



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110720946 A

(43)申请公布日 2020.01.24

(21)申请号 201910966906.1

(22)申请日 2019.10.12

(66)本国优先权数据

201910914305.6 2019.09.26 CN

(71)申请人 南通大学

地址 226000 江苏省南通市啬园路9号

(72)发明人 陈伟 徐晨 解刚才 吴辉群

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所  
(普通合伙) 32249

代理人 许洁

(51)Int.Cl.

A61B 7/04(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

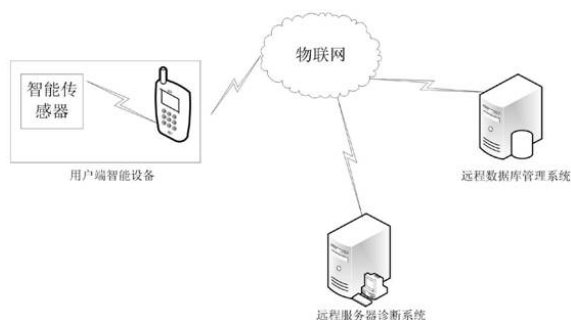
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

### (54)发明名称

一种基于深度学习的智能听诊系统

### (57)摘要

本发明公开了一种基于深度学习的智能听诊系统,包括用户端智能设备、远程数据库管理系统以及远程服务器诊断系统;用户端智能设备包括心音高灵敏度传感器,用户端高灵敏度传感器采集的生理数据通过蓝牙或者WIFI与用户端手机通信;用户端手机上设有智能诊断APP,包括通信模块、用户认证模块、信号智能判断模块、深度学习诊断模块;所述的远程数据库管理系统包括认证模块、心音数据模块,心音数据模块包括标准数据模块、用户数据模块;远程服务器诊断系统服务器上部署深度学习模型,深度学习模型包括训练模块、通信信令模块。本发明可高精度地预测心音是否异常,克服了现有智能听诊器诊断费用高,等待时间长的问题。



1. 一种基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:包括用户端智能设备、远程数据库管理系统以及远程服务器诊断系统;

所述的用户端智能设备包括心音高灵敏度传感器,用户端高灵敏度传感器采集的生理数据通过蓝牙或者WIFI与用户端手机通信;用户端手机上设有智能诊断APP,智能诊断APP的功能包括蓝牙通信模块、WIFI通信模块、用户信息模块、信号智能判断模块、深度学习诊断模块;所述的远程数据库管理系统包括认证模块、通信模块和心音数据模块,心音数据模块包括标准数据模块、用户信息管理模块;

所述的远程服务器诊断系统服务器上部署深度学习模型,深度学习模型包括训练模块、通信信令模块。

2. 根据权利要求1所述的基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:所述的心音高灵敏度传感器拾取人体心音信号并通过蓝牙或者WIFI上传到用户端手机,由用户端手机上的智能诊断APP进行本地分析诊断。

3. 根据权利要求1所述的基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:所述的蓝牙通信模块通过手机蓝牙协议栈及蓝牙硬件与高精度传感器的蓝牙芯片进行通信,将传感器采集的心音数据传送到用户端手机中。

4. 根据权利要求1所述的基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:所述的WIFI通信模块将本地的用户信息及采集的用户心音数据上传到远程数据库管理系统,同时负责与远程服务器诊断系统通信用以更新用户端手机上的智能诊断APP。

5. 根据权利要求1所述的基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:所述的用户信息模块记录用户的年龄、性别、身体状况、有无高血压家族等信息。

6. 根据权利要求1所述的基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:所述的信号智能判断模块、深度学习诊断模块对采集的心音数据进行识别处理分析,给出诊断结果,并把每次诊断结果上传到远程数据库管理系统。

7. 根据权利要求1所述的基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:所述的深度学习诊断模块中的深度学习算法能够高精度的诊断用户心音数据是否异常,利用深度学习模型预测心音的疾病种类。

8. 根据权利要求1所述的基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:所述的远程数据库管理系统选用MySQL作为数据库管理系统,架设于远程数据服务器中;远程数据库管理系统包括认证模块、通信模块和心音数据模块,心音数据模块包括标准数据模块、用户信息管理模块;所述的认证模块负责用户和管理人员身份识别密码验证功能,通过管理员认证的用户可以获取用户信息和相应的心肺音数据;所述的通信模块主要负责通过互联网与智能手机、远程服务器诊断系统进行通信;所述的用户信息管理模块记录用户的年龄、性别、身体状况、有无高血压家族信息;所述的标准数据模块负责管理用于训练深度学习的训练数据,训练数据包括公开的已标注的心音数据和专家标注的用户数据。

9. 根据权利要求1所述的基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:所述的用户端高灵敏度传感器利用高灵敏度声电传感器,能最大限度抑制背景噪声,提高信噪比,负责将人体的心音音频信号换成电信号,该信号经过A/D转换成数字音频,A/D转换器的采样频率设为2000Hz;然后经带通Butterworth滤波器(25-900Hz)抑制掉噪音及干扰信号,经放大电路放大后供多通道声音编码器编码成wav格式的数字音频,最后将wav格式的数字音频通过无

线通信电路发送到用户端智能手机上。

## 一种基于深度学习的智能听诊系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于医用诊断领域,具体涉及一种基于深度学习的智能听诊系统。

### 背景技术

[0002] 随着电子技术的发展,市面上出现了各式各样的数字听诊器,但是这些听诊器也只是对生理的信号简单采集、记录、放大以及处理分析。然而智能听诊器产品稀缺,国内市场目前只有成都萝卜科技公司研发的“Lobob萝卜 智能听诊器”以及长虹公司生产的“九心格电子听诊器”。这两种产品的“智能诊断”借助互联网将本地的生理音频数据上传到云端服务器,然后由在线的医生诊断,最终将诊断结果通过网络反馈给用户。这种智能听诊器有以下缺点:首先,当网络较差或者云端访问量增大的情况下会造成较大的延时,使得用户体验大大降低。其次,基于服务器端诊断的智能听诊器,将本地采集的心音数据发送到云端服务器由在线的医生听诊,在线回答,诊断的结果取决于在线医生的诊断水平,而在线医生资质、临床工作经验无法证实因此诊断结果可信度不高;最后,在线问诊收费高,给用户带来巨大的经济成本。

### 发明内容

[0003] 发明目的:有鉴于此,本公开提出了一种基于深度学习的智能听诊系统,能够实现本地对用户生理心音的实时智能诊断。

[0004] 技术方案:为实现上述目的,本发明的一个实施例所采取的技术方案是:

[0005] 基于深度学习的智能听诊系统,其特征在于:包括用户端智能设备、远程数据库管理系统以及远程服务器诊断系统;

[0006] 所述的用户端智能设备包括心音高灵敏度传感器,用户端高灵敏度传感器采集的生理数据通过蓝牙或者WIFI与用户端手机通信;用户端手机上设有智能诊断APP,智能诊断APP的功能包括蓝牙通信模块、WIFI通信模块、用户信息模块、信号智能判断模块、深度学习诊断模块;所述的远程数据库管理系统包括认证模块和通信模块、心音数据模块,心音数据模块包括标准数据模块、用户信息管理模块;

[0007] 所述的远程服务器诊断系统服务器上部署深度学习模型,深度学习模型包括训练模块、通信信令模块。

[0008] 作为优化:所述的心音高灵敏度传感器拾取人体心音信号并通过蓝牙或者WIFI上传到用户端手机,由用户端手机上的智能诊断APP进行本地分析诊断。

[0009] 作为优化:所述的蓝牙通信模块通过手机蓝牙协议栈及蓝牙硬件与高精度传感器的蓝牙芯片进行通信,将传感器采集的心音数据传送到用户端手机中。

[0010] 作为优化:所述的WIFI通信模块将本地的用户信息及采集的用户心音数据上传到远程数据库管理系统,同时负责与远程服务器诊断系统通信用以更新用户端手机上的智能诊断APP。

[0011] 作为优化:所述的用户信息模块记录用户的年龄、性别、身体状况、有无高血压家

族等信息。

[0012] 作为优化:所述的信号智能判断模块、深度学习诊断模块对采集的心音数据进行识别处理分析,给出诊断结果,并把每次诊断结果上传到远程数据库管理系统。

[0013] 作为优化:所述的深度学习诊断模块中的深度学习算法能够高精度的诊断用户心音数据是否异常,利用深度学习模型预测心音的疾病种类。

[0014] 作为优化:所述的远程数据库管理系统选用MySQL作为数据库管理系统,架设于远程数据服务器中;远程数据库管理系统包括认证模块、通信模块和心音数据模块,心音数据模块包括标准数据模块、用户信息管理模块;所述的认证模块负责用户和管理人员身份识别密码验证功能,通过管理员认证的用户可以获取用户信息和相应的心肺音数据;所述的通信模块主要负责通过互联网与智能手机、远程服务器诊断系统进行通信;所述的用户信息管理模块记录用户的年龄、性别、身体状况、有无高血压家族信息;所述的标准数据模块负责管理用于训练深度学习的训练数据,训练数据包括公开的已标注的心音数据和专家标注的用户数据。

[0015] 作为优化:所述的用户端高灵敏度传感器利用高灵敏度声电传感器,能最大限度抑制背景噪声,提高信噪比,负责将人体的心音音频信号换成电信号,该信号经过A/D转换成数字音频,A/D转换器的采样频率设为2000Hz;然后经带通Butterworth滤波器(25-900Hz)抑制掉噪音及干扰信号,经放大电路放大后供多通道声音编码器编码成wav格式的数字音频,最后将wav格式的数字音频通过无线通信电路发送到用户端智能手机上。

[0016] 有益效果:本发明的系统产生的有益效果为:

[0017] 1.本发明利用用户端智能设备将用户的生理数据如:心音的信号经数字化后通过蓝牙传送给用户智能手机。手机端APP集成高精度深度学习模型在客户端预测其疾病类型,为用户提供辅助诊断,极大地方便了用户。

[0018] 2.本发明的手机端APP将用户心音数据及用户信息上传到云端数据库,为临床提供丰富有价值的心音数据。

[0019] 3.本发明的远程服务器诊断系统定期利用云端数据库中有价值的数据对深度学习模型再训练以提高模型诊断的准确性,通过其通信模块更新用户端APP。

## 附图说明

[0020] 图1为本发明的一种基于深度学习的智能听诊系统的一个实施例的示意图;

[0021] 图2为本发明的用户端智能设备APP的一个实施例的示意图;

[0022] 图3为本发明的用以训练深度学习模型的MFSC特征图提取的一个实施例的示意图;

[0023] 图4为本发明的基于深度学习的心肺音诊断过程的一个实施例的示意图;

[0024] 图5为本发明的深度学习模型在训练集上的正确率的示意图;

[0025] 图6为本发明的深度学习模型在验证集上的正确率的示意图。

## 具体实施方式

[0026] 下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,以使本领域的技术人员能够更好的理解本发明的优点和特征,从而对本发明的保护范围做出更为清楚的界

定。本发明所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例，基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0027] 实施例

[0028] 如图1所示，本发明的一个实施例中，一种基于深度学习的智能听诊系统包括用户端智能设备、远程数据库管理系统以及远程服务器诊断系统。

[0029] 本发明的用户端智能设备包括心音高灵敏度传感器，用户端高灵敏度传感器采集的生理数据通过蓝牙或者WIFI与用户端手机通信；用户端手机上设有智能诊断APP，此APP功能包括通信（蓝牙和WIFI）模块、用户信息模块、信号智能判断模块。

[0030] 蓝牙通信模块主要负责通过手机蓝牙协议栈及蓝牙硬件与高精度传感器的蓝牙芯片进行通信，将传感器采集的心音数据传送到智能手机中。WIFI通信模块负责将本地的用户信息及采集的用户心音数据上传到远程数据库管理系统，同时负责与远程服务器诊断系统通信以更新用户端APP。用户信息模块记录用户的年龄、性别、身体状况、有无高血压家族等信息。信号智能判断模块主要完成对采集的心音数据处理分析，利用深度学习模型预测心音的疾病种类并将诊断结果在APP端显示并上传到远程数据库管理系统。

[0031] 本发明的一个实施例中远程数据库管理系统，选用MySQL作为数据库管理系统，架设于远程数据服务器中。远程数据库管理系统包括认证模块、通信模块、用户信息管理模块、训练数据模块。认证模块主要负责用户和管理人员身份识别密码验证等功能，通过管理员认证的用户可以获取用户信息和相应的心肺音数据。通信模块主要负责通过互联网与智能手机、远程服务器诊断系统进行通信。用户信息管理模块记录用户的年龄、性别、身体状况、有无高血压家族等信息。训练数据模块主要负责管理用于训练深度学习的训练数据，这部分数据包括公开的已标注的心音数据和专家标注的用户数据。

[0032] 参考图2，本发明的一个实施例中，用户端智能设备包括心音高灵敏度传感器，用户端手机上设有智能诊断APP，此APP功能包括通信（蓝牙和WIFI）模块、心音信号显示模块、用户端界面模块、信号智能判断模块、深度学习诊断模块；

[0033] 用户端高灵敏度传感器利用高灵敏度声电传感器，能最大限度抑制背景噪声，提高信噪比。负责将人体的心音音频信号换成电信号，该信号经过A/D转换成数字音频，A/D转换器的采样频率设为2000Hz。然后经带通Butterworth滤波器（25-900Hz）抑制掉噪声及干扰信号，经放大电路放大后供多通道声音编码器编码成wav格式的数字音频，最后将wav格式的数字音频通过无线通信电路发送到用户端智能手机上。

[0034] 通过采集的生理数据通过蓝牙或者WIFI与用户端手机通信；用户端手机上设有智能诊断APP，此APP功能包括通信（蓝牙和WIFI）模块、心音信号显示模块、用户端界面模块、信号智能判断模块、深度学习诊断模块；

[0035] 参考图3，本发明的一个实施例中，所述步骤MFSC提取过程具体为如下：

[0036] 第一步对每段心音数据进行分帧、加窗处理，其中窗函数选择汉明窗其函

[0037] 数如下：

$$[0038] \quad h(n,a) = (1-a) - a \times \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad 0 \leq n \leq N-1$$

[0039] 根据实验经验取a值为0.46，N为窗长设为78即39ms。

[0040] 第二步对分帧、加窗后的每一帧信号做离散(DFT)得到每一帧的频谱。

[0041] 第三步对上一步的结果取绝对值并进行平方可得到每一帧信号的功率谱。

[0042] 第四步,将每一帧功率谱估计的结果经一组有64个(64经反复实验得到的使模型训练达到最大精确度的数值)三角形滤波器组成的Mel滤波器组进行处理,分别和每个滤波器进行加权求和从而获得64个特征能量数值。

[0043] 第五步,对这64个特征值取对数,得到Mel滤波器对数能量称之为MFSC特征。

[0044] 第六步,计算MFSC对应于该特征序列的delta特征,即 $\Delta$ MFSC,对 $\Delta$ MFSC在时序上再进行一次傅里叶变换,就可得到对应于 $\Delta$ MFSC特征的 $\Delta\Delta$ MFSC特征。最后,将MFSC、 $\Delta$ MFSC及 $\Delta\Delta$ MFSC对应于图像RGB通道组合成RGB三通道图像。

[0045] 参考图4,本发明的一个实施例中,心音诊断模块由Python语言编写,用于实现心音的诊断工作。同时,根据远程数据库管理系统中的训练数据定期训练模型以确保模型的预测准确率。最后将训练后的模型通过通信模块更新用户端APP。

[0046] 心音分类模块能够精确的预测正常和异常心音数据,设计的模型利用公开的深度学习模型Inception-Resnetv2。本发明的一个实施例中,所述深度学习训练过程具体如下:

[0047] 选择TensorFlow作为深度学习训练平台。利用Inception-ResnetV2网络作为心音正常与异常分类的训练模型。训练模型所用的数据来自步骤MFSC提取的特征图片,其中部分超参数设置如下:Learning rate:Multistep,Droupout:0.8,Regularization type:L2,Weight update:Adam.

[0048] 用于训练模型的数据包括正常和异常心音。训练的数据分别来自远程数据库管理系统中的公开的数据集和专业的临床医生标注的数据。

[0049] 将训练的数据集分为两类并进行以下处理:

[0050] 1.对每段音频数据进行下采样采样频率为2000Hz;

[0051] 2.将采样后的音频进行MFSC变换得到音频的二维特征图;

[0052] 3.将MFSC二维特征图及对应的标签输入到深度学习模型进行训练,得到训练好的.pb模型;

[0053] 4.利用TensorFlow转换工具TensorFlow Lite将.pb模型转换为.tflite模型;

[0054] 5.在Android Studio开发环境中将模型文件.tflite以及数据标签文件复制到assets文件夹下;

[0055] 6.构建App,通过以上软硬件环境训练的模型,对本地的心音数据进行训练。其中心音信号以wav格式存放(正常心音3216个,异常心音1028个)。按照MFSC提取过程将wav格式的心音转换成二维图片其中正常心音MFSC特征图13504张,异常心音MFSC特征图4105张。将其用于深度学习模型训练,其正确率如图5-6所示,在训练集及验证集上的正确率分别达到了94.6%和99.5%。因此基于深度学习模型的心音听诊系统可以达到较高的诊断正确率。

[0056] 本发明利用用户端智能设备将用户的生理数据如:心音的信号经数字化后通过蓝牙传送给用户智能手机。手机端APP集成高精度深度学习模型在客户端预测其疾病类型,为用户提供辅助诊断,极大地方便了用户。本发明的手机端APP将用户心音数据及用户信息上传到云端数据库,为临床提供丰富有价值的心音数据。本发明的远程服务器诊断系统定期

利用云端数据库中有价值的数据对深度学习模型再训练以提高模型诊断的准确性,通过其通信模块更新用户端APP。





图1

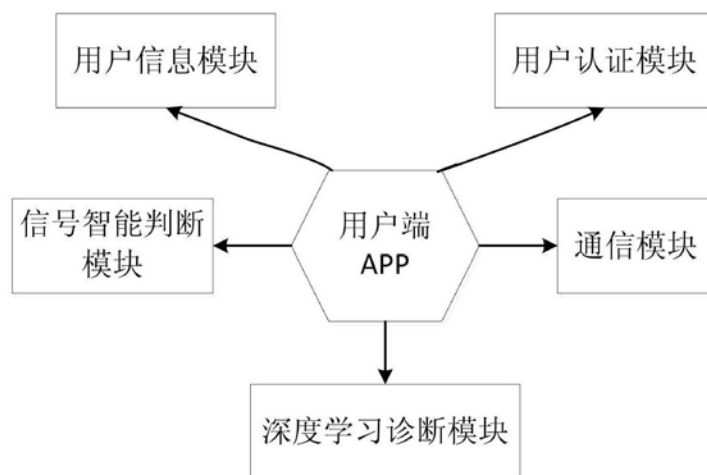


图2

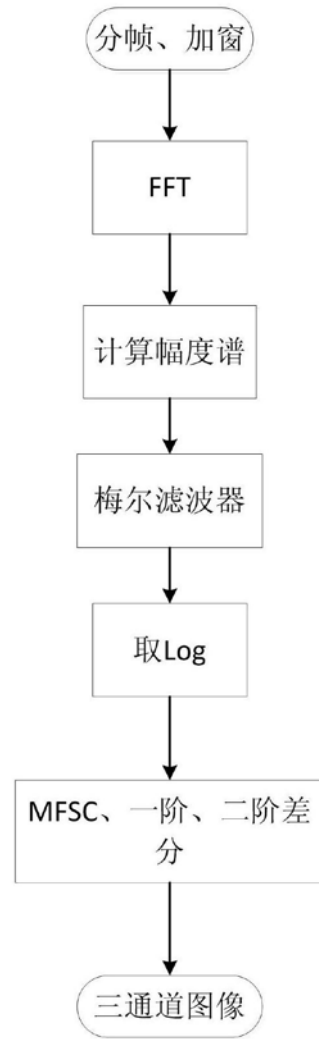


图3

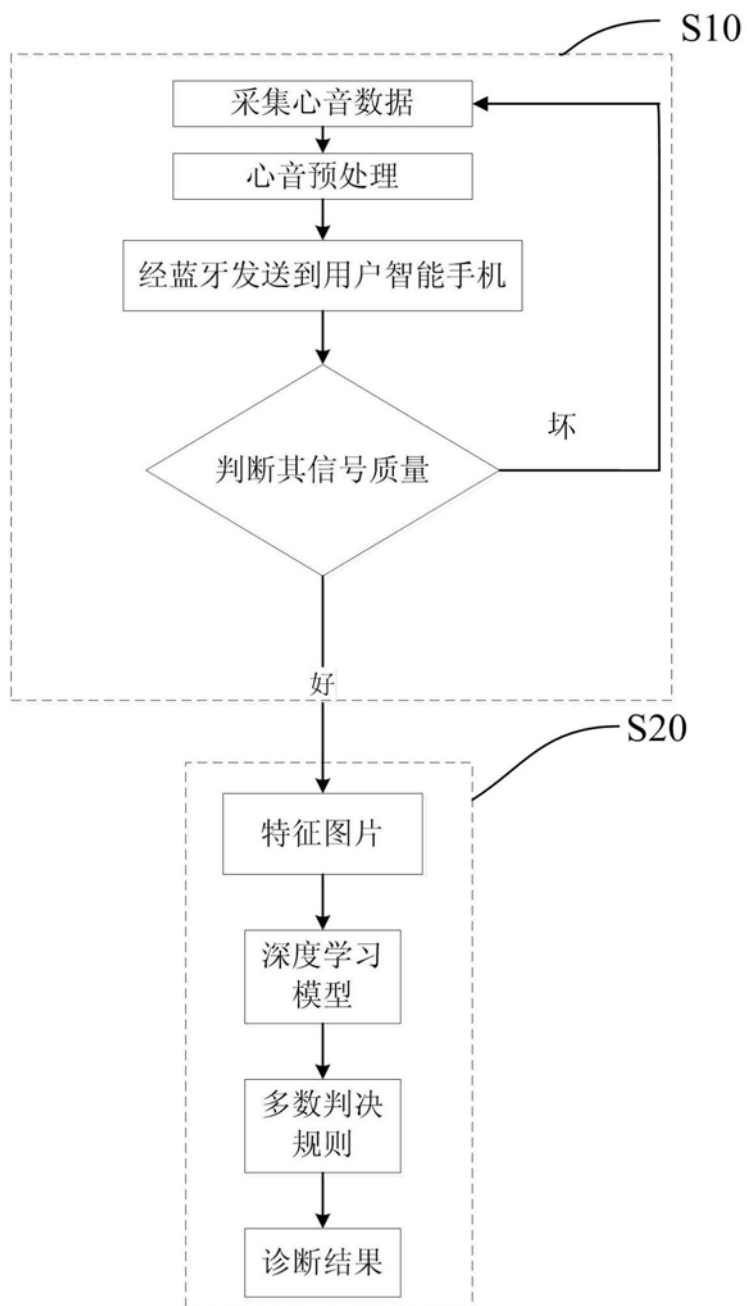


图4

train/accuracy

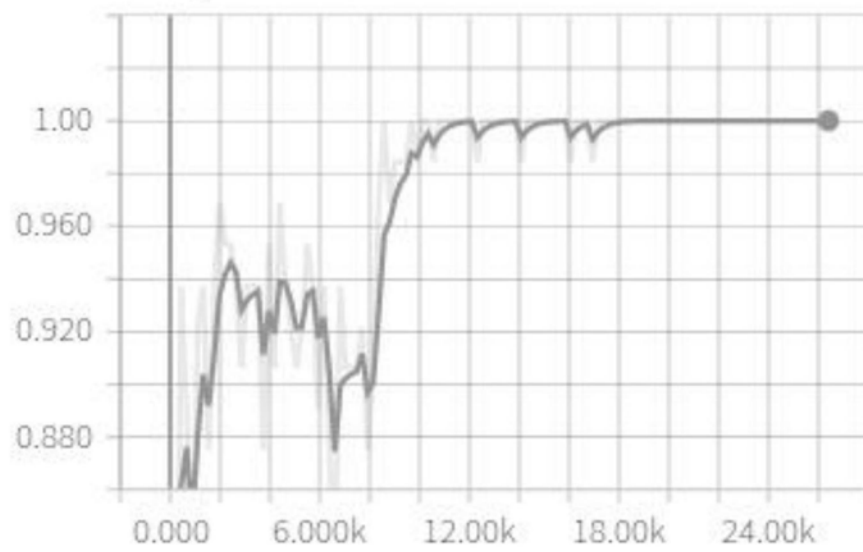


图5

val\_accuracy

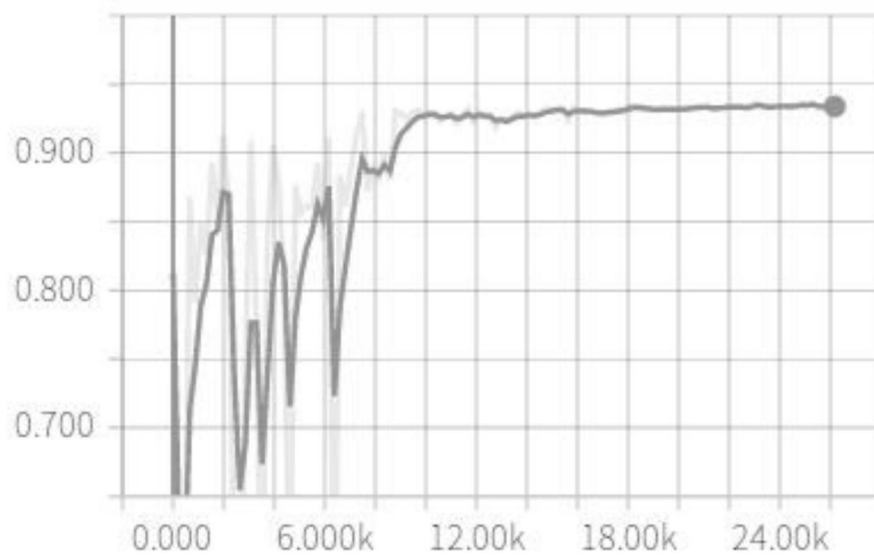


图6

专利名称(译)	一种基于深度学习的智能听诊系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110720946A</a>	公开(公告)日	2020-01-24
申请号	CN201910966906.1	申请日	2019-10-12
[标]申请(专利权)人(译)	南通大学		
申请(专利权)人(译)	南通大学		
当前申请(专利权)人(译)	南通大学		
[标]发明人	陈伟 徐晨 吴辉群		
发明人	陈伟 徐晨 解刚才 吴辉群		
IPC分类号	A61B7/04 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/7267 A61B5/7465 A61B7/04		
代理人(译)	许洁		
优先权	201910914305.6 2019-09-26 CN		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明公开了一种基于深度学习的智能听诊系统，包括用户端智能设备、远程数据库管理系统以及远程服务器诊断系统；用户端智能设备包括心音高灵敏度传感器，用户端高灵敏度传感器采集的生理数据通过蓝牙或者WIFI与用户端手机通信；用户端手机上设有智能诊断APP，包括通信模块、用户认证模块、信号智能判断模块、深度学习诊断模块；所述的远程数据库管理系统包括认证模块、心音数据模块，心音数据模块包括标准数据模块、用户数据模块；远程服务器诊断系统服务器上部署深度学习模型，深度学习模型包括训练模块、通信指令模块。本发明可高精度地预测心音是否异常，克服了现有智能听诊器诊断费用高，等待时间长的问题。

