



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111297399 A

(43)申请公布日 2020.06.19

(21)申请号 201910231414.8

(22)申请日 2019.03.26

(71)申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路  
381号

(72)发明人 杨萃 刘宇波 宁更新

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍 江裕强

(51)Int.Cl.

A61B 8/08(2006.01)

A61B 8/02(2006.01)

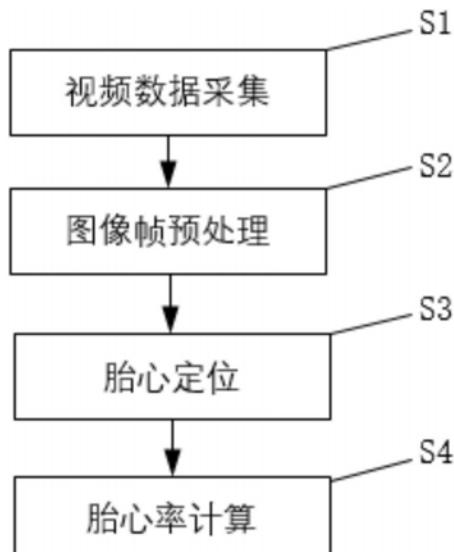
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法。该方法包括如下步骤：利用超声成像的方法采集超声视频数据，将超声视频数据输入图像分类模块进行分类和分割，得到属于心脏的关键帧，将心脏关键帧输入胎心率计算模块，提取各帧心室轮廓面积，得到面积曲线变化周期，即为胎心率。本发明采用卷积神经网络和循环神经网络相结合的方法，使用两个相互独立的当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络对超声视频中图像帧进行特征提取和预测，最后再用全连接网络对两个网络的预测结果进行决策，提高图像帧的分类准确率。本发明提供的方法，提高了胎心率数据的准确性、实时性和实用性。



1. 一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1视频数据的采集:

利用超声成像的方法,手持装有超声换能器的探头垂直紧贴皮肤,从母体子宫颈处对应的腹部皮肤开始按照S型路线上下多次循环往复扫描,得到n帧连续超声图像组成的超声视频,该超声视频包含了胎儿的完整信息;

S2图像帧预处理:

将步骤S1获得的超声视频输入图像帧预处理模块中,然后对每一帧图像作去噪增强和标准化处理,得到分辨率与分割网络输入一致的图像;

S3胎心定位:

将步骤S2预处理后的图像输入图像分类模块中进行分类和分割,得到属于胎儿心脏的关键帧;

S4胎心率计算:

将步骤S3得到10个以上的胎儿心脏关键帧输入胎心率计算模块,提取各帧心室轮廓面积数据,得到面积曲线变化周期,即为胎心率。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤S2中所述去噪的方式包括高斯滤波、双边滤波;所述增强为采用直方图均衡化增强胎心区域与其他区域的对比度;所述标准化处理为采用最近邻插值、双线性插值等方法对图像的长宽进行缩放得到分辨率与分割网络输入一致的图像。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤S3中所述图像分类模块包括当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络以及分类决策网络;通过当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络提取超声视频中图像帧的信息;所述分类为分类决策网络实现的。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述当前图像帧分割网络由特征提取单元和像素分类单元构成,所述当前图像帧分割网络对当前图像帧进行特征提取和像素分类,将超声图像分为心脏短轴切面图、长轴切面图、四腔切面图和背景图,并得到属于心脏类型的像素点集。

5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述视频上下文特征提取网络由含有LSTM单元的循环神经网络构成,所述LSTM单元的个数要大于胎心周期内的图像帧数;所述视频上下文特征提取网络对当前帧之前的视频帧分类信息进行特征提取,然后对当前帧的分类信息进行预测。

6. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述分类决策网络由三层全连接网络构成,所述分类决策网络对图像帧分割网络和视频上下文特征提取网络的输出结果进行决策,然后确定图像帧的分类。

7. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,当前图像帧分割网络包含特征提取单元和像素分类单元;所述特征提取单元由n层卷积层构成,每一层对上一层的输出进行卷积获得图像的深层特征 $F_i$ , $i$ 为当前卷积层数,的取值为1~n,每一层的结构为:卷积→激活函数→卷积→激活函数→降采样池化;所述像素分类单元同样由n层上采样层构成,第一层先对 $F_n$ 进行上采样,再与 $F_{(n-1)}$ 进行拼接,得到输出 $G_1$ ,接下来的每一层都对上一个上采样层的输出 $G_{(j-1)}$ 进行上采样,再与 $F_{(n-i)}$ 进行拼接得到 $G_j$ ,其内部结构为:对 $G_{(j-1)}$ 上采样→拼接 $F_{(n-i)}$ →卷积→激活函数→卷积→激活函数,最后一层则直接对 $G_{(n-1)}$ 进行卷

积,得到对每个像素点的分类 $G_{n,j}$ , $j$ 为当前上采样层数,取值为 $2 \sim n-1$ 。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤S4所述胎心率计算模块包括心脏像素点提取单元、心脏再分割单元以及计算单元。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述心脏像素点提取单元的作用为将图像帧特征提取网络中得到的属于心脏类型的像素点集提取出来,构成一幅新的图像,并做分辨率的标准化处理。

10. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述心脏再分割单元由三个相互独立的图像分割网络构成,分别对属于心脏短轴切面图、长轴切面图、四腔切面图类型的心脏图像进行再分割,得到属于心室的像素点集;所述计算单元的作用为统计属于心室的像素点个数,获得心室轮廓面积大小数据;将各帧的心室面积数据组成离散数据,获得心脏跳动信息;计算心室面积组成的离散数据周期,获得胎心率。

## 一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声视频处理领域,具体涉及一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法。

### 背景技术

[0002] 超声成像是利用超声波束扫描,通过对不同时延和衰减的反射信号做区分处理来获得剖面图像。当各种器官和组织之间的声阻抗和衰减存在明显的差别时,超声信号就会有较大的变化,图像可产生高亮的像素点,从而得到明显的边界轮廓。利用超声可以轻易地获取胎儿的信息,但由于胎儿位置不确定,胎心太小,容易与其他器官混淆等,难以准确找到胎心位置,传统的方法通常是有经验的操作者在移动超声探头的同时不停观察返回图像,直至寻找出胎心位置,这种方法效率低下,对操作者的经验也有较高要求。

[0003] 当前检测胎心率的方法可以通过听胎心音法和超声多普勒法,听胎心音法是直接利用听诊器获取胎心音信号,超声多普勒法是利用超声波束经过胎心反射后产生的多普勒效应获取胎心率,这两种方法都是通过一维的声信号获取胎心信息,其容易受母体内的其他杂音的干扰,无法得到胎心跳动的准确信息。

[0004] 随着人工智能的发展和超声成像技术的提高,在含有胎儿信息的超声视频中利用机器学习自动定位含有胎心的帧,并通过分析含有胎心的图像帧自动分析,获取胎心跳动信息,可以有效解决上述两个问题。M.A.Maraci等人在《Medical Image Analysis》发表的《A framework for analysis of linear ultrasound videos to detect fetal presentation and heartbeat》提出,首先扫描母体获取胎儿超声视频,然后用SIFT算法对每帧图像进行特征提取,用SVM进行分类,得到含有胎心的超声图像帧,这种方法没有处理超声视频中的上下文连接关系,在同一段视频帧中容易判断为不同的切面分类。Christopher P.Bridge等人在《Medical Image Analysis》发表的《Automated annotation and quantitative description of ultrasound videos of the fetal heart》提出用回归森林对已提取的胎心视频每一帧计算其与标签集的熵变化,将其分类到 $[0, 2\pi]$ 的标签内,最终得到胎心随时间跳动的信息,这种方法只能将图像帧分类到固定的几种相位标签,忽略了很多心脏跳动信息。

### 发明内容

[0005] 为了克服现有技术的不足,本发明提供了一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法。

[0006] 本发明的目的通过如下技术方案实现。

[0007] 本发明采用卷积神经网络和循环神经网络相结合的方法,使用两个相互独立的当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络对超声视频中图像帧进行特征提取和预测,最后再用全连接网络对两个网络的预测结果进行决策,提高图像帧的分类准确率。在定位到胎心图像帧后,对每一种切面类型的胎心视频,训练对应的分割网络,从而准确地分割

出胎心心室轮廓,通过计算出胎心心室面积变化周期即可得到胎心率。本发明提供的一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法,包括以下步骤:

[0008] S1视频数据的采集:

[0009] 利用超声成像的方法,手持装有超声换能器的探头垂直紧贴皮肤,从母体子宫颈处对应的腹部皮肤开始按照S型路线上下多次(2~4次即可完整覆盖腹部表面)循环往复扫描,得到n帧连续超声图像组成的超声视频,该超声视频包含了胎儿的完整信息;

[0010] S2图像帧预处理:

[0011] 将步骤S1获得的超声视频输入图像帧预处理模块中,然后对每一帧图像作去噪增强和标准化处理,得到分辨率与分割网络输入一致的图像;

[0012] S3胎心定位:

[0013] 将步骤S2预处理后的图像输入图像分类模块中进行分类和分割,得到属于胎儿心脏的关键帧;

[0014] S4胎心率计算:

[0015] 将步骤S3得到10个以上的的胎儿心脏关键帧输入胎心率计算模块,提取各帧心室轮廓面积数据,得到面积曲线变化周期,即为胎心率。

[0016] 进一步地,步骤S2中所述去噪的方式包括高斯滤波、双边滤波;所述增强为采用直方图均衡化增强胎心区域与其他区域的对比度;所述标准化处理为采用最近邻插值、双线性插值等方法对图像的长宽进行缩放得到分辨率与分割网络输入一致的图像(长宽由图形处理器的内存决定,当前一般为256~1024)。

[0017] 进一步地,步骤S3中所述图像分类模块利用当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络提取超声视频中图像帧的信息;所述分类为分类决策网络实现的。

[0018] 进一步地,所述当前图像帧分割网络由特征提取单元和像素分类单元构成,所述当前图像帧分割网络对当前图像帧进行特征提取和像素分类,将超声图像分为心脏短轴切面图、长轴切面图、四腔切面图和背景图,并得到属于心脏类型的像素点集。

[0019] 进一步地,所述视频上下文特征提取网络由含有LSTM单元的循环神经网络构成,所述LSTM单元的个数要大于胎心周期内的图像帧数;所述视频上下文特征提取网络对当前帧之前的视频帧分类信息进行特征提取,然后对当前帧的分类进行预测。

[0020] 进一步地,所述分类决策网络由三层全连接网络构成,所述分类决策网络对图像帧分割网络和视频上下文特征提取网络的输出结果进行决策,然后确定图像帧的分类。

[0021] 进一步地,当前图像帧分割网络包含特征提取单元和像素分类单元;所述特征提取单元由n层卷积层构成,每一层对上一层的输出进行卷积获得图像的深层特征F\_i,i为当前卷积层数,的取值为1~n,每一层的结构为:卷积->激活函数->卷积->激活函数->降采样池化;所述像素分类单元同样由n层上采样层构成,第一层先对F\_n进行上采样,再与F\_(n-1)进行拼接,得到输出G\_1,接下来的每一层都对上一个上采样层的输出G\_(j-1)进行上采样,再与F\_(n-i)进行拼接得到G\_j,其内部结构为:对G\_(j-1)上采样->拼接F\_(n-i)->卷积->激活函数->卷积->激活函数,最后一层则直接对G\_(n-1)进行卷积,得到对每个像素点的分类G\_n,j为当前上采样层数,取值为2~n-1。

[0022] 进一步地,步骤S4所述胎心率计算模块包括心脏像素点提取单元、心脏再分割单元以及计算单元。

[0023] 进一步地,所述心脏像素点提取单元的作用为将图像帧特征提取网络中得到的属于心脏类型的像素点集提取出来,构成一幅新的图像,并做分辨率的标准化处理。

[0024] 进一步地,所述心脏再分割单元由三个相互独立的图像分割网络构成,分别对属于心脏短轴切面图、长轴切面图、四腔切面图类型的心脏图像进行再分割,得到属于心室的像素点集;所述计算单元的作用为统计属于心室的像素点个数,获得心室轮廓面积大小数据;将各帧的心室面积数据组成离散数据,获得心脏跳动信息;计算心室面积组成的离散数据周期,获得胎心率。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有如下优点和效果:

[0026] (1) 本发明提供的方法使用两个相互独立的当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络对超声视频中图像帧进行特征提取和预测,有效地利用了同一超声视频中前后两帧的切面类型有很强的相关性特征,通过用全连接网络对两个网络的预测结果进行决策,有机整合两个网络预测的结果,可以明显提高图像帧的分类准确率;

[0027] (2) 本发明提供的方法利用图像分割计算心室轮廓面积的方法,可以得到更精确的胎心跳动信息,本发明提高了胎心率计算的准确性、实时性和实用性,使得胎心率能够更准确地反映胎儿状况;

[0028] (3) 本发明提供的方法利用超声成像的手段,能准确地提取出胎心率与测定出胎心定位,是一种超声成像技术新的运用方法。

[0029] (4) 本发明可以用于对胎儿状况的了解,还能用于对现有超声成像设备的改进。

## 附图说明

[0030] 图1是本发明方法的流程示意图;

[0031] 图2是本发明方法的视频数据采集中的S型路线示意图;

[0032] 图3是本发明方法的图像分类模块的结构示意图;

[0033] 图4是本发明方法的当前图像帧分割网络的网络结构示意图;

[0034] 图5是本发明方法的视频上下文特征提取网络的具体结构示意图;

[0035] 图6是实施例中经由胎心率计算模块再分割得到的心室轮廓示意图。

## 具体实施方式

[0036] 下面将结合附图和具体实施例对本发明的实施作进一步说明,但本发明的实施方式不限于此。

[0037] 如图1所示,本发明提供一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法,具体步骤如下:

[0038] S1:视频数据采集,如图2所示,利用超声成像的方法,手持装有超声换能器的探头垂直紧贴皮肤,从母体子宫颈处对应的腹部皮肤开始按照S型路线上下多次(2~4次即可完整覆盖腹部表面)循环往复扫描,得到n帧连续超声图像组成的超声视频,其包含了胎儿的完整信息。在本实施例中,需要提前采集部分数据作为训练集和验证集,用于后续网络的训练和验证。

[0039] S2:图像帧预处理,将获取的视频输入图像帧预处理模块中对每一帧图像作去噪增强和标准化处理,得到分辨率与分割网络输入一致的图像。图像帧预处理模块采用双边

滤波器对超声视频图像帧进行去噪,采用直方图均衡化增强胎心区域与其他区域的对比度,采用最近邻插值对图像的长宽进行缩放,最终得到的每一帧图片大小为256\*256像素。

[0040] S3:胎心定位,将预处理后的图像输入图像分类模块中进行分类和分割,得到属于胎儿心脏的关键帧。图像分类模块具体结构如图3所示,包括当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络、分类决策网络。其中当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络为两个并联且相互独立的网络,分别对它们进行训练,用于提取超声视频中的图像帧的信息,并最终由分类决策网络实现分类。

[0041] S31:当前图像帧分割网络具体结构如图4所示,其中tanh表示tanh函数,\*表示乘积,+表示求和, $\circ$ 表示sigmod函数,X<sub>t-30</sub>表示前30帧的分类结果,X<sub>t-29</sub>表示前29帧的分类结果,X<sub>t-1</sub>表示前1帧的分类结果,Y<sub>t</sub>表示当前帧的预测结果。由特征提取单元和像素分类单元构成,对当前图像帧进行特征提取和像素分类,将超声图像分为心脏短轴切面图、长轴切面图、四腔切面图和其他类型,并得到属于心脏类型的像素点集。

[0042] S311:特征提取单元,由5层卷积层构成,每一层的结构为:卷积->激活函数->卷积->激活函数->降采样池化,每一层的卷积滤波器数目分别为32,64,128,256,512,激活函数采用ReLU函数,池化层采用最大值函数,每一层对上一层的输出进行卷积获得图像的深层特征F<sub>\_i</sub>;

[0043] S312:像素分类单元,由5层上采样层构成,第一层先对F<sub>\_5</sub>进行上采样,再与F<sub>\_4</sub>进行拼接,得到输出G<sub>\_1</sub>,接下来的每一层都对上一个上采样层的输出G<sub>\_(i-1)</sub>进行上采样,再与F<sub>\_(5-i)</sub>进行拼接得到G<sub>\_i</sub>(i的取值为2~4),其内部结构为:对G<sub>\_(i-1)</sub>上采样->拼接F<sub>\_(5-i)</sub>->卷积->激活函数->卷积->激活函数,每一层的卷积滤波器数目分别为256,128,64,32,激活函数采用ReLU函数,最后一层则直接对G<sub>\_4</sub>进行卷积,得到对每个像素点的分类G<sub>\_5</sub>,其卷积滤波器数目1,激活函数为softmax。

[0044] S32:视频上下文特征提取网络的具体结构如图5所示,由含有30个LSTM单元的循环神经网络构成,对当前帧之前的视频帧分类信息进行特征提取,对当前帧的分类进行预测;

[0045] S33:分类决策网络,由三层全连接网络构成,输入为对图像帧分割网络网络和视频上下文特征提取网络的输出结果进行决策,确定图像帧的分类。

[0046] S4:胎心率计算,识别出至少10个的胎儿心脏的连续图像帧时,则将这些连续帧输入胎心率计算模块,提取各帧心室轮廓面积,得到面积曲线变化周期,即为胎心率。胎心率计算模块包括心脏像素点提取单元、心脏再分割单元、计算单元。

[0047] S41:心脏像素点提取单元,将图像帧特征提取网络中得到的属于心脏类型的像素点集提取出来,单独构成一幅图像,并做分辨率的标准化处理;

[0048] S42:心脏再分割单元,由三个相互独立的图像分割网络构成,分别对属于心脏短轴切面图、长轴切面图、四腔切面图类型的心脏图像进行再分割,得到属于心室的像素点集,图6展示了四腔切面图类型某一帧再分割的结果;

[0049] S43:计算单元,统计属于心室的像素点个数,即可获得心室轮廓面积大小,将各帧的心室面积组成的离散数据,即为心脏跳动信息,计算心室面积组成的离散数据的周期,即可得到胎心率。

[0050] 以上实施例仅为本发明较优的实施方式,仅用于解释本发明,而非限制本发明,本

领域技术人员在未脱离本发明精神实质下所作的改变、替换、修饰等均应属于本发明的保护范围。

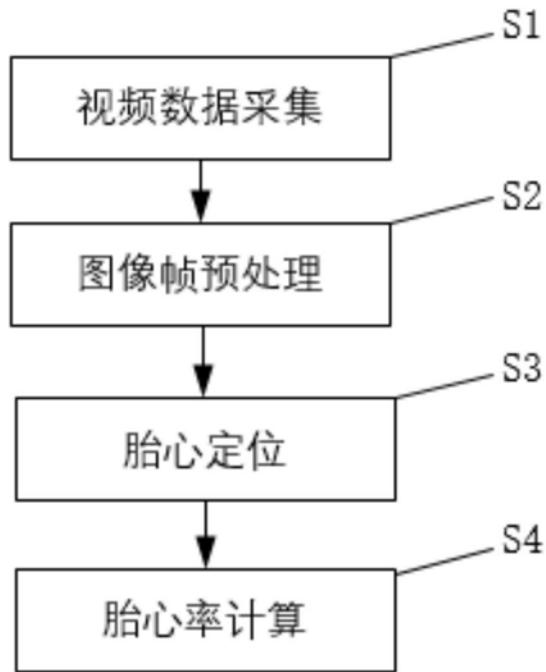


图1

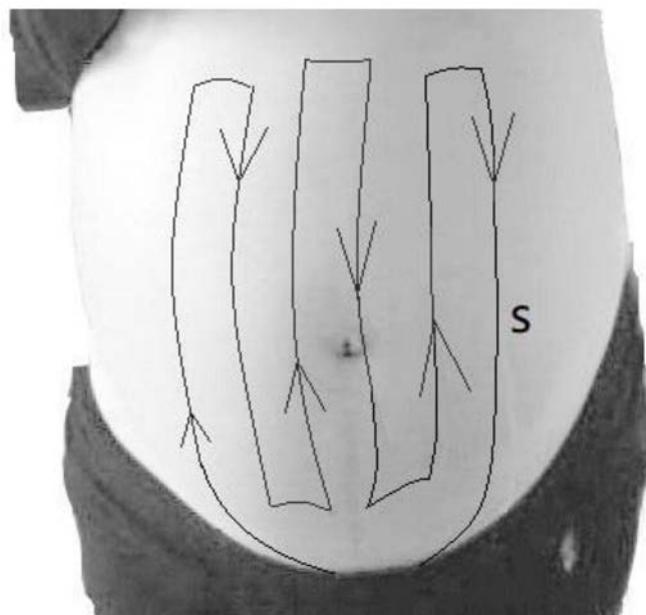


图2

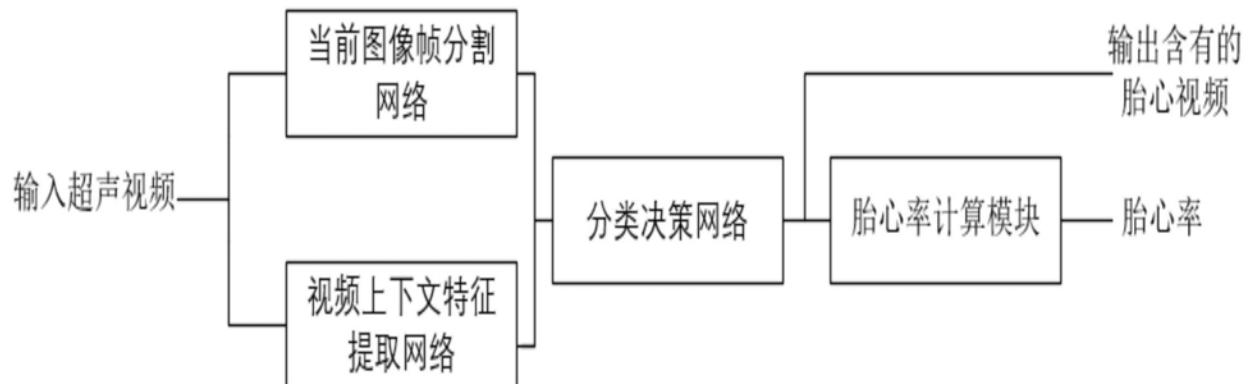


图3

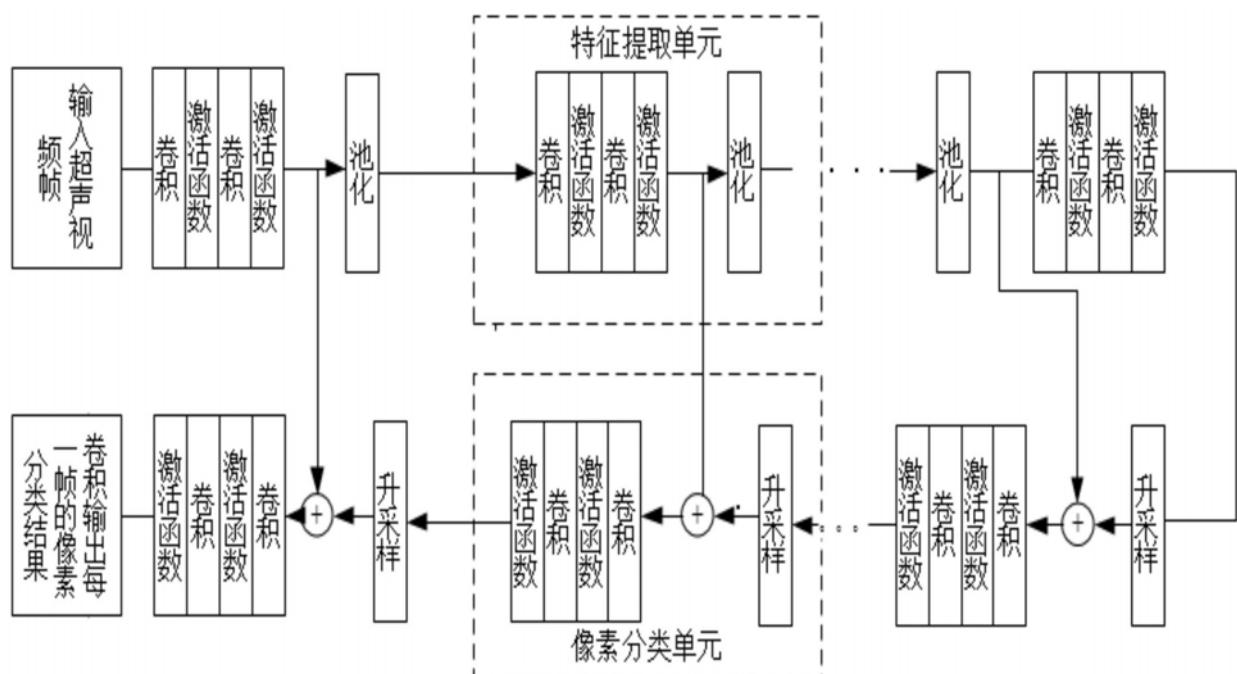


图4

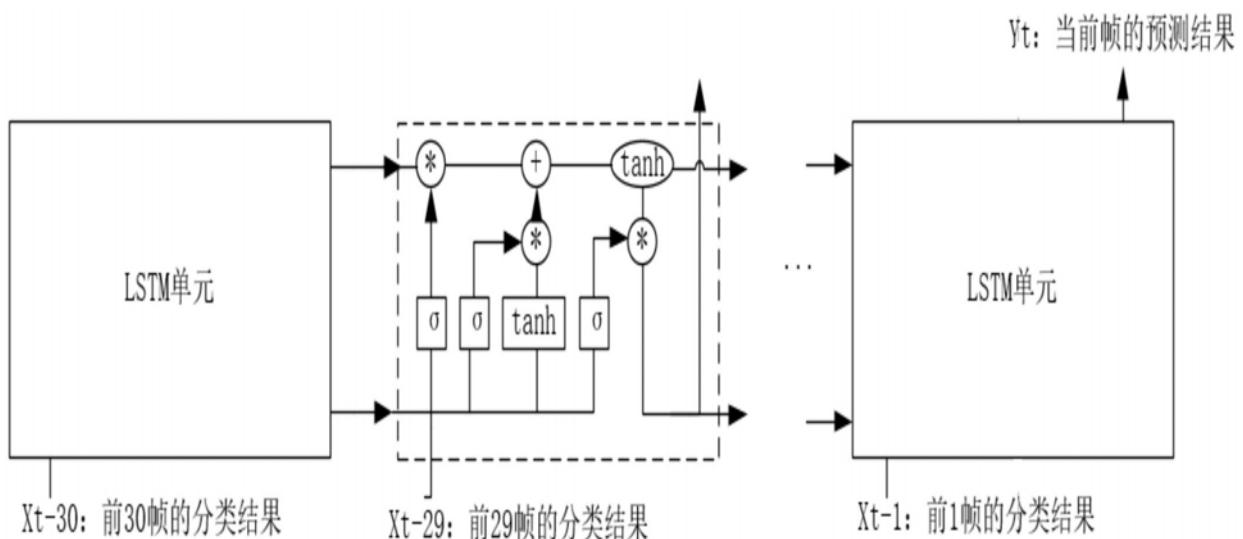


图5

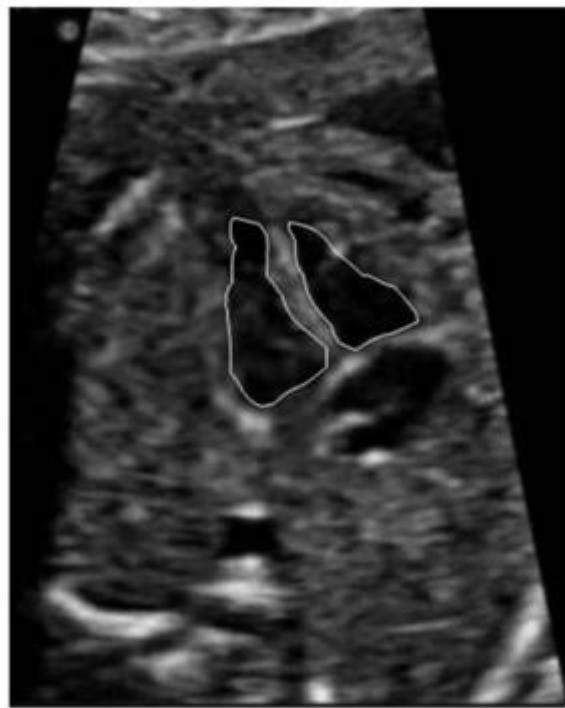


图6

专利名称(译)	一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN111297399A</a>	公开(公告)日	2020-06-19
申请号	CN201910231414.8	申请日	2019-03-26
[标]申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	华南理工大学		
[标]发明人	杨萃 刘宇波 宁更新		
发明人	杨萃 刘宇波 宁更新		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/02		
代理人(译)	何淑珍		
外部链接	<a href="#">SIVO</a>		

## 摘要(译)

本发明公开了一种基于超声视频的胎心定位和胎心率提取方法。该方法包括如下步骤：利用超声成像的方法采集超声视频数据，将超声视频数据输入图像分类模块进行分类和分割，得到属于心脏的关键帧，将心脏关键帧输入胎心率计算模块，提取各帧心室轮廓面积，得到面积曲线变化周期，即为胎心率。本发明采用卷积神经网络和循环神经网络相结合的方法，使用两个相互独立的当前图像帧分割网络、视频上下文特征提取网络对超声视频中图像帧进行特征提取和预测，最后再用全连接网络对两个网络的预测结果进行决策，提高图像帧的分类准确率。本发明提供的方法，提高了胎心率数据的准确性、实时性和实用性。

