



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110432892 A

(43)申请公布日 2019.11.12

(21)申请号 201910717340.9

(22)申请日 2019.08.05

(71)申请人 苏州米特希赛尔人工智能有限公司

地址 215000 江苏省苏州市苏州工业园区  
新平街388号6号楼4层

申请人 苏州赫米兹健康科技有限公司

(72)发明人 秦绮玲 周琦 刘亚平

(51)Int.Cl.

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/0432(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

G16H 50/20(2018.01)

A61B 5/0408(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

机器学习心电图自动诊断系统

(57)摘要

本发明公开一种机器学习心电图自动诊断云。所述的自动诊断云包括：心电图采集，互联网/移动互联网，云平台及机器学习心电图自动诊断系统。机器学习心电图自动诊断系统直接处理心电图图像数据，通过一个训练好的深度卷积神经网络分类系统，完成对心电图信号自动诊断。所述的深度卷积神经网络采用两步训练方法训练，首先训练输入、第一卷积、激活和池化层。然后再进行整体训练。



1. 机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,所述的系统包括:心电图采集,互联网/移动互联网,云平台及机器学习心电图自动诊断系统。

2. 根据权利要求1所述的机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,直接处理心电图图片,用智能手机扫描心电图图片,上传到云端由所述的云平台处理。

3. 根据权利要求1所述的机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,可以直接通过心电图检测仪采集心电图信号,上传到云端由所述的云平台处理。

4. 根据权利要求1所述的机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,所述的机器学习心电图自动诊断系统由卷积神经网络组成,是一个由输入层、多层隐藏层、输出层组成的深度卷积神经网络。

5. 根据权利要求1所述的机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,所述的深度卷积神经网络,权值的训练分两步进行:

a1: 由其输入层和第一卷积层、激活层、池化层及Loss层组成的浅层卷积神经网络来做初始训练;

a2: 对整个网络进行训练。

6. 根据权利要求1所述的机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,所述的训练步骤,a1步的训练权值保留为a2步所述浅层卷积神经网络的初始值,而其余卷积层的权值在a1步浅层训练的权值结果中随机抽取赋值。

7. 根据权利要求1所述的机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,所述的机器学习心电图自动诊断系统,输入数据是一个 $N \times N \times D$ 维结构数据,其中 $N \times N$ 为图片大小, $D$ 为数据深度, $D$ 代表导联数,取值1~12,分别代表12导联。

8. 根据权利要求1所述的机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,采用随机移动截取心电图图像方法扩充训练数据,然后再用水平和垂直镜像及时间轴旋转方法进一步扩充训练数据。

9. 根据权利要求1所述的机器学习心电图自动诊断系统,其特征在于,所述的机器学习心电图自动诊断系统的输出是一个分类器,自动诊断结果对应不同的分类。

## 机器学习心电图自动诊断系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机器学习和互联网、移动医疗领域,尤其涉及机器学习心电图自动诊断系统。

### 背景技术

[0002] 中国有数亿心血管疾病患者,数千万心脏病患者,对于心血管疾病和心脏病的检查、诊断和防范任务艰巨。心电图作为检查、诊断、防范心脏病的简单有效手段,是各级医院普遍采用的临床检查方法之一。心电图由心脏的电活动引起,蕴含大量心脏活动信息,其复杂性和专业性限制了心电图必须由受过培训的专业医师解读。全国各级医院每年的心电图检测量高达数千万份,需要大量的心电图诊断医生,并且工作量巨大。

[0003] 此外,传统的心电图识别方法对本来复杂的心电图特征做了适当简化以便于医生掌握使用和降低劳动强度。这种简化处理,丢掉了很多有意义的信息,存在大量漏判和误判的情况。

[0004] 人工智能,具体地说,深度卷积神经网络(CNN)近年来在图像识别上取得了巨大的成功,例如,IBM的沃生人工智能系统,对肺癌CT片的诊断精度超过了人类最好的专家水平。美国旧金山的Arterys是一家在基于云的医学成像软件行业领先的公司,其产品Arterys Cardio DL获得FDA批准,用于分析心脏核磁共振图像。成为FDA批准的第一个用于临床的基于云计算和深度学习分析软件。

[0005] 为解决以上问题,本发明提供一种机器学习心电图自动诊断系统,患者将采集到的心电图图片(如可以通过手机APP或PC终端APP,扫描心电图)上传到云平台,机器学习心电图自动诊断系统自动诊断心电图并将诊断结果反馈给患者。本发明显著效益是,可以为患者自动诊断各种标准心电图报告,大大地减轻了心电图诊断医生的劳动强度,并提高了准确性。大规模推广本发明,可以节约大量的人力物力,服务于大众,取得巨大的社会和经济效益。

### 发明内容

[0006] 本发明公开一种机器学习心电图自动诊断系统。所述的自动诊断系统包括:心电图采集,互联网/移动互联网,云平台及机器学习心电图自动诊断。例如,任何患者心电图报告可以通过手机或PC扫描后,上传给云平台,机器学习心电图自动诊断系统完成相应的心电图自动诊断,并将诊断报告存储在患者的账号下,同时下载给患者。云平台提供患者的注册、登录管理,提供数据加解密、存储管理。机器学习心电图自动诊断系统将收到的心电图数据进行预处理,再通过一个训练好的深度卷积神经网络分类系统,完成对心电图信号自动诊断。

[0007] 作为优选方案之一,所述的心电图采集部分可以通过各种方式获得的心电图图片。例如,可以通过手机对医院检查的心电图进行扫描或拍照,也可以是所述云平台集成的心电图检测设备提供的心电图检测报告。

[0008] 进一步,所述的心电图报告,可以是单导联、3导联、5导联直至12导联等,用数据深度D表示不同的导联数。

[0009] 作为优选方案之二,所述的云平台部署在公共云之上,具有足够的存储空间,云计算能力,便于扩展。

[0010] 进一步,所述的云平台提供用户的注册、登录管理。

[0011] 进一步,所述的云平台为用户提供足够大的数据存储空间,存储和管理用户的心电图数据。

[0012] 进一步,所述的云平台为用户提供数据加密和解密管理。

[0013] 作为优选方案之三,所述的机器学习心电图自动诊断系统包括信号预处理、深度卷积神经网络、分类自动诊断三大部分。

[0014] 进一步,所述的信号预处理包括心电图深度分割,归一化处理、基本参数提取等。

[0015] 进一步,所述的心电图深度分割,是将患者送来的心电图按照其导联数D分成相应D维深度。例如,12导联心电图由12组心电图组成,每组心电图用一维深度表示,12导联心电图用12维深度表示。其数据结构仍然为二维数据,D维数据按照串行方式排列 $\{[x_{ij}]\}$ 。

[0016] 进一步,所述的归一化处理是对多维数据进行归一化处理,包括图片大小的截取,幅度归一化,时间长度(规定取N个心电图节律)等。

[0017] 作为优选方案之四,所述的机器学习采用深度卷积神经网络(CNN),每层卷积神经网络有如下结构之一:含1个卷积层,1个激活层和1个池化层;或含1个卷积层和1个池化层;或全连接层。

[0018] 进一步,在所述的卷积神经网络中,采用丢弃算法,适当丢弃(Dropout)一些神经元,提高训练速度。

[0019] 进一步,所述的卷积神经网络之浅层结构由输入层、1个卷积层,1个激活层和1个池化层和输出层组成。

[0020] 进一步,所述卷积神经网络的输出层是一个分类器。

[0021] 作为优选方案之五,所述的深度卷积神经网络(CNN),分为两个阶段训练,先训练其浅层,再训练整个网络。由于浅层卷积神经网络具有有效提取图像的边缘作用,浅层训练很容易快速收敛。

[0022] 进一步,整体训练在浅层训练所获得的权值下进行,浅层卷积神经网络直接采用其浅层训练所获得的权值,其它各层卷积神经网络的初值随机从浅层卷积神经网络训练得到的权值中截取。

[0023] 进一步,采用训练数据和标定数据进一步训练整个系统。

[0024] 作为优选方案之六,所述的深度卷积神经网络(CNN)在训练完成后,通过分类器对心电图进行分类自动诊断。

[0025] 进一步,所述的分类器由卷积神经网络的全链接层组成,全连接层上有N个神经元,只有一个与上一层的神经元全连接,形成 $1 \times N$ 维输出,N即为所设计的分类数。

[0026] 进一步,所述的分类器分别对应心电图的分类诊断结果。

[0027] 作为优选方案之七,所述的心电图训练数据可以采用多种方法增加(扩充)训练数据集。

[0028] 进一步,所述的扩充方法之一是在大于所述的输入图像尺寸的心电图上,上、下、

左、右随机移动截取所需大小的心电图数据。

[0029] 进一步,所述被截取的数据做水平镜像处理。

[0030] 进一步,所述被截取的数据做垂直镜像处理。

[0031] 进一步,所述被截取的数据做时间轴角度旋转处理。

[0032] 本发明的有益效果是:

本发明的直接效益是:提供了一种机器学习心电图自动诊断系统,患者可以方便地将心电图(如可以通过手机APP或PC终端APP,扫描心电图)上传到云平台,通过机器学习快速、精确地自动诊断心电图,并通过手机将诊断结果反馈给患者。为患者心电健康提供保驾护航。本发明大大地减轻了心电图诊断医生的劳动强度,并提高了准确性。大规模推广本发明,可以节约大量的人力物力,服务于大众,取得巨大的社会和经济效益。

## 附图说明

[0033] 图1是本发明优先实施例的机器学习心电图自动诊断系统结构示意图;

图2是本发明优先实施例的机器学习处理流程;

图3是本发明优先实施例的心电图信号预处理系统;

图4是本发明优先实施例的深度学习卷积神经网络AlexNet;

图5是本发明优先实施例卷积神经网络AlexNet的训练方法;

图6是本发明优先实施例训练数据增加方法。

## 具体实施方式

[0034] 现在结合附图和优选实施例对本发明作进一步详细的说明。这些附图均为简化的示意图,仅以示意方式说明本发明的基本原理、基本结构和基本功能,因此其仅显示与本发明有关的构成。

[0035] 本领域的一般技术人员可能会意识到本发明的一些变体以及等同替代,但这些变体和等同替代不应理解为超出了本发明的保护范围。

[0036] 如图1所示的本发明优先实施例的机器学习心电图自动诊断系统结构示意图,101为心电图采集,通过102将数据送给103,如果用移动终端,102数据传输用移动数据网络,如果用PC等,102数据传输用互联网。心电图数据送给103机器学习心电图自动诊断系统,完成自动诊断。在本发明中,直接用图片方式采集心电图,因此,可以用手机直接扫描心电图报告,或用扫描仪扫描心电图报告上传。此外,还可以集成便携式(穿戴式)心电图检测仪,直接将心电图数据上传给103。104是云管理平台,完成用户的注册、登录、数据加解密、数据上载、数据存储功能。

[0037] 如图2所示的本发明优先实施例的机器学习处理流程,开始时201从患者账号下读入心电图;202对心电图进行预处理,包括图片大小,幅度归一化,时间轴长度归一化(用心电图节律N);203是训练好的深度卷积神经网络,对心电图进行学习和特征提取;204是特征分类系统,每个分类对应某类心电图诊断结果;205是将诊断结果存储及反馈给患者。

[0038] 如图3所示的本发明优先实施例的心电图信号预处理系统,301进行心电图深度分割,例如,有I、II、III、III导联心电图输入,深度D为3;302是心电图归一化处理,包括心电图截图大小NxN、幅度大小、时间轴长短,时间轴以所含的心电图节律数M规定;303是心电图参

数标注,根据心电图提取其心电图参数包括:心率(HR)、QRS波群、PR期间、QT期间等。预处理好的心电图直接送给CNN,存入训练数据集、测试数据集、或标注数据集。在标注数据集,心电图进行分类标注。

[0039] 如图4所示的本发明优先实施例的深度学习卷积神经网络AlexNet,是一个8层深度卷积神经网络,401为输入层,输入图像大小为224x224,卷积神经网络第1层402,第2层403,第3层404,第4层405,第5层406,第6层407,第7层408,第8层409组成。402和403分别包含一层卷积层,激活层和池化层;404、405、406分别包含一层卷积层和池化层;407、408和409是全连接层,409是1000个分类输出的分类器。

[0040] 如图5所示的本发明优先实施例卷积神经网络AlexNet的训练方法,所述的训练方法分两步,训练的第1步是AlexNet的一个浅层卷积神经网络,由522框内的501、502、503、504、505、506和507组成。用501和502的训练数据训练所述的浅层卷积神经网络,得到该网络的权值初值。由于是训练一个浅层卷积神经网络,收敛会很快。训练的第2步是,对整个网络进行训练,首先保留训练步骤1获得的504、505和506的权值初值,然后再给其它网络层的神经网络元赋权值初值,这些神经网络元的权值初值由已经由训练步骤1得到的权值中随机抽取。在给所有的神经网络元赋值后,开始用训练数据501和标定数据503训练该深度卷积神经网络。

[0041] 如图6所示的本发明优先实施例训练数据增加方法,601是从用户数据库获取的心电图图片,经过预处理;602随机截取601的二维图片数据,可以任意的随机截取以获得尽可能多的数据;603是将随机截取后的数据做垂直镜像处理,604是将其做水平镜像处理,605是做水平轴旋转处理。605的处理随着所取的旋转角度和方向不同,可以得到不同的数据,但是,所旋转的角度不宜过大。通过以上602、603、604和605的数据扩充,可以由较小的训练数据集扩充到一个较大的训练数据集,以弥补训练数据不足。

[0042] 以上述依据本发明的实施例为启示,通过上述的说明内容,相关工作人员完全可以在不偏离本项发明技术思想的范围内,进行多样的变更以及修改。本项发明的技术性范围并不局限于说明书上的内容,必须要根据权利要求范围来确定其技术性范围。

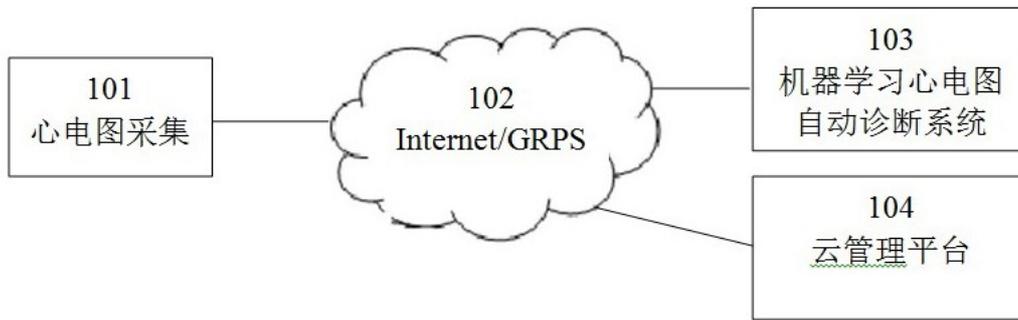


图1

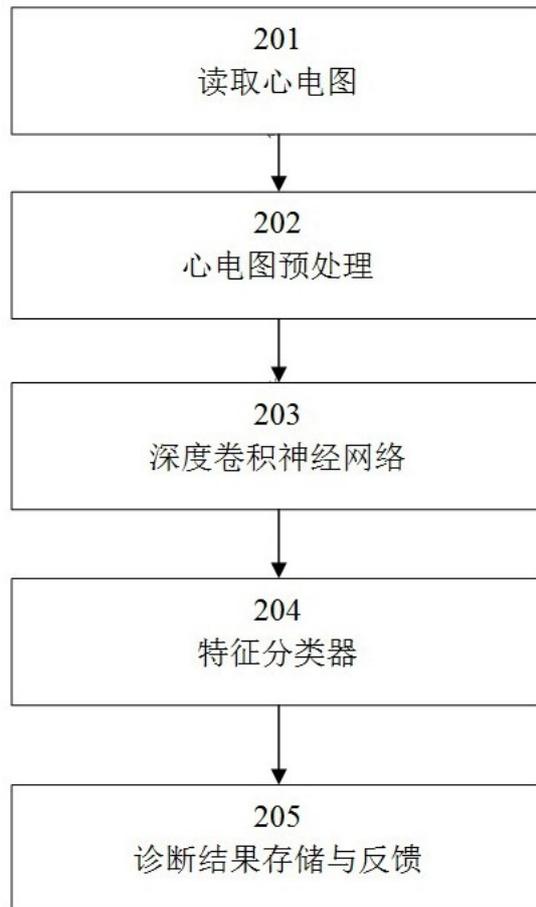


图2

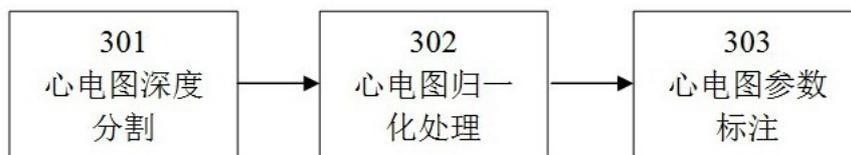


图3

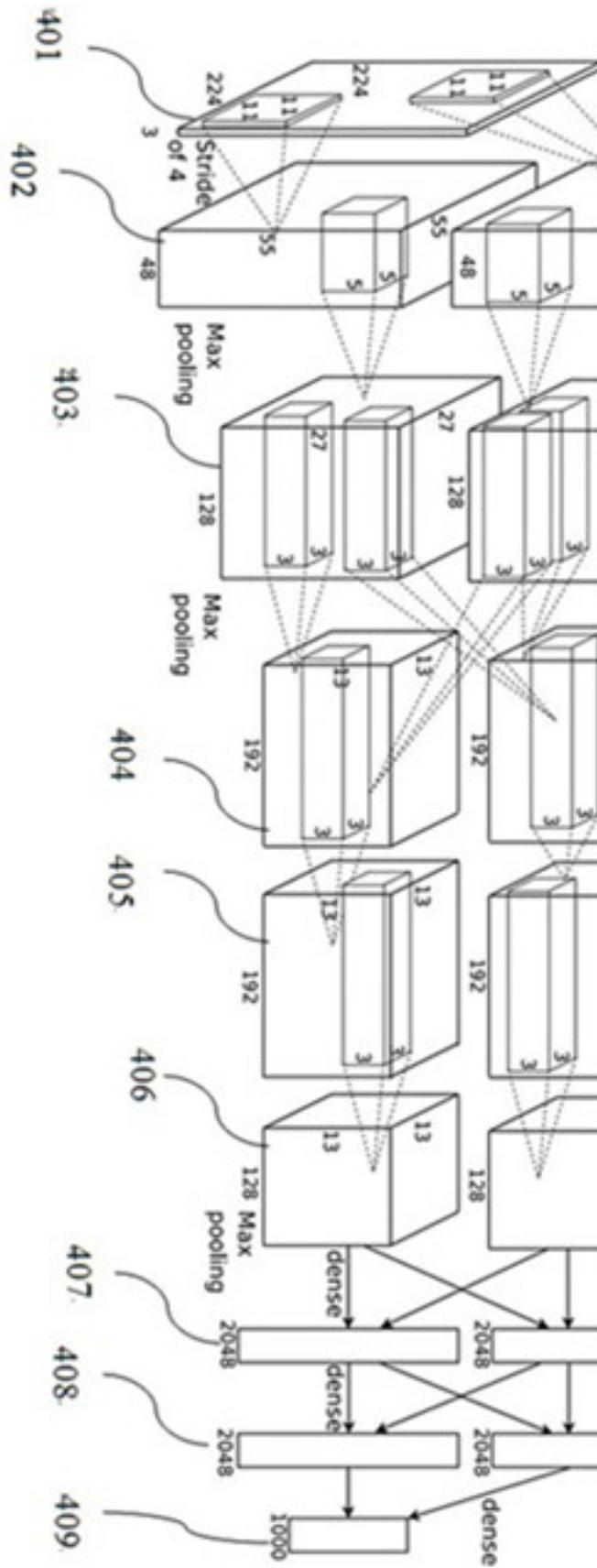


图4

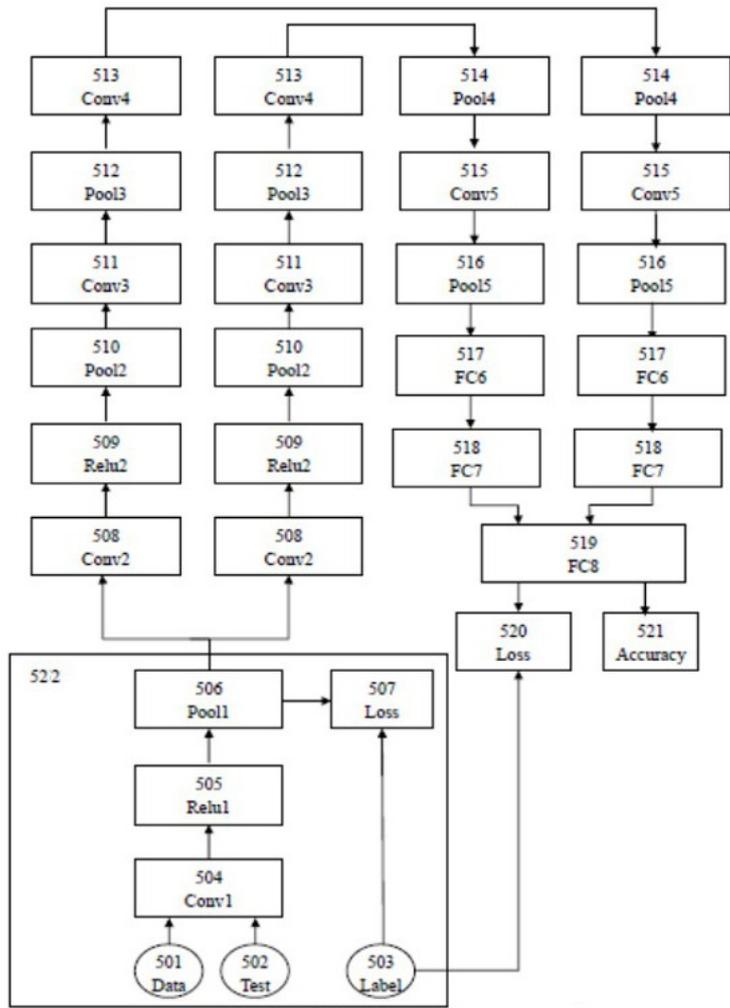


图5

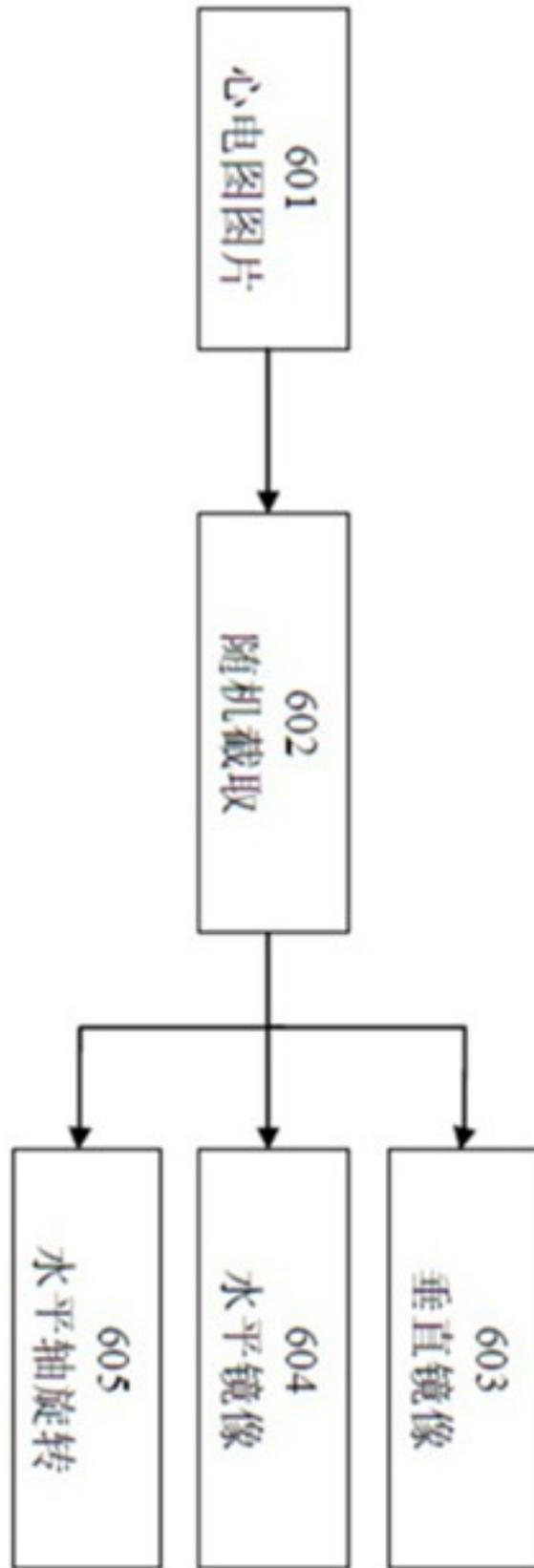


图6

专利名称(译)	机器学习心电图自动诊断系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN110432892A</a>	公开(公告)日	2019-11-12
申请号	CN201910717340.9	申请日	2019-08-05
[标]发明人	秦绮玲 周琦 刘亚平		
发明人	秦绮玲 周琦 刘亚平		
IPC分类号	A61B5/0402 A61B5/0432 A61B5/00 G16H50/20 A61B5/0408		
CPC分类号	A61B5/0402 A61B5/04085 A61B5/0432 A61B5/7267 G16H50/20		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开一种机器学习心电图自动诊断云。所述的自动诊断云包括：心电图采集，互联网/移动互联网，云平台及机器学习心电图自动诊断系统。机器学习心电图自动诊断系统直接处理心电图图像数据，通过一个训练好的深度卷积神经网络分类系统，完成对心电图信号自动诊断。所述的深度卷积神经网络采用两步训练方法训练，首先训练输入、第一卷积、激活和池化层。然后再进行整体训练。

