音辨识的卷积神经网络模型图  **(6) 呼吸音异常值的判断**  人体呼吸音频率大致分布在50Hz到3000Hz之间，而人耳所能感知的呼吸音频率范围在1000Hz到2000Hz之间。  干啰音，湿啰音作为本次项目的两个主要异常值声音，如何判断出两个异常值是智能辨识系统辨识呼吸音类别的关键所在。  干啰音被描述为低沉滞涩的声音，有时它们类似于打呼。它们一般随着咳嗽而消失，因为其通常是由于大呼吸道中的粘液阻塞或堆积引起的。干啰音具有正弦波形特征的低音调声音。持续时间通常高于100ms，频率含量低于300Hz。根据咳嗽持续时间的长短和频率大小，可以判断出干啰音。  湿啰音是呼吸音外的附加音，连续而短暂，一次常连续多个出现，于吸气时或吸气终末较为明显，有时也出现于呼气早期。持续时间通常90-320ms，频率含量高于400Hz。根据咳嗽持续时间的长短和频率大小，可以判断出湿啰音。  **2. 项目创新特色**    图21 项目创新特色  **2.1 无线传输听诊信息，无接触诊断病患**  目前临床上采用的听诊器以传统声学听诊器为主，其优点在于成本较低，操作简单，但在目前新冠疫情形式下，却暴露出许多不容忽视的局限性。最突出的问题是在听诊过程中，医生需近距离接触患者，特别是在当前新冠疫情形势下，增加了医护工作人员被感染的风险。本项目设计的数字听诊器通过无线传输方式将呼吸音信号传至医生佩戴的无线耳机中，很大程度上保证了医生的防疫安全。  **2.2 高精度降噪，选择性放大微弱信号**  在医生进行病患会诊的过程中，周围环境不一定绝对安静，导致医生实际测取呼吸音信号中不可避免地存在一些噪声，妨碍对有用信号的提取。本项目设计前端硬件部分通过滤波器、模数转换等技术的运用实现对采集到的重要生理信号、微弱信号的放大。后端采用小波阈值去噪的方法进行信号去噪处理，然后经过呼吸音周期切片后得到预处理后的信号，达到降噪而不削弱有效信息的效果。  **2.3 数据共享与备份 ，实现远程实时会诊**  目前医生使用最多，应用范围最广的听诊器是传统的声学听诊器，该类听诊器主要由听诊头、传导部分、听音部分组成。但传统声学听诊器存在灵敏度较低，无法实时保存和记录听诊音等问题。本产品通过MQTT协议接入云域网从而将设备采集到的呼吸音相关数据存储在云端，这样既实现了远程连接、远程监测的功能，同时也保证了数据的安全性和可用性。为偏远地区基层医疗卫生站等医疗水平较为落后的应用场所创造了实时会诊、多方会诊的可能。  **2.4 智能分析辅助诊断， 提高临床诊断效率**  在疫情形式严峻的背景下，医生在会诊过程中仍然以传统听诊器为主，传统的声学听诊器穿着防护服的医护人员不方便佩戴听诊器耳塞，会导致会诊效率低下甚至误诊的问题。而极少部分高端私立医院会利用一些电子设备辅助会诊，但大多也非听诊专用设备。这都一定程度上影响了会诊效率，本项目设计运用基于深度学习的卷积神经网络模型对呼吸音数据进行特征提取和分类识别，辨识出正常音、干啰音和湿啰音，辅助医务人员诊断，减轻医务工作量，提高临床诊断效率。  **2.5 建立呼吸数据库，助力学术研究**  听诊器作为医生最常用的医疗工具，是诊断心血管系统疾病、呼吸系统疾病的重要手段之一。但是传统听诊器不具备信息备份与存储功能，现有的电子听诊器也很少有利用采集的声音信息建立呼吸数据库。本产品通过基于采集到的呼吸音搭建呼吸音数据库，实现对呼吸音频的备份、分类、降噪、智能分析等一系列处理。为相关领域的研究人员提供丰富的研究样本，助力学术研究。  **3. 应用前景**  《“健康中国2030”规划纲要》表明“健康中国”已正式上升为国家发展战略，国务院印发《关于实施健康中国行动的意见》，则量化了15项具体要求，2019年出台了《健康中国行动（2019-2030）》等健康产业相关文件，围绕疾病预防和健康促进两大核心，对于健康产业持续给予政策支持。2014年到2020年，中国的大健康产业整体营收保持增长，大健康产业2018年产值已经超过5万亿元，2020年营收规模超过7万亿元，预计2021年将达8万亿元，增幅达8.1%。  近年来，随着群众对健康标准的不断提高一级互联网医疗技术的发展，早发现、早诊断、早治疗已成为提高全民健康质量的关键。2021年，互联网医疗加速发展，迎来新的风口。  本项目的智能数字听诊器针对的目标客户主要有三类用户群体:医院、医学院校和家庭，将采取多元化的市场营销策略，采取线上与线下相结合的销售手段，积极树立品牌，努力推进项目产品的销售增长。  对于医院，可应用完整的智能数字听诊器及其配套系统，包括听诊器“听头”部分和计算机辅助诊断软件，并可提供配套蓝牙耳机等。  对于医学院校，可应用听诊器“听头”部分及其配套蓝牙耳机，给医学院校的听诊器诊断教学提供教学仪器支持。  对于家庭，可应用听诊器“听头”部分，并提供手机应用程序进行呼吸音的智能分析，实现智能听诊，把医疗器械平民化、智能化。  **4. 潜在价值**  **(1) 积极相应国家政策，向“中国制造2025”看齐**  2018年4月28日，国务院办公厅正式发布《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》，强调医疗诊断与互联网技术、人工智能技术交叉融合，支持远程会诊，提高医疗服务效率。开展基于人工智能技术、医疗健康智能设备的移动医疗示范，实现个人健康实时监测与评估、疾病预警、慢病筛查、主动干预。本团队研发的基于数字听诊器的呼吸音智能辨识系统，积极响应国家政策的号召与指引，贯彻落实制造强国思想，为“中国制造2025”贡献力量。  **(2) 打破外国技术壁垒，提高抗疫会诊效率**  由于医疗行业本身的复杂性，智能医疗技术由于各国医疗发展水平在商业化进程中也呈现较大的差异。发达国家的先进医疗设备一直属于供不应求的状态，我国现有市场上也有相当一部分数字听诊器依赖进口，并且价格不菲。而在世界疫情形势的深刻影响下，医疗设备的输出以及大国博弈下对技术交流及设备流通的干扰都一定程度上削弱了我们对数字听诊器的采购。因此，研发并在全国范围内推广本产品对提高抗疫会诊效率，为数字听诊器的市场价格降温具有重要意义。  **三、预期成果**（创意设计作品及其设计报告的形式与要求）  1.完成满足项目计划要求的“基于数字听诊器的呼吸音智能辨识系统”的模型构建；  2.申请发明专利1~2项；  3.申请软件著作权1~2项；  4.建立1套包含1200份呼吸音的数据库。 | | | | | | | | | | |
| **四、指导教师推荐意见（必填）**  本项目面向疫情形势下如何缓解医务人员工作量和如何提高医务人员工作效率的临床现实问题，结合申请人自身专业优势，提出运用电子信息和人工智能技术，结合生物医学和智能医学的手段，实现呼吸音的采集、无线传输和智能辨识。项目组成员已初步完成前期调研工作和数据库清洗工作，实验方案可行，同意其申报。  指导教师签名 ：  2022 年 6 月 20 日 | | | | | | | | | | |
| **五、所在单位推荐意见（选填）**  单位盖章：  年 月 日 | | | | | | | | | | |
| **六、专家组评审意见**  专家组长签名 ：  年 月 日 | | | | | | | | |