



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107103182 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(21)申请号 201710192271.5

(22)申请日 2017.03.28

(71)申请人 南京医科大学

地址 210029 江苏省南京市江宁区龙眠大道101号

(72)发明人 吴小玲 李修寒 竺明月 张可
王伟 杨悦 韩佳薇(74)专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 高娇阳

(51)Int.Cl.

G06F 19/00(2011.01)

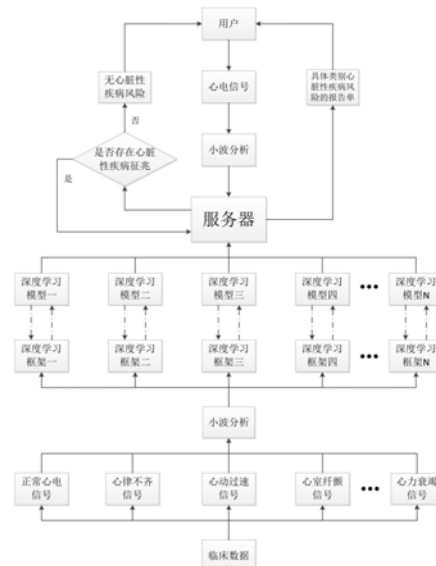
权利要求书3页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险
预警系统及方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统及方法,其前期准备:临床上获取正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,将信号进行分段,并利用小波分析算法提取信号频率节律信息,并将获取到的频率节律信息分类送入深度学习框架进行训练,得到各类训练完的深度学习模型。后期运用:用户佩戴可进行数据传输的心电采集装置,将采集到的心电信号上传到服务器,服务器提取信号频率节律信息并将频率节律信息首先送入到训练完的正常心电频率节律的深度学习模型进行判别,若存在心脏性疾病的征兆,将心电频率节律信息依次送入到训练好的各类心脏性疾病的深度学习模型中进行刷选评价,返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单。



1. 一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统,其特征在于,包括临床、深度学习框架一至N、深度学习模型一至N、服务器、心电采集装置;

临床上获取正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,将信号分割成每段10秒的心电信号,并利用小波分析算法提取信号频率节律信息,并将获取到的频率节律信息分类送入深度学习框架一至N进行训练,相应的得到各类训练完的深度学习模型一至N,并存储于服务器中,其中 $N \geq 4$;

用户佩戴可进行数据传输的心电采集装置,将采集到的心电信号通过移动通讯网络或者Wifi上传到服务器,服务器将采集到的原始心电数据利用小波分析算法提取信号频率节律信息,原始心电信号及频率节律信息均存储于服务器中;

服务器中存有训练完成后的深度学习模型一,并具有信息交互的功能,将频率节律信息首先送入到训练完的正常心电频率节律的深度学习模型一进行判别,判断是否存在心脏性疾病的征兆;

服务器中存有训练完成后的深度学习模型二至N,并具有信息交互的功能,若存在心脏性疾病的征兆,将心电频率节律信息依次送入到训练好的各类心脏性疾病的深度学习模型中,返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单,指导用户及时就医;

服务器存储的深度学习模型一至N具有再训练的功能,每隔一段时间,对收集到的心电数据送入深度学习模型进行再训练。

2. 根据权利要求1所述的一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统,其特征在于,所述将正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,分割成每段10秒的心电信号,具体为采用滑动时间窗的方法将信号数据进行分段,滑动时间窗长度为10秒,滑动步长为2.5秒。

3. 根据权利要求1所述的一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统,其特征在于,所述利用小波分析算法提取心电信号频率节律信息,具体为使用Daubechies正交小波基,对采集到的心电信号进行多尺度分解,实现对心电频率节律的提取。

4. 根据权利要求1所述的一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统,其特征在于,所述将获取到的正常心电信号及各类心脏性疾病心电信号的频率节律信息送入深度学习框架进行训练,深度学习框架采用TensorFlow,得到训练完的深度学习模型一至N,具体为:

1) 将采集并进行小波分析得到的正常心电信号及各类心脏性疾病心电信号的频率节律信号作为训练数据存储于服务器中;

2) 前向传播,将心电数据直接输入网络的第1层即输入层,经过中间各隐层,逐层变换,逐层映射,直到输出层;第1层的第j个特征矩阵 $X_{1,j}$ 如式(1)所示:

$$X_{l,j} = f(\sum_{i \in M_j} X_{l-1,i} \times w_{l,i,j} + b_{l,j}) \quad (1)$$

式中: M_j 表示作为输入的前一层特征矩阵 $X_{l-1,j}$ 集合, $b_{l,j}$ 表示特征矩阵 $X_{l,j}$ 的偏置, $w_{l,j}$ 表示特征矩阵 $X_{l,j}$ 的一个权值;

3) 反向传播,用有标签的心电数据,进一步对整个多层网络模型的参数进行有监督调优,即在反向传播学习过程中进行权值 $w_{l,j}$ 更新;

4) 得到训练完成后深度训练模型一至N,作为心电特征信号识别判断的依据存储于服

务器中。

5. 根据权利要求1所述的一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统,其特征就在于,所述心脏性疾病征兆有无的判别,服务器中已存储有训练完成后的深度学习模型一,利用深度学习模型一具有的信号分类功能,对心电频率节律信息进行判别,分类的结果分为两类。一类是无心脏性疾病患病征兆,另一类是有心脏性疾病患病征兆;

当初步判断为有心脏性疾病患病征兆时,服务器将心电频率节律信息从存储单元中读取出来,送入到深度学习模型二至N进行筛选评价,返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单,指导用户及时就医。

6. 一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警方法,其特征就在于,包括以下步骤:

步骤一,临床上获取正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,将信号分割成每段10秒的心电信号,并利用小波分析算法提取信号频率节律信息,并将获取到的频率节律信息分类送入深度学习框架一至N进行训练,相应的得到各类训练完的深度学习模型一至N,并存储于服务器中,其中 $N \geq 4$;

步骤二,用户佩戴可进行数据传输的心电采集装置,将采集到的心电信号通过移动通讯网络或者Wifi上传到服务器,服务器将采集到的原始心电数据利用小波分析算法提取信号频率节律信息,原始心电信号及频率节律信息均存储于服务器中;

步骤三,服务器中存有训练完成后的深度学习模型一,并具有信息交互的功能,将频率节律信息首先送入到训练完的正常心电频率节律的深度学习模型一进行判别,判断是否存在心脏性疾病的征兆;

步骤四,服务器中存有训练完成后的深度学习模型二至N,并具有信息交互的功能,若存在心脏性疾病的征兆,将心电频率节律信息依次送入到训练好的各类心脏性疾病的深度学习模型中,返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单,指导用户及时就医;

步骤五,服务器存储的深度学习模型一至N具有再训练的功能,每隔一段时间,对收集到的心电数据送入深度学习模型进行再训练。

7. 根据权利要求1所述的一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警方法,其特征就在于,步骤一所述将正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,分割成每段10秒的心电信号,具体为采用滑动时间窗的方法将信号数据进行分段,滑动时间窗长度为10秒,滑动步长为2.5秒。

8. 根据权利要求1所述的一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警方法,其特征就在于,步骤一所述利用小波分析算法提取心电信号频率节律信息,具体为使用Daubechies正交小波基,对采集到的心电信号进行多尺度分解,实现对心电频率节律的提取。

9. 根据权利要求1所述的一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警方法,其特征就在于,步骤一所述将获取到的正常心电信号及各类心脏性疾病心电信号的频率节律信息送入深度学习框架进行训练,深度学习框架采用TensorFlow,得到训练完的深度学习模型一至N,具体为:

1) 将采集并进行小波分析得到的正常心电信号及各类心脏性疾病心电信号的频率节律信号作为训练数据存储于服务器中;

2) 前向传播,将心电数据直接输入网络的第1层即输入层,经过中间各隐层,逐层变换,逐层映射,直到输出层;第1层的第j个特征矩阵 $X_{1,j}$ 如式(1)所示:

$$X_{l,j} = f(\sum_{i \in M_j} X_{l-1,i} \times w_{l,i,j} + b_{l,j}) \quad (1)$$

式中： M_j 表示作为输入的前一层特征矩阵 $X_{l-1,j}$ 集合， $b_{l,j}$ 表示特征矩阵 $X_{l,j}$ 的偏置， $w_{l,i,j}$ 表示特征矩阵 $X_{l,j}$ 的一个权值；

3) 反向传播，用有标签的心电数据，进一步对整个多层网络模型的参数进行有监督调优，即在反向传播学习过程中进行权值 $w_{l,i,j}$ 更新；

4) 得到训练完成后深度训练模型一至N，作为心电特征信号识别判断的依据存储于服务器中。

10. 根据权利要求1所述的一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警方法，其特征在于，所述心脏性疾病征兆有无的判别，服务器中已存储有训练完成后的深度学习模型一，利用深度学习模型一具有的信号分类功能，对心电频率节律信息进行判别，分类的结果分为两类。一类是无心脏性疾病患病征兆，另一类是有心脏性疾病患病征兆；

当初步判断为有心脏性疾病患病征兆时，服务器将心电频率节律信息从存储单元中读取出来，送入到深度学习模型二至N进行筛选评价，返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单，指导用户及时就医。

一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及心脏性疾病风险预警系统及方法,尤其涉及一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统及方法。

背景技术

[0002] 心脏作为全身血液工作的重要器官,对于我们身体状态的维持有重要的作用。人体心脏的活动过程可以在体表以电流的方式反映出来,采用一定的检测仪器将这种心电信号记录下来即为心电图(electrocardiogram,ECG)。医院普通的心电检查仅能纪录受检者处于静态的且为时甚短的心电信号,这种检查不易发现隐藏着的心脏性疾病,因此,长时心电监护成为发现隐藏着的心脏性疾病的重要手段。

[0003] 长时心电监护带来巨大的心电数据量,由于医院的资源有限,无法做到对众多可疑的心脏病人或用户同时实行有效的监护,因此,利用相关算法进行心电数据分析,对用户进行心脏性疾病风险性预警,可大大节约社会资源,从而达到保健和预防疾病的目的。

[0004] 心脏性疾病的风险预警在于对心电信号实时分析识别,传统的识别算法在对特征提取的过程中往往需要人为设计,易发生漏检、误判等常见弊病。深度学习与传统模式识别方法的最大不同在于它是从大数据中自动学习特征,而非采用手工设计的特征。深度学习能够非常有效地从大量有标签数据中深度提取数据的特征信息,充分挖掘数据的内在属性和有价值的表征数据,然后组合低层特征为更加抽象的高层特征,而高级特征则是数据更高级、更本质的描述,由此可以在分类问题上得到更优的结果。

[0005] 中国专利申请201510522644.1提出了“一种实时心脏监控、报警及救援系统及方法”,算法的好坏是该系统实现监控、报警及救援的决定性因素。虽然该系统及方法具有完整系统流程,但在具体实施算法—智能专家算法上存在较大的不足。具体为:一是知识获取困难,人类专家不能明确的将他所用到的规则罗列出来,也很难确切的表达出他们用到的真正有效的知识,从而导致系统预警的不准确;二是专家系统是基于规则的系统,不具备记忆功能,且无法记忆本身的错误,因此注定在今后要犯同样的错误,从而导致系统预警效率的低下、人工维护成本高;三是专家系统不是鲁棒系统,如果专家系统对于一个问题找不到任何匹配的规则,系统无法给出任何结论,从而导致系统预警的不稳定性。

[0006] 综上所述,如何克服现有技术的不足已成为心脏性疾病风险预警技术领域亟待解决的重大难题之一。

发明内容

[0007] 本发明针对现有心脏性疾病预警方法中存在的虚警率高、效率低以及稳定性差的缺陷,提出了一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统及方法。

[0008] 本发明公开了一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统,包括临床、深度学习框架一至N、深度学习模型一至N、服务器、心电采集装置;

[0009] 临床上获取正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,将信号分割成每段10秒

的心电信号,并利用小波分析算法提取信号频率节律信息,并将获取到的频率节律信息分类送入深度学习框架一至N进行训练,相应的得到各类训练完的深度学习模型一至N,并存储于服务器中,其中 $N \geq 4$;

[0010] 用户佩戴可进行数据传输的心电采集装置,将采集到的心电信号通过移动通讯网络或者Wifi上传到服务器,服务器将采集到的原始心电数据利用小波分析算法提取信号频率节律信息,原始心电信号及频率节律信息均存储于服务器中;

[0011] 服务器中存有训练完成后的深度学习模型一,并具有信息交互的功能,将频率节律信息首先送入到训练完的正常心电频率节律的深度学习模型一进行判别,判断是否存在心脏性疾病的征兆;

[0012] 服务器中存有训练完成后的深度学习模型二至N,并具有信息交互的功能,若存在心脏性疾病的征兆,将心电频率节律信息依次送入到训练好的各类心脏性疾病的深度学习模型中,返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单,指导用户及时就医;

[0013] 服务器存储的深度学习模型一至N具有再训练的功能,每隔一段时间,对收集到的心电数据送入深度学习模型进行再训练。

[0014] 本发明公开了一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统及方法,包括以下步骤:

[0015] 步骤一,临床上获取正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,将信号分割成每段10秒的心电信号,并利用小波分析算法提取信号频率节律信息,并将获取到的频率节律信息分类送入深度学习框架一至N($N \geq 4$)进行训练,相应的得到各类训练完的深度学习模型一至N.并存储于服务器中。

[0016] 步骤二,用户佩戴可进行数据传输的心电采集装置,将采集到的心电信号通过移动通讯网络或者Wifi上传到服务器,服务器将采集到的原始心电数据利用小波分析算法提取信号频率节律信息.原始心电信号及频率节律信息均存储于服务器中。

[0017] 步骤三,服务器中存有训练完成后的深度学习模型一,并具有信息交互的功能.将频率节律信息首先送入到训练完的正常心电频率节律的深度学习模型一进行判别,判断是否存在心脏性疾病的征兆。

[0018] 步骤四,服务器中存有训练完成后的深度学习模型二至N,并具有信息交互的功能.若存在心脏性疾病的征兆,将心电频率节律信息依次送入到训练好的各类心脏性疾病(心律不齐、心动过速、心室纤颤等)的深度学习模型中进行筛选评价,返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单,指导用户及时就医。

[0019] 步骤五,服务器存储的深度学习模型一至N具有再训练的功能,每隔一段时间,对收集到的心电数据送入深度学习模型进行再训练,不断提高心电分类诊断的准确性。

[0020] 本发明中,步骤一所述将正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,分割成每段10秒的心电信号,具体为采用滑动时间窗的方法将信号数据进行分段,滑动时间窗长度为10秒,滑动步长为2.5秒。(滑动步长小于滑动时间窗长度一方面可以防止数据间不连贯性,另一方面可以增加数据段样本量。)

[0021] 本发明中,步骤一所述利用小波分析算法提取心电信号频率节律信息,具体为使用Daubechies正交小波基,对采集到的心电信号进行多尺度分解,实现对心电频率节律(0~4Hz、4~8Hz、8~16Hz、16~32Hz、32~64Hz、64~128Hz)的提取。

[0022] 本发明中,步骤一所述将获取到的正常心电信号及各类心脏性疾病心电信号的频率节律信息送入深度学习框架进行训练,深度学习框架采用TensorFlow,得到训练完的深度学习模型一至N,具体为:

[0023] 1) 将采集并进行小波分析得到的正常心电信号及各类心脏性疾病心电信号的频率节律信号作为训练数据存储于服务器中;

[0024] 2) 前向传播,将心电数据直接输入网络的第1层即输入层,经过中间各隐层,逐层变换,逐层映射,直到输出层;第1层的第j个特征矩阵 $X_{1,j}$ 如式(1)所示:

$$[0025] \quad X_{l,j} = f(\sum_{i \in M_j} X_{l-1,i} \times w_{l,i,j} + b_{l,j}) \quad (1)$$

[0026] 式中: M_j 表示作为输入的前一层特征矩阵 $X_{l-1,j}$ 集合, $b_{l,j}$ 表示特征矩阵 $X_{l,j}$ 的偏置, $w_{l,j}$ 表示特征矩阵 $X_{l,j}$ 的一个权值。

[0027] 3) 反向传播,用有标签的心电数据(标签指已标明心电数据所属的心脏性疾病的类型),进一步对整个多层网络模型的参数进行有监督调优,即在反向传播学习过程中进行权值 $w_{l,j}$ 更新。

[0028] 4) 得到训练完成后深度训练模型一至N,作为心电特征信号识别判断的依据存储于服务器中。

[0029] 本发明中,步骤二所述带有数据传输功能的心电采集装置,使用目前市场上能获得的,满足信号采集质量要求,能使用移动通讯网络或Wifi进行数据传输的装置。传输的数据经小波分析提取其频率节律信息,原始信号及频率节律信息均存储于服务器中。

[0030] 本发明中,步骤三所述心脏性疾病征兆有无的判别,服务器中已存储有训练完成后的深度学习模型一,利用深度学习模型一具有的信号分类功能,对心电频率节律信息进行判别,分类的结果分为两类。一类是无心脏性疾病患病征兆,另一类是有心脏性疾病患病征兆。

[0031] 本发明中,步骤四所述当初步判断为有心脏性疾病患病征兆时,服务器将心电频率节律信息从存储单元中读取出来,送入到深度学习模型二至N进行筛选评价,返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单,指导用户及时就医。

[0032] 本发明中,服务器中存储的数据有深度学习模型一至N,上传的原始心电信号,小波分析后心电频率节律信息,用户上传的个人信息及联系方式。

[0033] 本发明中,服务器具有对深度学习模型一至N再训练的功能。

[0034] 本发明中,服务器具有信息交互的功能。

[0035] 本发明中,服务器存储的心电数据可以在线查看,帮助医生对心脏性疾病的进一步确诊。

[0036] 本发明的有益效果是,深度学习算法能够非常有效地从大量有标签数据中深度提取数据的特征信息,使得数据表达出自身更高级、更本质的描述,用于识别隐性心脏性疾病的特征,实现心脏性疾病风险性预警的高准确性;采集的心电数据上传到服务器,利用服务器强大的运算能力,分类对不同心脏性疾病进行识别判断,实现心脏性疾病具体类别的预警;深度学习模型一至N再训练的功能,能够不断提高心脏性疾病识别预警的准确性。

附图说明

[0037] 图1为本发明基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统及方法结构框图;

- [0038] 图2-1为正常心电信号ECG；
[0039] 图2-2为正常心电信号经小波分析算法提取的0~4Hz频率节律信息；
[0040] 图2-3为正常心电信号经小波分析算法提取的4~8Hz频率节律信息；
[0041] 图2-4为正常心电信号经小波分析算法提取的8~16Hz频率节律信息；
[0042] 图2-5为正常心电信号经小波分析算法提取的16~32Hz频率节律信息；
[0043] 图2-6为正常心电信号经小波分析算法提取的32~64Hz频率节律信息；
[0044] 图2-7为正常心电信号经小波分析算法提取的64~128Hz频率节律信息；
[0045] 图3为深度学习模型示意图。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0047] 如图1所示,本发明提供了一种基于深度学习算法的心脏性疾病风险预警系统,包括临床、深度学习框架一至N、深度学习模型一至N、服务器、心电采集装置。

[0048] 具体的实施步骤为:

[0049] 步骤一,临床上获取正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,将信号分割成每段10秒的心电信号,并利用小波分析算法提取信号频率节律信息,并将获取到的频率节律信息分类送入深度学习框架一至N进行训练,相应的得到各类训练完的深度学习模型一至N,并存储于服务器中,其中 $N \geq 4$;

[0050] 步骤二,用户佩戴可进行数据传输的心电采集装置,将采集到的心电信号通过移动通讯网络或者Wifi上传到服务器,服务器将采集到的原始心电数据利用小波分析算法提取信号频率节律信息,原始心电信号及频率节律信息均存储于服务器中;

[0051] 步骤三,服务器中存有训练完成后的深度学习模型一,并具有信息交互的功能,将频率节律信息首先送入到训练完的正常心电频率节律的深度学习模型一进行判别,分类的结果分为两类。一类是无心脏性疾病患病征兆,另一类是有心脏性疾病患病征兆。当初步判断为有心脏性疾病患病征兆时,服务器将心电频率节律信息从存储单元中读取出来,送入到深度学习模型二至N进行筛选评价,即执行步骤四。

[0052] 步骤四,服务器中存有训练完成后的深度学习模型二至N,并具有信息交互的功能,若存在心脏性疾病的征兆,将心电频率节律信息依次送入到训练好的各类心脏性疾病的深度学习模型中,返回给用户具体类别心脏性疾病风险的报告单,指导用户及时就医;

[0053] 步骤五,服务器存储的深度学习模型一至N具有再训练的功能,每隔一段时间,对收集到的心电数据送入深度学习模型进行再训练。

[0054] 步骤一所述将正常心电信号和各类心脏性疾病的心电信号,分割成每段10秒的心电信号,具体为采用滑动时间窗的方法将信号数据进行分段,滑动时间窗长度为10秒,滑动步长为2.5秒。

[0055] 进一步的利用小波分析算法提取心电信号频率节律信息,具体为使用Daubechies正交小波基,对采集到的心电信号进行多尺度分解,实现对心电频率节律(0~4Hz、4~8Hz、8~16Hz、16~32Hz、32~64Hz、64~128Hz)的提取。

[0056] Daubechies构造紧支集标准正交小波基的方法依赖于下述方程,如(2)所示:

[0057]
$$P(y) = P_N(y) + y^N R(y) \quad (2)$$

[0058] 其中 $P_N(y) = \sum_{j=0}^{N-1} C_{N+j-1}^j y^j$, N 为自然数, $R(y) = \tilde{R}(\frac{1}{2} - y)$, $\tilde{R}(y)$ 是 y 的奇次多项式。在Daubechies的构造中, 选取 $R \equiv 0$, 此时 $P(y) = P_N(y)$ 。

[0059] 进一步的将获取到的正常心电信号及各类心脏性疾病心电信号的频率节律信息送入深度学习框架一至 N 进行训练, 深度学习框架一至 N 采用TensorFlow, 相应的得到训练完的深度学习模型一至 N , 其中 $N \geq 4$, 具体为:

[0060] 1) 将采集并进行预处理得到的正常心电信号及各类心脏性疾病心电信号的频率节律信号作为训练数据存储于计算机中;

[0061] 2) 前向传播, 将样本数据直接输入网络的第1层即输入层, 经过中间各隐层, 逐层变换, 逐层映射, 直到输出层; 第1层的第 j 个特征矩阵 $X_{1,j}$ 如式 (1) 所示:

$$[0062] \quad X_{l,j} = f(\sum_{i \in M_j} X_{l-1,i} \times w_{l,i,j} + b_{l,j}) \quad (1)$$

[0063] 式中: M_j 表示作为输入的前一层特征矩阵 $X_{l-1,j}$ 集合, $b_{l,j}$ 表示特征矩阵 $X_{l,j}$ 的偏置, $w_{l,j}$ 表示特征矩阵 $X_{l,j}$ 的一个权值。

[0064] 3) 反向传播, 用有标签的原始数据, 进一步对整个多层网络模型的参数进行有监督调优, 即在反向传播学习过程中进行权值 $w_{l,j}$ 更新。

[0065] 4) 得到训练完成后深度训练模型一至 N , 作为心电特征信号识别判断的依据存储于服务器中。

[0066] 患者通过佩戴带有数据传输功能的心电采集装置, 使用目前市场上能获得的, 满足信号采集质量要求, 能使用移动通讯网络或Wifi进行数据传输的装置。

[0067] 进一步的传输的数据经小波分析提取其频率节律信息, 原始信号及频率节律信息均存储于服务器中。通过移动通讯网络或者Wifi上传到服务器, 服务器将采集到的原始心电数据利用小波分析算法提取其频率节律信息。

[0068] 服务器存储的心电数据可以在线查看, 帮助医生对心脏性疾病的进一步确诊。

[0069] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已, 并不限制于本发明, 对于本领域的技术人员来说, 本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的权利要求范围之内。

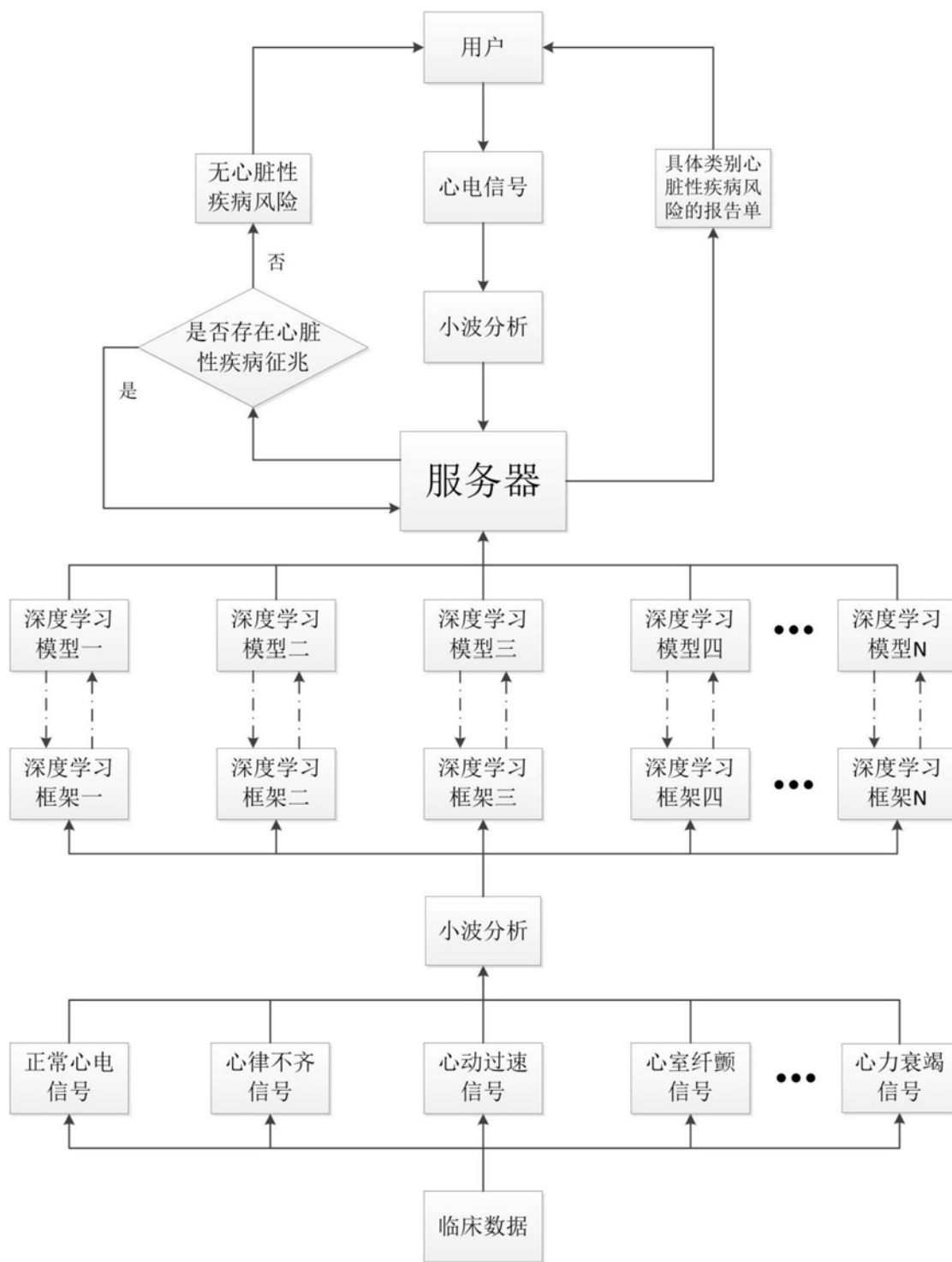


图1

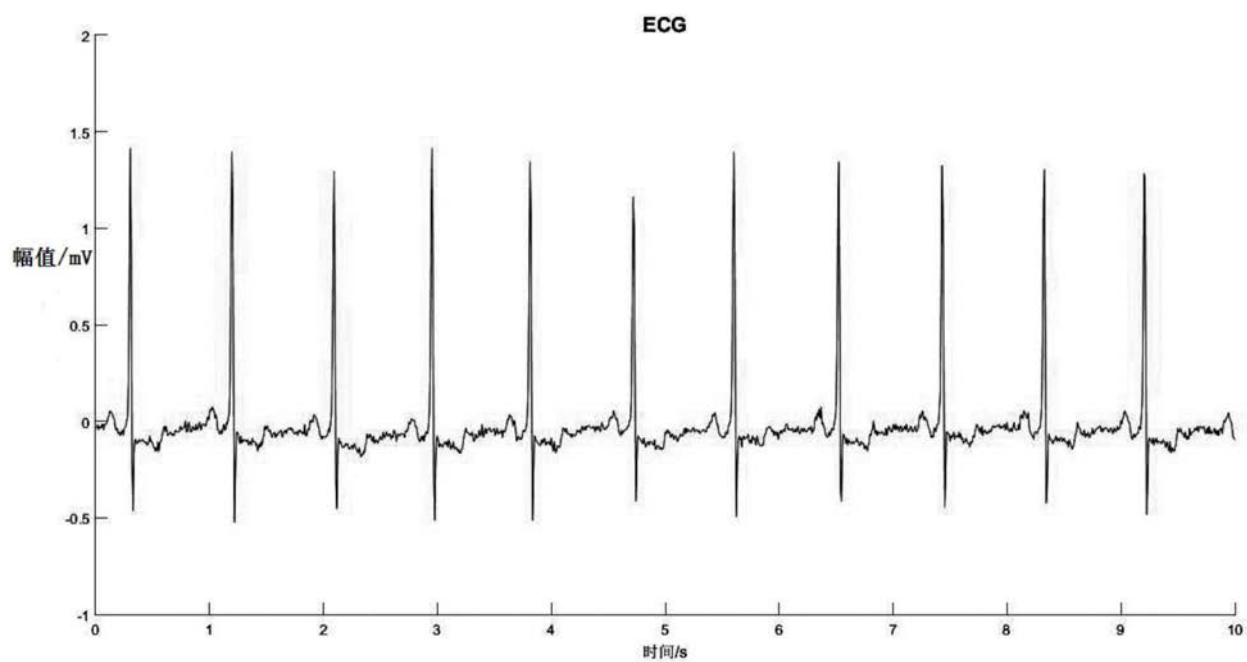


图2-1

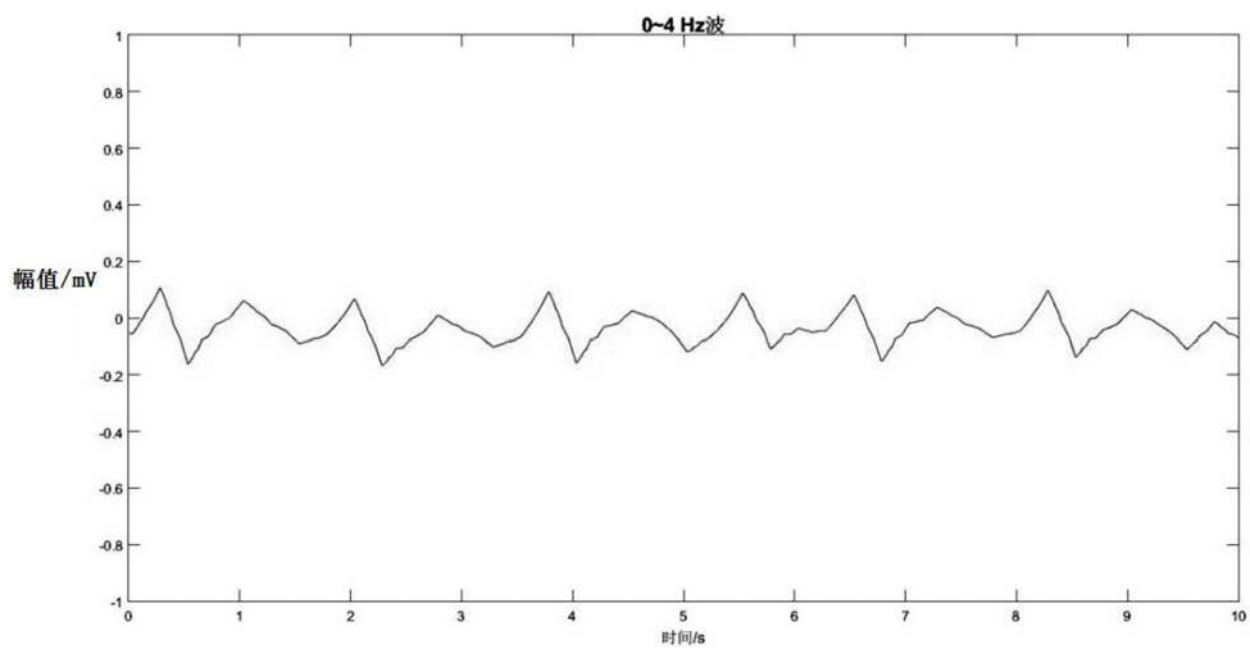


图2-2

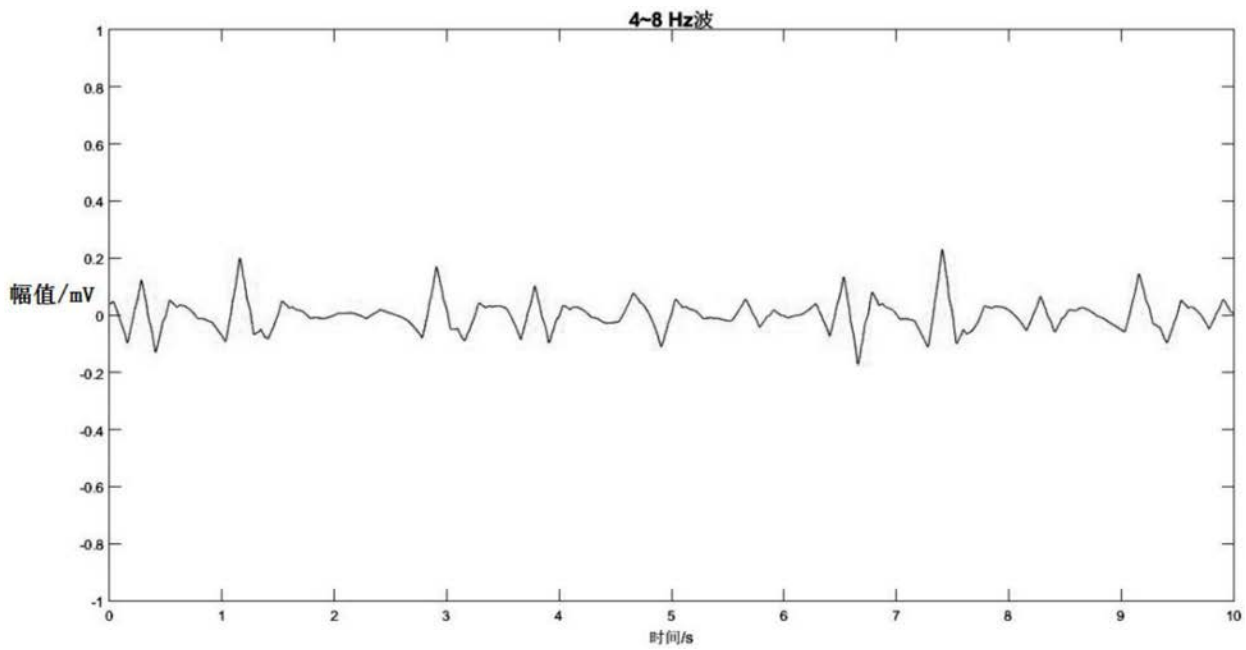


图2-3

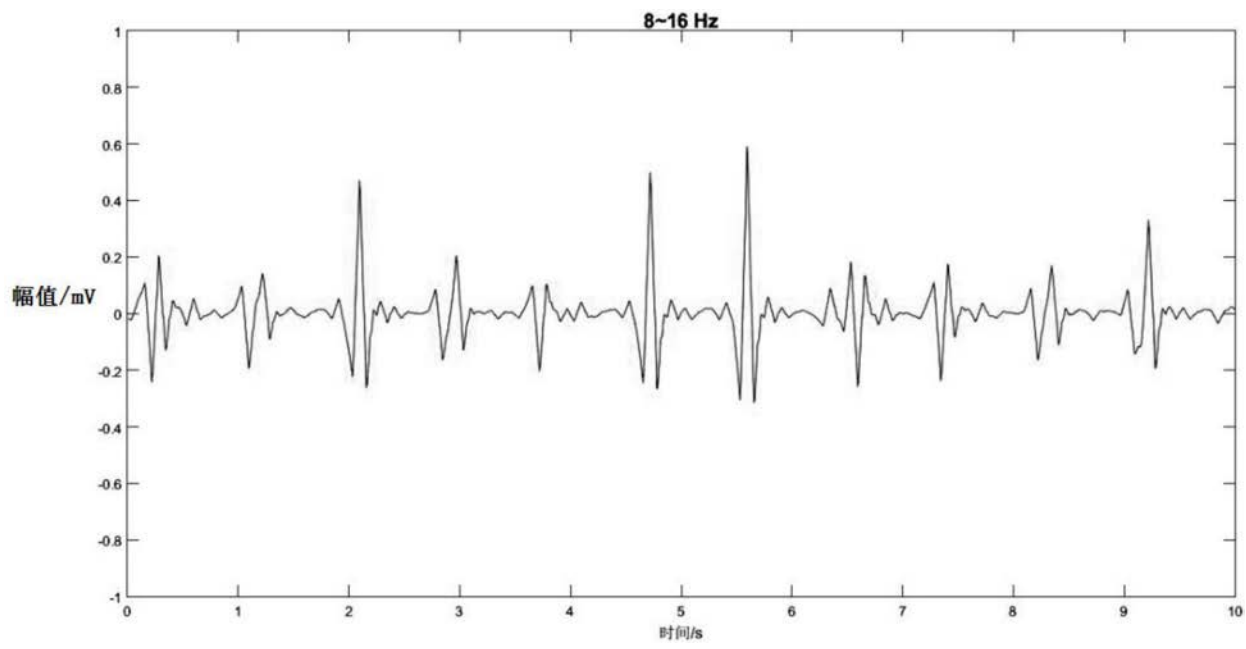


图2-4

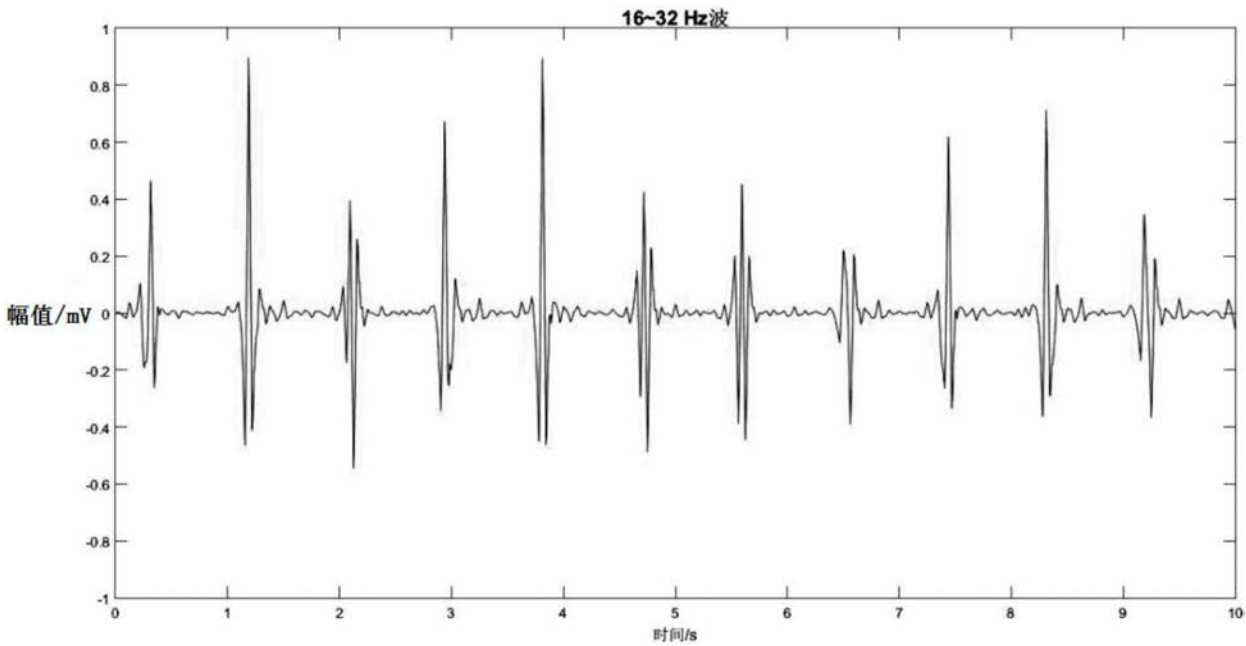


图2-5

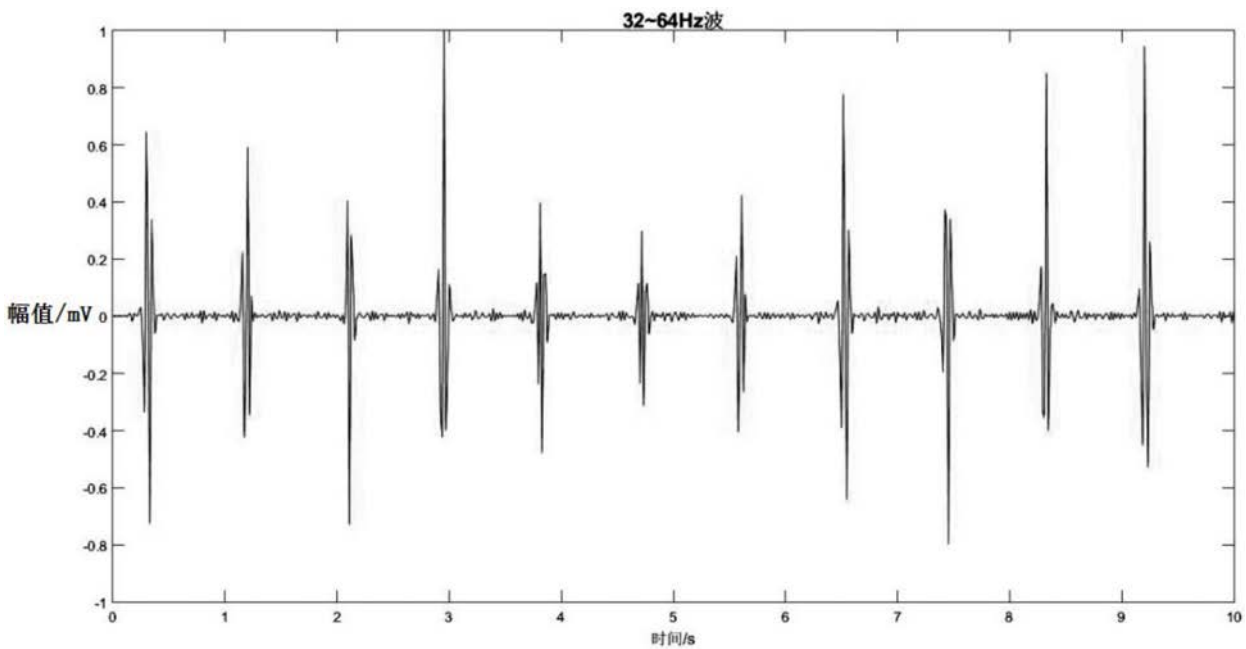


图2-6

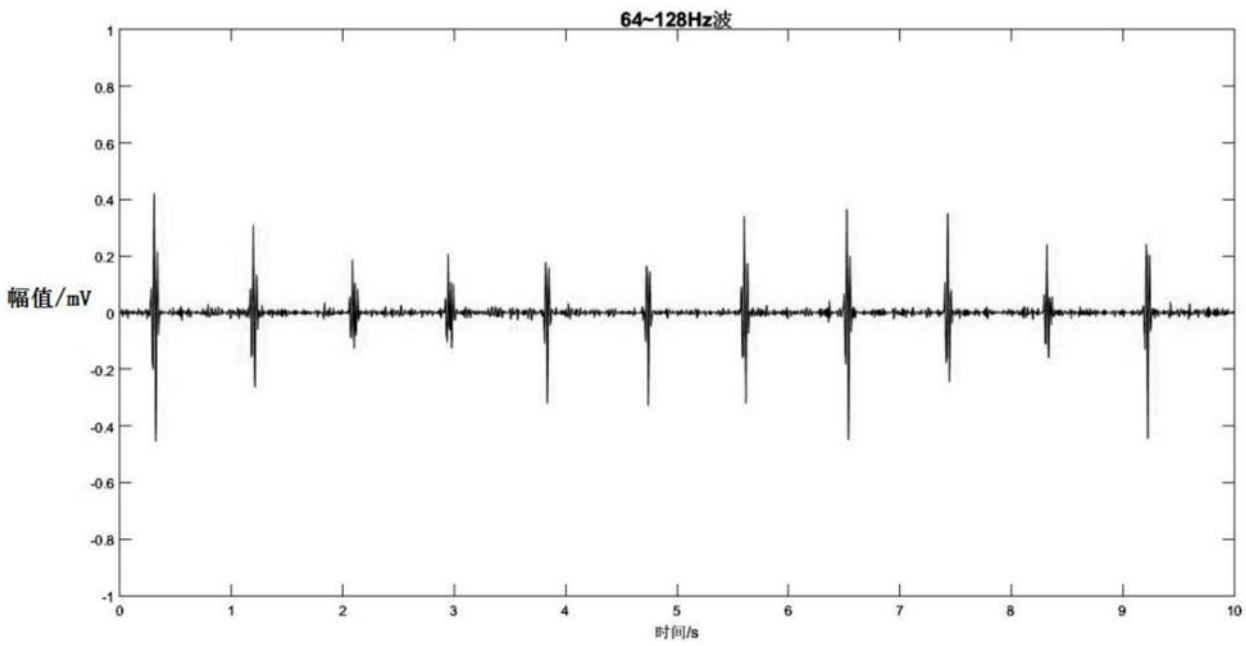


图2-7

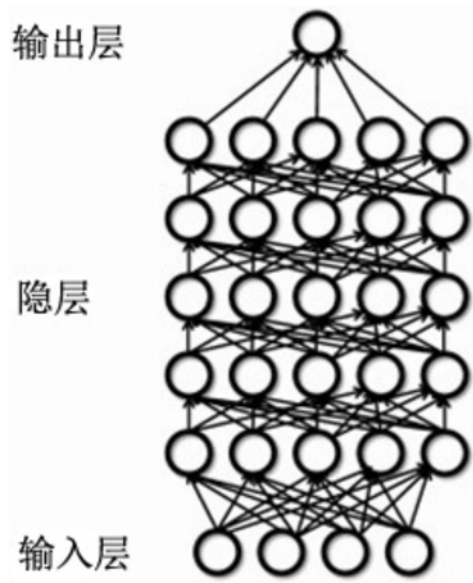


图3